

39703

AKTİF ÇAMUR SİSTEMLERİNDE ÇÖZÜNMÜŞ

OKSİJEN PARAMETRESİNİN UYGULAMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kim.Müh. Emre ÜLKER

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21 Ocak 1994

Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Şubat 1994

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Derin ORHON

Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Nazik ARTAN

: Yrd.Doç. Fatoş GERMİNLİ

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

ŞUBAT 1994

ÖNSÖZ

Evsel ve endüstriyel nitelikli atıksularda bulunan organik maddelerin aktif çamur sistemleri ile aerobik şartlarda biyolojik arıtımı, çevre sağlığı ve arıtma prosesinin verimliliği bakımından önemlidir. Böyle bir sistemin tasarımı esnasında uygun reaktörün seçilmesi ve reaktördeki canlılık ile sistem parametrelerinde meydana gelen değişmelerin dikkatli bir şekilde kontrol edilmesi gerekir. Proses için gerekli oksijen ihtiyacı ve oksijen ile ilgili diğer parametreler, uygun proses kriterlerinin yardımı ile başarılı bir şekilde hesaplandığı zaman reaktör bileşenlerinde zamana bağlı olarak meydana gelen değişmeler incelenebilecek ve sistemin tasarımı mümkün olacaktır.

Tez çalışması süresince gösterdiği ilgi ve yardımları için hocam Prof. Dr. Derin ORHON'a, bilgisayar çalışmalarım esnasında ve tezin düzenlenmesinde verdiği destekler için Araş. Gör. Emine UBAY'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

İSTANBUL, 1994

Emre ÜLKER

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
NOTASYON LİSTESİ	IV
ŞEKİL LİSTESİ	V
TABLO LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	2
BÖLÜM 2. OKSİJENLİ ORTAMDA ARITMA	3
2.1. Aerobik Prosesler	3
2.2. Aktif Çamur Sistemleri	4
2.2.1. Tam Karışımli Reaktörler	6
2.2.2. Piston Akımlı Reaktörler	7
2.2.3. Kesikli Reaktörler	9
2.3. Nitrifikasyon	11
2.4. Havalandırma	11
2.5. Çamur Oluşumu	12
BÖLÜM 3. AKTİF ÇAMUR SİSTEMLERİNDE MODEL YAKLAŞIMLARI	16
3.1. Klasik Model Yaklaşımı	16
3.2. İçsel Solunum Modeli Yaklaşımı	17
3.3. IAWPRC Çalışma Grubu Modeli	21
3.4. Ölüm Yenilenme Modeli Yaklaşımı	22
BÖLÜM 4. MODEL ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	26
4.1. Klasik Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi	26
4.2. İçsel Solunum Sonuçlarının Değerlendirilmesi	30
4.3. IAWPRC Sonuçlarının Değerlendirilmesi	45
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR	62
EKLER	64
ÖZGEÇMİŞ	70

NOTASYON LİSTESİ

Sembol	Birim	Açıklama
V	m ³	Reaktör hacmi
Q	m ³ /h	Atıksu debisi
θ	Saat	Hidrolik bekletme süresi
θ_c	Gün	Çamur yaşı
S	mg/l	Genel substrat parametresi
X	mg/l	Genel biokütle parametresi
XH	mg/l	Aktif biokütle
Xs	mg/l	Yavaş ayrışabilen partiküler organik madde
Xp	mg/l	Partiküler inert organik madde
X _i	mg/l	İnert biokütle
Ss	mg/l	Kolay ayrışabilen substrat
Sp	mg/l	Çözünabilen madde içeren substrat
S _i	mg/l	İnert substrat
Kh	1/gün	Hidroliz sabiti
So	mg/l	Çözünmüş oksijen konsantrasyonu
OUR	gr/m ³ gün	Oksijen tüketim hızı

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No.</u>	<u>Açıklama</u>	<u>Sayfa No.</u>
Şekil: 2.1.	Geri Beslemesiz Tam Karışımli Reaktör	8
Şekil: 2.2.	Geri Beslemeli Tam Karışımli Reaktör	8
Şekil: 2.3.	Piston Akımlı Reaktör	8
Şekil: 2.4.	Ardışık Kesikli Reaktör Değişkenlerinin Şematik Akım Modeli	10
Şekil: 2.5.	Ardışık Kesikli Reaktörde KOİ Profili	10
Şekil 3.1.	Ölüm Yenilenme ve İçsel Solunum Modellerinin Şematik Akışı	18
Şekil: 4.1.	Klasik Modelde Oksijen Tüketim Hızının Zamanla Değişimi	29
Şekil: 4.2.	$K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ İçin Oksijen Tüketim Hızının Zamanla Değişimi	35
Şekil: 4.3.	$K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin Oksijen Tüketim Hızının Zamanla Değişimi	38
Şekil: 4.4.	$K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ İçin S_s 'lerin Zamanla Değişimi	39
Şekil: 4.5.	$K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin S_s 'lerin Zamanla Değişimi	40
Şekil: 4.6.	$K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ İçin X_H 'ların Zamanla Değişimi	41
Şekil: 4.7.	$K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin X_H 'ların Zamanla Değişimi	42
Şekil: 4.8.	$K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ İçin X_s 'lerin Zamanla Değişimi	43
Şekil: 4.9.	$K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin X_s 'lerin Zamanla Değişimi	44
Şekil: 4.10.	$K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ İçin Oksijen Tüketim Hızının Zamanla Değişimi (IAWPRC)	52
Şekil: 4.11.	$K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin Oksijen Tüketim Hızının Zamanla Değişimi (IAWPRC)	53
Şekil: 4.12.	$K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ İçin S_s 'lerin Zamanla Değişimi (IAWPRC)	54
Şekil: 4.13.	$K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin S_s 'lerin Zamanla Değişimi (IAWPRC)	55

Şekil: 4.14.	$K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ İçin X_H 'ların Zamanla Değişimi (IAWPRC)	56
Şekil: 4.15.	$K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin X_H 'ların Zamanla Değişimi (IAWPRC)	57
Şekil: 4.16.	$K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ İçin X_s 'lerin Zamanla Değişimi (IAWPRC)	58
Şekil: 4.17.	$K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin X_s 'lerin Zamanla Değişimi (IAWPRC)	59



TABLO LİSTESİ

<u>Tablo No.</u>	<u>Açıklama</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Aktif Çamur Sistemlerinde Dizayn Şartları ve Yöntemleri	5
Tablo 3.1	Klasik Model Yaklaşım Matrisi	19
Tablo 3.2	İçsel Solunum Modeli Yaklaşım Matrisi	20
Tablo 3.3	"IAWPRC Çalışma Grubu " Modelinde Reaksiyon Matrisi	23
Tablo 3.4	Ölüm Yenilenme Modeli Yaklaşım Matrisi	24
Tablo 4.1	Klasik Model Katsayıları	27
Tablo 4.2.	BATCH Sistemler İçin Değişken S Değerlerinde Model Bileşenleri	27
Tablo 4.3	İçsel Solunum Modeli Katsayıları	30
Tablo: 4.4.	Ortamda Ss Bulunması Halinde $K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ İçin Model Bileşenleri	31
Tablo: 4.5.	Ortamda Ss Bulunmaması Halinde $K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin Model Bileşenleri	36
Tablo 4.6	IAWPRC Modeli Katsayıları	45
Tablo: 4.7.	Ortamda Ss Bulunması Halinde $K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ İçin Model Bileşenleri (IAWPRC)	46
Tablo: 4.8.	Ortamda Ss Bulunmaması Halinde $K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin Model Bileşenleri (IAWPRC)	50

ÖZET

Bu çalışmada, aktif çamur sistemlerinde çözünmüş oksijen parametresinin uygulamaları araştırılarak kesikli reaktör sistemleri için değişik model yaklaşımlarına göre simülasyonlar yapılmıştır.

Tez çalışmasının anlam ve önemi ile çalışmanın amaç ve kapsamının anlatıldığı birinci bölümde oksijen ile ilgili parametreler ve proses bileşenlerinin ilgili model yaklaşımlarının yardımı ile nasıl hesaplanabileceği izah edilmiştir. İkinci bölümde aerobik prosesler tanımlanmış ve bu gruba giren, aynı zamanda tez konusu içinde yer alan aktif çamur sistemleri hakkında bilgiler verilmiştir. Sistemlerin uygulandığı reaktör tipleri hakkında ayrıca açıklamalar yapılmış, havalandırma ile arıtma ortamına çözünmüş oksijen kazandırabileceği düşüncesinden hareketle bu yöntem hakkında ilave bir bilgi verilmiştir. Ayrıca artıma prosesine bağlı çamur oluşumu ve bu olaya etki eden faktörler hakkındaki açıklamalar da bölüm içinde yer almıştır.

Üçüncü bölümde aktif çamur sistemleri için geliştirilen model yaklaşımlarının neler olduğu ve nasıl uygulandığı açıklanmış, her bir model için ilgili denklemlerin oluşturulmasında kullanılan matrisler verilmiştir. Model yaklaşımları açıklanırken kesikli reaktör sistemlerinde yapılacak simülasyonlar için bir fikir verebilme amacı esas alınmış, ayrıca modeller birbirleri ile dolaylı olarak kıyaslanmıştır.

Model çalışmalarının değerlendirildiği dördüncü bölümde her bir model yaklaşımı için bulunan sonuçlar tablo ve grafikler halinde verilmiş ve sonuçlar kolay ayrışabilen substrat bazında zamana bağlı olarak biokütle değişkenleri, çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve oksijen tüketim hızı değerleri için gösterilmiştir. Hesaplamalar esnasında hangi model için hangi kinetik ve stokiometrik katsayı değerlerinin kullanıldığı da ayrıca belirtilmiştir. En önemli değişken olarak değerlendirilen çözünmüş oksijen konsantrasyonunun belirli limitlerin dışına çıkmamasına dikkat edilmiştir.

Sonuçlar ve önerilerin yer aldığı en son bölümde tez çalışması boyunca yapılan simülasyonlar ve hesaplamalar doğrultusunda bulunan sonuçlara bağlı olarak çeşitli yorumlar yapılmıştır.

APPLICATIONS OF DISSOLVED OXYGEN PARAMETER IN THE ACTIVATED SLUDGE SYSTEMS

SUMMARY

Activated sludge systems are evaluated in the group of aerobic processes where all process events occur by oxygen. For an activated sludge reactor, aeration is used for providing dissolved oxygen concentration in the wastewater. Dissolved oxygen is necessary for the activities of microorganisms in degradation of the organic substances and nitrification. The aeration methods are;

- 1) Diffused aeration
- 2) Mechanical aeration
- 3) Turbine aeration
- 4) Pure oxygen aeration

In design conditions the activated sludge systems are divided into three categories; Mixing regime (plug flow, complete mixing), Flow sheet (aeration only, aeration and sludge return, step or series aeration, Fill / Draw), Loading level (high rate, conventional, contact stabilization, two stage aeration, extended aeration). The main activated sludge reactors are considered as complete mix, plug flow and batch. Complete mixed reactors are designed as a continuous flow and feed back where biological solids recycled. The last method is also used for the plug flow reactors. The reactor types are Fill / Draw and sequencing batch reactors in batch systems. Components of all reactors are calculated by the substrate and microorganism balances which are applicable to the system concepts. A general system balance is as follows;

$$\begin{array}{ccccccc} \text{REACTANT} & & \text{REACTANT} & \text{REACTANT} & \text{REACTANT} & \text{REACTANT} & \\ \text{ACCUMULATION} & = & \text{FLOW IN} & - & \text{FLOW OUT} & + & \text{PRODUCED} - \text{LOST} \end{array}$$

The particles entering the tank are immediately dispersed throughout the tank in a complete mixed reactor system. The particles leave the tank in proportion to their statistical amount. In the continuous flow systems, the microorganism concentration in the influent is zero. For the feed back system, influent microorganism concentration exists because of the biological solids recycle. In plug flow reactors, fluid particles pass through the tank and are

discharged in the same sequence in which they enter. The particles retain their identity and remain in the tank for a time equal to the theoretical detention time. Batch reactors are non-steady processes in their own category, design criteria of the reactors depends on process conditions.

There are four different approaches in activated sludge modeling. The first approach is the Classic model and it is the basic model concept for substrate and biomass parameters. Classic model assumes that system has a substrate parameter (S) which contains all degradable organic compounds and biomass parameter (X) which contains the volatile suspended solid fractions, but the active amount of the biomass and the substrate components are not clear. Model equations are written by using Classical model matrix.

Endogenous Decay model is conveniently described as an overall decrease in the mixed liquor volatile suspended solids concentration in conventional models, by means of a decay coefficient. When the concept of viability is considered, X_H represents the active or the viable part of biomass and X_P represents the particulate inert organic products. A fraction of the active biomass does not undergo any further reaction during the process and accumulates in the activated sludge. The degradable biomass concentration is 77 percent of the total biomass. Viable biomass in the activated sludge systems depends on the existence of volatile suspended solids in the wastewater and it is oxidized by aeration until the fixed degradation fraction. At the end, the total biomass is equal to the sum of the endogenous decay rate of the active biomass and generation rate of the particulate inert products. This model also assumes two extra biomass fractions; X_S represents the slowly biodegradable particulate fraction of biomass as influent origin. Concentrations of the organic components are taken as COD either in Classic model or in Endogenous Decay model to form their own matrix. Substrate parameters are S_s (readily biodegradable), S_i (inert from the influent stream) and S_p (soluble microbial products).

By using the ideal kinetic and stoichiometric values, the IAWPRC Task Group model assumes that the process is effective to the parameters of the activated sludge system. According to this model, the system has soluble and inert components. The autotrophic and heterotrophic biomass parameters with substrate concentration and dissolved oxygen concentration parameter are main elements of the IAWPRC Task Group model. Organic component values are taken as COD in the model matrix and the components which are proportional to the process time are assumed as positive, the components which are inversely proportional to the process time are assumed as negative. All of the model equations are written as a mass balance.

IAWPRC Task Group model describes the oxygen component as an electron acceptor. As a result of this theorem, the main principle is to calculate the activated sludge concentration and the electron acceptor demand. Dissolved oxygen concentration decreases to zero during the treatment

process. To avoid this error, a proportion coefficient which is related with dissolved oxygen concentration value is added to the model equations. The proportion coefficient is symbolized as $S_o / (K_o + S_o)$, S_o represents the dissolved oxygen concentration and K_o represents a value which is equal to 0,2.

In the Death Regeneration model, death or loss of viability of the microorganisms is first postulated to occur without any utilization of electron acceptor. A major part of the non viable biomass becomes available as X_s (slowly biodegradable substrate) while the rest remains as X_p (inert endogenous mass). Inert fractions have no effect on the process and the active X_H biomass is the main fraction for the readily biodegradable substrate. Dissolved oxygen is only used for growth.

Loss of viability or death of heterotrophic biomass is assumed in the treatment while the matrix of the model is formed. The only step using electron acceptor is regeneration and the slowly biodegradable substrate is subsequently converted into a readily biodegradable form by means of hydrolysis and passes through the same growth cycle as its counterpart in the influent.

The simulations of the activated sludge systems must contain the basic processes of the overall system and it must be checked if the treatment process is the main parameter of the system components or not. A good simulation could be done after these steps. In this thesis, basic processes were determined first of all and the ideal kinetic and stokiometric values were assumed. All of the values of the organic components were given as COD equivalence to simplify the stokiometric coefficients.

The models explained in Chapter 3 were used for calculating the substrate, biomass and oxygen components of the BATCH systems. Computer programs were written by using the RUNGE-KUTTA method and the results were obtained in every 0,5 step of process time. The ideal dissolved oxygen concentration in reactors is between 4 and 5 mg / l, but the values changing from 3 to 10 mg / l in treatment process were assumed as normal. The oxygen utilization rate values were evaluated after the calculations.

The kinetic and stokiometric coefficients given below were used for calculating the Classic model results in substrate, biomass, dissolved oxygen concentration and oxygen utilization rate parameters. Influent substrate concentration was assumed 100, 200, 300, 400 and 500 mg COD / l respectively. Results were found for one type of substrate and one type of biomass as Classic model assumes.

Table: 1. Kinetic and Stokiometric Coefficients of the classic Model

COEFFICIENT	UNIT	VALUE
Y	mg COD /mg COD	0,67
$\hat{\mu}$	1/day	2
K_s	mg COD/l	20
b_H	1/day	0,05

Endogenous Decay model results were found by using the kinetic and stokiometric values given below. Hydrolysis coefficient was changed between 1 and 10 (1/day). Another calculation was also done for a model system where the influent substrate concentration is equal to zero. Process components were assumed as $S_s=150$ mg COD/l, $X_s=200$ mg COD/l, $X_p=0$ and $X_{HO}=500$ mg COD/l.

Observing the relation between the heterotrophic growth and oxygen utilization rate was the main purpose of calculations. It was found that readily biodegradable substrate concentration is increasing by hydrolyzation of X_s and the hydrolysis coefficient is increasing by hydrolyzation of X_s and the hydrolysis coefficient values over 2 (1/day) has no significant effect on the oxygen utilization rate.

Table: 2. Kinetic and Stokiometric Coefficients of the Endogenous Decay Model

COEFFICIENT	UNIT	VALUE
Y	mg COD /mg COD	0,67
$\hat{\mu}$	1/day	2
K_s	mg COD/l	20
b_H	1/day	0,25
f_{es}	mg COD /mg COD	0,2

IAWPRC Task Group model results were found by the same method which was used in Endogenous Decay model equations. Proportion coefficient was added to the equations and process components were assumed as

$S_s=150$ mg COD/l, $X_s= 200$ mg COD/l, $X_p=0$ and $X_{HO}= \text{mg COD/l}$. Kinetic and stokiometric values which were used are given in the table below. Existence of the readily biodegradable substrate concentration was assumed first of all and the results were found. In the second step, the readily biodegradable substrate concentration was assumed as zero.

Table: 3. Kinetic and Stokiometric Coefficients of the IAWPRC Model

COEFFICIENT	UNIT	VALUE
Y	mg COD /mg COD	0,67
$\hat{\mu}$	1/day	2
K_s	mg COD/l	20
b_H	1/day	0,25
f_E	mg COD /mg COD	0,08

Activated sludge is a complex system and a substrate accumulation will exist in the simulation of all model concepts. Substrate has soluble and particulate fractions, the soluble fraction is applicable to the Monod kinetics. Storage and hydrolys concepts are assumed for the consumption of the particulate substrate. But in the end, oxygen parameters will be more important to the all process components of the activated sludge system.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi

Çevre kirliliği, çevre ve insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşması nedeni ile günümüz dünyasında önem taşıyan problemlerden biridir. Bu problemin çözümü için yapılan çalışmalarda atıksuların arıtımı önemli yer tutmaktadır. Aktif çamur sistemleri, atıksuların biyolojik arıtımı ile çevre sağlığı ve ekolojik dengenin korunmasında yaygın olarak kullanılan prosesler arasında yer alır.

Atıksuların aktif çamur sistemleri ile aerobik şartlarda biyolojik arıtımı, atık suyun bileşiminde bulunan organik maddeler ile gerektiği takdirde azotlu maddelerin mikroorganizmalar tarafından giderilmesi prensibine dayanır. İdeal bir aktif çamur sisteminin tasarlanmasında sadece reaktör özelliklerinin değil, aynı zamanda prosesi meydana getiren çeşitli parametrelerin de iyi seçilmesi ve uygunluğunun kontrol edilmesi gerekir. Arıtılan atıksuyun hedef birleşimi için böyle bir aktif çamur sisteminin tasarımı ile tasarım alternatiflerinin çeşitli işletme şartlarında olası davranışlarının irdelenmesi, prosesin akışını ifade eden matematiksel modeller yardımı ile gerçekleştirilir. Bu modeller teorik bilgilerin ışığında oluşturulabildiği gibi, laboratuvar ölçekli reaktörler veya pilot tesisler ile oluşturulmuş fiziksel modeller de olabilir.

Atıksularda bulunan organik madde içeriğinin hesap ve tanımlama işlemleri, arıtma sistemlerinin tasarımı açısından önem taşır. Organik maddelerin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılan KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) parametresi ile beraber incelenen OUR (Oksijen Tüketim Hızı) değerleri ve bu esnada reaktörde ölçülen çözünmüş oksijen konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi, aktif çamur sistemlerinin daha iyi ve daha kolay bir şekilde anlaşılabilmesinde büyük yararlar sağlayacaktır.

1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Tez çalışması esnasında başlıca BATCH sistemler için çeşitli model yaklaşımlarına göre simülasyonlar yapılmış, ayrıca klasik model yaklaşımı ile karşılaştırmalı olarak OUR parametresinin irdelenmesi gösterilmiştir. Reaktörlerde bütün bu araştırmalar süresince çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 3 ile 10 mg/l arasında kalmasına özen gösterilmiş, kinetik sabitler bu doğrultuda seçilmiştir. İlgili bilgisayar programları Basic diliyle ve RUNGE-KUTTA metodu kullanılarak yazılmış, elde edilen sonuçlar Bölüm 4'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

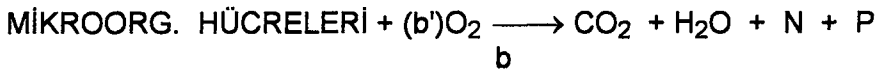
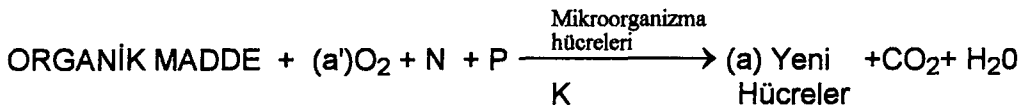


BÖLÜM 2. OKSİJENLİ ORTAMDA ARITMA

2.1. Aerobik Prosesler

Atıksu arıtımının oksijenli ortamda ve arıtma işlemi sırasında meydana gelen biyolojik faaliyetlerin çözünmüş oksijen yardımı ile gerçekleştiği proseslerdir. Ortamda bulunan mikroorganizmaların konumuna göre askıda büyüme, bağlı büyüme ve her iki yöntemin birlikte uygulandığı kombine sistemler olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

Aerobik bir biyolojik arıtma prosesi iki aşamada gerçekleşir. Birinci aşamada organik madde, ortamdaki mikroorganizmalar tarafından oksijen kullanımı ile enerji temini için tüketilirken yeni mikroorganizma hücreleri sentezlenir. İkinci aşamada ise hücreler kendi başlarına oksijen kullanarak bozunurlar. Organik madde $C_aH_bO_cN_d$ sembolü ile tanımlanıyor ise organik maddenin oksidasyonu için gerekli oksijen ihtiyacının her bir element ile reaksiyona giren oksijen konsantrasyonlarının toplamından organik madde bileşimindeki oksijenin çıkarılması ile bulunan değere yaklaşık olarak eşit olduğu söylenebilir [1]. Aşamaların reaksiyonlar ile ifadesi şu şekilde yapılır [2];



K= İlk reaksiyon için hız sabiti

a= Yeni hücre sentezi için kullanılan organik madde fraksiyonu

a'= Enerji temini için kullanılan organik madde fraksiyonu

b= Mikroorganizma hücrelerinin günlük bozunan fraksiyonu

b'= Oksijen tüketerek bozunan hücre fraksiyonu

Belirtilen reaksiyonlar neticesinde organik madde ile mikroorganizma hücrelerinin bir kısmı ayrışmamış veya bozunmamış durumdadır. Bu olay tamamen organik madde yüküne ve ortamdaki çözünmüş oksijen miktarına bağlıdır, çünkü mikroorganizmaların oksijen sarfetme hızı organik madde yükü ile artarken sarfedilen oksijen miktarı ile azalır. Organik maddenin bir kısmının enerji amaçlı oksidasyona uğratılması veya yeni mikroorganizma hücrelerine dönüştürülmesi sebebiyle KOİ bazında değerlendirme yapıldığı takdirde (a+a') toplamının yaklaşık 1 olduğu sonucuna varılır [2]. Oksijenin sudaki çözünürlüğünün az ve su sıcaklığı ile ters orantılı olması, havadan suya oksijen transferinin yavaş ve bu sebeple arıtma için gerekli oksijenin doğal olarak temin edilmesinin imkansız hale gelmesine neden olur. Oksijenin hava içindeki oranı hacmen %21 olmasına rağmen sular normal proses sıcaklıklarında hacmen %0,8 oranında oksijeni eriyik halinde tutabilmektedirler [3].

2.2. Aktif Çamur Sistemleri

Organik kirliliğin askıda bulunan mikroorganizmalar tarafından giderildiği ve proses için gerekli oksijenin havalandırma ile temin edildiği arıtma sistemleridir. Dizayn şartları ve yöntemleri Tablo 2.1.'de verilen aktif çamur sistemleri ile atıksulardaki organik maddeler biyolojik stabilizasyona uğratılır. Prosesin gerçekleştiği V hacimli reaktöre bir Q debisi ile beslenen atıksu için oluşturulan V/Q oranı, sistemin ortalama (hidrolik) bekletme süresini verir. Bu süre genellikle gün ya da saat olarak alınır. Arıtma süreci neticesinde oluşan biokütlenin bir çöktürme tankında sıvı fazdan ayrılması esnasında geçen süreye çamur bekletme süresi veya en çok söylenen şekliyle çamur yaşı denilmektedir. Bu süreyi veren ifade aşağıdaki gibidir;

$$\theta_c = \frac{X_T}{(\Delta X / \Delta t)_{net}} \quad (2.1)$$

Denklemden X_T ; arıtma sistemindeki toplam aktif biokütle ve $(\Delta X / \Delta t)_{net}$ ise günde net olarak üretilen biokütledir. Sistemin kararlı halde çalıştırılabilmesi için günde net olarak üretilen biokütlenin sistemden atılması gerekir. Böylece çamur bekletme süresi, sistemdeki aktif biokütlenin atık çamur ve çıkış akımından kaçan biokütlenin toplamı olarak günde çekilen aktif biokütleye oranı şeklinde tanımlanabilir.

Tablo 2.1. Aktif Çamur Sistemlerinde Dizayn Şartları ve Yöntemleri [4]

DİZAYN ŞARTLARI	BAŞLICA YÖNTEMLER
KARIŞTIRMA ŞARTLARI	- Piston akımlı - Tam karışimli
DEBİ AKIŞ ŞARTLARI	- Havalandırmalı - Arıtma çamuru geri beslemeli - Basamaklı veya seri havalandırmalı - Doldurma ve boşaltma
BESLEME ŞARTLARI	- Yüksek hızlı - Konvansiyonel - Çift kademe havalandırmalı - Kontakt stabilizasyon

Aktif çamur sistemlerinde prosese etkisi bulunan parametreler ortam sıcaklığı, pH ve toksisitedir. Arıtma ortamındaki sıcaklığın 4°C ve altında olduğu şartlar fizikofilik, 4-39°C arasındaki şartlar mezofilik, 39-55°C arasındaki şartlar ise termofiliktir [5]. Ekonomik koşullar nedeni sebebi ile aktif çamur sistemleri dahil birçok biyolojik proses mezofilik şartlarda uygulanır. Uygun pH değerleri ise 5-9 arasındadır.

Aktif çamur sisteminin en önemli parametresini teşkil eden reaktörler arıtma prosesinin gerçekleştiği sistemler olup tam karışım, piston akımlı, kesikli ve ardışık kesikli reaktörler olmak üzere 4 gruba ayrılırlar. Prosesi tanımlayan genel kütle dengesi şu şekilde ifade edilir [6].

$$\begin{array}{ccccccc} \text{REAKTÖRDE} & \text{REAKTÖRE} & \text{REAKTÖRDEN} & & \text{ÜRETİLEN} & & \text{TÜKETİLEN} \\ \text{BİRİKEN} & = \text{GİREN} & - \text{ÇIKAN} & + & \text{MADDE} & - & \text{MADDE} \\ \text{MADDE} & \text{MADDE} & \text{MADDE} & & & & \end{array}$$

Kütle dengesi yazılırken reaktörün tamamen kararlı şartlarda çalıştırıldığı kabul edilmiş ise herhangi bir madde birikmesi olmayacak, dolayısı ile reaktöre giren ve üretilen madde ile reaktörden çıkan ve tüketilen madde miktarı arasındaki fark sıfır olacaktır.

2.2.1. Tam Karışımli Reaktörler

Atıksu ile beraber giren maddelerin tam olarak dağıldığı ve her noktadaki madde konsantrasyonunun aynı olduğu tam karışımli reaktörler, oluşan biyolojik çamurun arıtımından sonra reaktöre geri beslemenin yapıldığı veya yapılmadığı şartlara göre iki şekilde dizayn edilirler. Geri beslemesiz bir tam karışımli reaktöre giren atıksuyun mikroorganizma konsantrasyonlarını veren ifadeler şu şekilde oluşur;

$$X = \frac{Y(S_1 - S)}{(1 + k_d \theta)} \quad S = \frac{K_s(1 + k_d \theta)}{(\hat{\mu} \theta - k_d \theta) - 1} \quad (2.2)$$

Q= Atıksu debisi (m³/HR)

S₁=Substrat giriş konsantrasyonu (mg/l)

S= Substrat çıkış konsantrasyonu (mg/l)

X= Mikroorganizma çıkış konsantrasyonu (mg/l)

Reaktörden çıkan substrat konsantrasyonu, sistemin ortalama bekletme süresine bağlıdır. Arıtma prosesinin tamamen reaktörün içinde incelenmesi sebebiyle çamur bekletme ve ortalama bekletme süreleri birbirine eşittir.

Geri beslemeli tam karışimli reaktörlerde yapılan biyolojik çamur geri besleme işlemi nedeniyle mikroorganizma giriş konsantrasyonu (X_1) sıfırdan büyüktür. Sistem için mikroorganizma ve substrat konsantrasyonlarını veren ifadeler;

$$X = RY (S_1 - S) \quad S = \frac{K_s}{R\hat{\mu}\theta - 1} \quad (2.3)$$

R sabiti, mikroorganizma çıkış konsantrasyonunun biyolojik çamur arıtımı esnasında atılan mikroorganizma konsantrasyonuna oranıdır [7]. Hidrolik bekletme süresinin V/Q olduğu reaktörde çamur bekletme süresini veren ifadeler;

$$\theta_c = \frac{VX}{Q_w X + (Q - Q_w) X_e} \quad (2.4)$$

$$\theta_c = \frac{VX}{Q'_w X_r + (Q - Q'_w) X_e} \quad (2.5)$$

Q_w = Sistemden atılan atıksu debisi (L/gün)

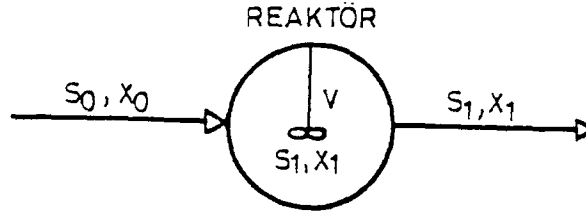
X_e = Sistemden atılan mikroorganizma konsantrasyonu (mg/l)

Q'_w = Geri besleme debisi (L/gün)

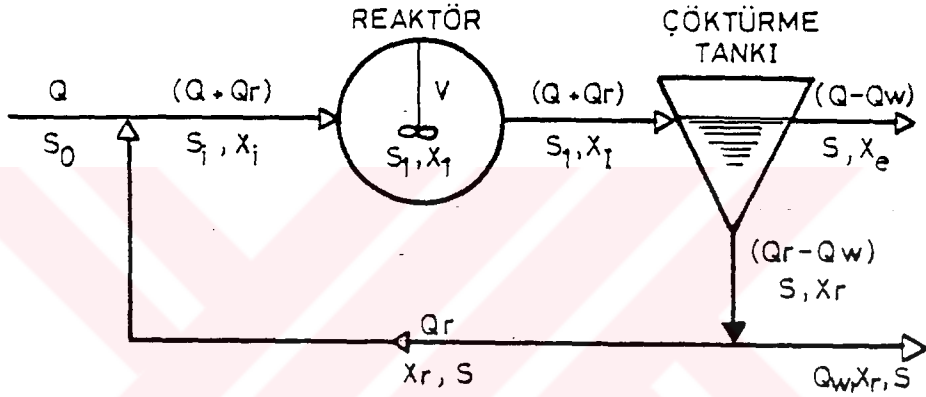
X_r =Geri beslenen mikroorganizma konsantrasyonu (mg/l)

2.2.2. Piston Akımlı Reaktörler

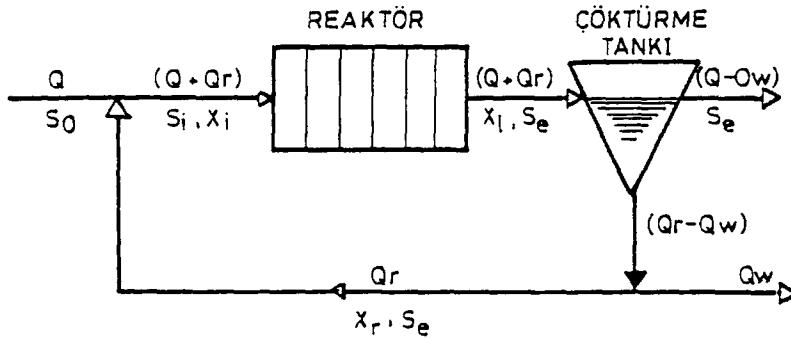
Reaktöre giren tüm maddelerin eşit bir zaman süresi boyunca reaktörde kaldığı, geri besleme sebebiyle bazı maddelerin reaktör içinde yüksek derecede değişkenlik gösterebildiği proseslerdir [8]. Mikroorganizma konsantrasyonu ortalama bir değer olarak alınır ve $\bar{X}$ ile gösterilir. Değişkenlerin hesaplanmasında kullanılan ifadeler;



Şekil: 2.1. Geri Beslemesiz Tam Karışimli Reaktör



Şekil: 2.2. Geri Beslemeli Tam Karışimli Reaktör



Şekil: 2.3. Piston Akımlı Reaktör

$$S_i = \frac{S_1 + RS_e}{1 + R} \quad X_i = \frac{RX_r}{1 + R} \quad (2.6)$$

$$\bar{X} = \frac{X_i + X_2}{2} \quad X_L = X_i + Y(S_1 - S_e) \quad (2.7)$$

R= Geri besleme oranı

S_i= Substrat giriş konsantrasyonu (mg/l)

X_i= Mikroorganizma giriş konsantrasyonu (mg/l)

S_e=Geri besleme debisindeki substrat konsantrasyonu (mg/l)

X_r= Geri besleme debisindeki mikroorganizma konsantrasyonu (mg/l)

2.2.3 Kesikli Reaktörler

Kesikli reaktör, atıksuyun belirli zaman aralıklarında beslendiği bir prosestir. Atıksu hacmi ile substrat ve mikroorganizma konsantrasyonlarının zamana bağlı olarak değiştiği reaktörler tek başlarına (Fill/Draw) ve ardışık (sıralı) olmak üzere iki şekilde dizayn edilebilirler.

Mikroorganizma konsantrasyonu, piston akımlı reaktörlerde olduğu gibi $\bar{X}$ olarak alınır. Bu değer ile reaktördeki atıksuyun başlangıç hacmi için mikroorganizma konsantrasyonunu (X_r) veren ifadeler;

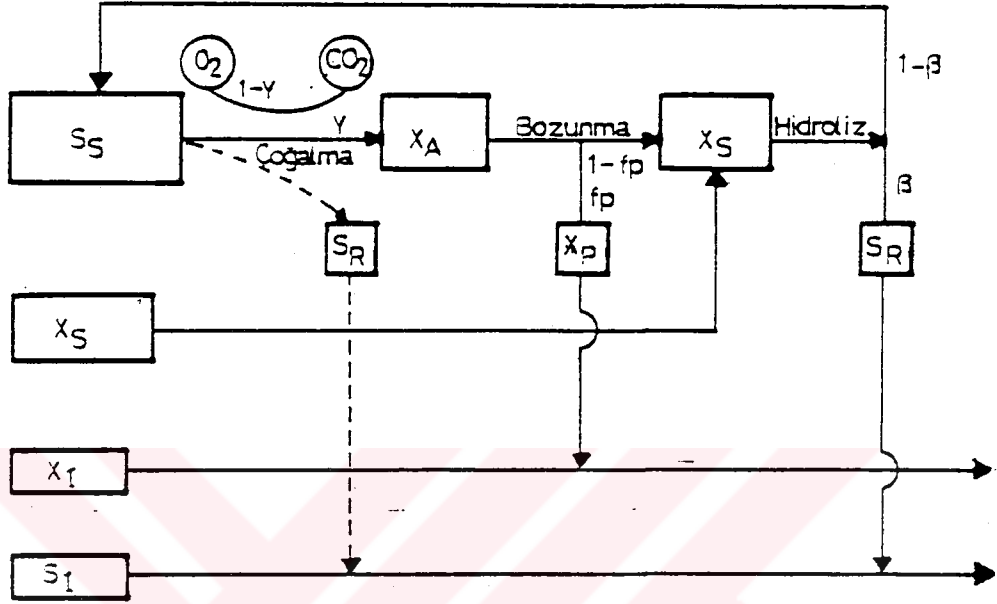
$$\bar{X} = \frac{Y_{NH} V_D (S_1 - S) \theta_x}{V_T} \quad Y_{NH} = \frac{Y_H}{1 + k_d \theta_x} \quad (2.8)$$

$$X_r = \frac{Y_{NH} V_D (S_1 - S) \theta_x}{V_o} \quad (2.9)$$

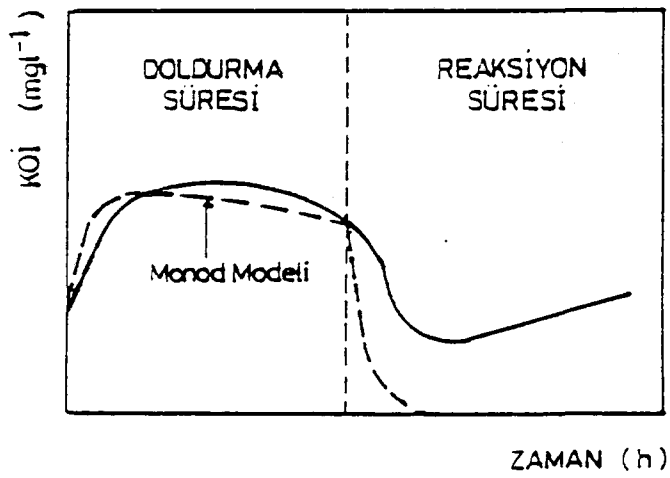
V_o= Atıksuyun başlangıç hacmi (l)

V_D= Doldurma hacmi (l)

V_T=Toplam atıksu hacmi (l)



Şekil: 2.4. Ardışık Kesikli Reaktör Değişkenlerinin Şematik Akım Modeli [9]



Şekil: 2.5. Ardışık Kesikli Reaktörde KOİ Profili [9]

Ardışık kesikli reaktörlerde her bir reaktör kendi içinde bağımsızdır ve prosesi oluşturan ara kademeleri sıra ile yürütür. İlk kademe atıksuyun sisteme beslenmesi olup burada doldurma işlemi uygulanır. Atıksu hacminin reaktör hacmine (V_T) eşit olduğu anda debi kesilir ve reaksiyonların gerçekleştiği ikinci reaktöre besleme yapılır. Ardından sıra ile çöktürme ve dinlendirme aşamalarından geçilerek proses tamamlanmış olur. İlgili ifadeler şu şekildedir;

$$\bar{X} = \frac{X_r \cdot V_o}{S_F \cdot V_T} \quad (2.10)$$

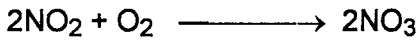
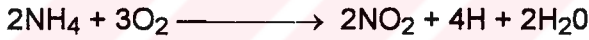
$$M_x = V_T \cdot \bar{X} \quad (2.11)$$

M_x = Biyokütle ağırlığı (mg /l)

S_F = Emniyet faktörü (yaklaşık 1,1)

2.3. Nitrifikasyon

Atıksularda BOİ'ye sebep olan azotlu maddelerin giderilmesi amacıyla uygulanan bir prosestir. Oksijenli ortamda gerçekleştirilen nitrifikasyonun ilk aşamasında azotlu madde nitrit'e, ikinci aşamasında ise nitrit iyonu nitrat'a yükseltgenir. Aşamaları ifade eden reaksiyonlar şu şekildedir;



Yapılan hesaplamalar ile azotlu maddenin bir miligramı başına oksijen ihtiyacı yaklaşık 4,33 mg olarak bulunmuştur [10]. Nitrifikasyon için gerekli oksijen konsantrasyonuna 2. derece BOİ denir. Eğer aerobik bir proseste nitrifikasyon da yapılıyorsa bu prosesin toplam biyokimyasal oksijen ihtiyacı, birinci ve ikinci dereceden (organik madde arıtımı ve nitrifikasyon) BOİ değerlerinin toplamına eşittir.

2.4. Havalandırma

Bir aktif çamur sisteminde bulunan bakteriler tarafından tüketilen oksijen, belli bir zaman süresi sonunda doygunluk değerinin altına düşer. Bakterilerin oksijen tüketerek organik maddeleri ayrıştırmaları süresince BOİ değerinin bir (t) zamanına kadar tüketilen oksijen konsantrasyonu ile arasındaki fark azalmakta ve oksijen sarf hızı düşmektedir. Arıtma ortamına oksijen

kazandırmak ve atıksuyun çözünmüş oksijen konsantrasyonunu arttırmak için uygulanan havalandırma yöntemleri başlıca 4 gruba ayrılır. Bunlar [2];

- 1) Difüzyörlü havalandırma
- 2) Mekanik havalandırma
- 3) Türbinle havalandırma
- 4) Saf oksijen ile havalandırma

En son yöntem olan saf oksijen ile havalandırma, özellikle aktif çamur sistemlerindeki organik yüklemelerde geniş dalgalanmaların olduğu durumlar ile kuvvetli karakterde evsel ve endüstriyel atıksuların arıtıldığı durumlarda uygulanır [11]. Yöntemin uygulanmasında üç ayrı sistem kullanılır. Bunlar sırası ile oksijenin belli bir atıksu yüzeyine verilmesi, oksijenin türbin vasıtasıyla atıksuya verilmesi ve oksijenin doğrudan doğruya atıksuya verilmesidir [12]. Oksijenin hava içindeki oranı dikkate alındığında hacim ve mol bazında kullanılacak gaz miktarı yaklaşık %79 azaldığı için saf oksijen ile havalandırma yapılması daha ekonomiktir.

2.5. Çamur Oluşumu

Yapılan hesaplamalara göre biyokütlenin ayrışabilen miktarı, tüm biyokütle konsantrasyonunun yaklaşık %77'sini oluşturmakta ve geri kalan %23 ise AKM'nin ayrışamayan kısmını ifade etmektedir [2]. Atıksuyun askıda katı madde içermesi durumunda bu maddelerin ayrışamayan kısmı, sistemde biriken AKM'ye ilave olmaktadır. Substrat ve mikroorganizmalar için geliştirilen kinetik ifadeler;

$$\frac{dS}{dt} = \hat{\mu} \frac{SX}{(K_s + S)} \quad \frac{dx}{dt} = a \frac{ds}{dt} - b_x \quad (2.12)$$

Tam karışımli reaktörlerde çıkış konsantrasyonları, havalandırma ünitesinde kalan çözünebilir substrat konsantrasyonu ile aşağı yukarı aynı değerdedir. Bu durum itibarıyla oluşturulan kütle dengesi;

$$\frac{Q(S_i - S)}{X_v} = -\frac{ds}{dt} V \quad (2.13)$$

Sistemde çamur geri besleme işlemi yapılıyor ise çamur yaşını veren ifade;

$$\theta_c = \frac{X_v}{(aS_r - bX_v)} \quad (2.14)$$

Ayrışabilen biyokütlenin oksidasyonu eğer havalandırma ile gerçekleşiyorsa bu olay belli bir ayrışma fraksiyonunda tamamlanır. Kinetik ifadelerin de kullanılması ile askıda katı madde bazında ayrışabilen fraksiyon, çamur yaşına ve içsel hız sabitine bağlı olarak;

$$X_d = \frac{X'_d}{(1 + bX'_n\theta_c)} \quad (2.15)$$

X_d = AKM'nin ayrışabilen fraksiyonu

X'_d = AKM'nin proses boyunca ayrışabilen fraksiyonu (0,8)

X'_n = AKM'nin proses boyunca ayrışamayan fraksiyonu (0,2)

Biyolojik şartlarda çamur oluşumu veren ifade;

$$\Delta X_v = fS_i + aS_r + bXX_v \quad (2.16)$$

X = MLSS'nin ayrışabilen fraksiyonu

S_i = AKM giriş konsantrasyonu (mg/l)

S_r = Giderilen BOİ miktarı (mg/l)

f = AKM giriş konsantrasyonunun ayrışmayan fraksiyonu

X_v fraksiyonunun biyolojik ayrışmaya uğratılamayan madde içermesi sebebiyle konvansiyonel şartlar için şu eşitlik yazılır;

$$\Delta X_v = S_o + aS_r - bX_v \quad (2.17)$$

$$X_v = \bar{a}S_r - bX_v \quad (2.18)$$

Çözünebilen atıklar için $\bar{a} = a$ eşitliği geçerlidir [13]. Geri beslemenin yapılmadığı sistemlerde katı madde çıkış konsantrasyonu, reaktördeki katı madde konsantrasyonuna eşit olacağı için oluşan çamur miktarı da giderilen katı madde miktarına eşit olur. Bu sayede;

$$X_v Q = S_o Q + aS_r Q - bVX_v \quad (2.19)$$

$$X_v = \frac{S_o + aS_r}{(1 + bt)} \quad (2.20)$$

(2.16) denklemindeki f sabiti, havalandırma ünitesindeki katı maddelerin kalma süresi ile ayrışma hızının doğru orantılı olması nedeniyle çamur yaşına bağlıdır. Böylece (2.14) denklemini yeniden düzenlenir ve;

$$\theta_c = \frac{X_v}{\Delta X_v} = \frac{X_v}{(aS_r - bXX_v)} \quad (2.21)$$

$$X = X_d \cdot t \quad (2.22)$$

Aerobik arıtma prosesleri için canlı biyokütlenin mevcudiyeti sözkonusu olacak ve atıksuda AKM bulunacaktır. Böylece çamur oluşumu için şu eşitlik geçerli olacaktır;

$$X_v = aS_r + a_x(1-f)X_i - bX_d X_v t + fX_i \quad (2.23)$$

X_i = AKM giriş konsantrasyonu (mg/l)

a_x = Üretilen AKM (gr) / tüketilen AKM (gr)

Atıksuyun AKM içermesi durumu için ayrışma fraksiyonu veren ifade;

$$X = \frac{aS_r + bX_v + fS_i - \sqrt{(aS_r - bX_v + fS_i)^2 - (4bX_v)(0,7aS_r)}}{2bX_v} \quad (2.24)$$

Çamur yaşının X_d değerinin bilinmediği durumlarda hesaplanmasını sağlayan ifade [2];

$$\theta_c = \frac{-(aS_r + bX_vt) + \sqrt{(aS_r - bX_vt)^2 + (4abX'_nS_rX_vt)}}{2abX'_nS_r} \quad (2.25)$$

$$O_2 = r_r = a'S_r + bX_dX_vt \quad (2.26)$$

Aerobik prosesleri tanımlayan genel reaksiyonlardan hatırlanacağı üzere prosesin toplam oksijen ihtiyacı, organik maddenin ayrıştırılması ve mikroorganizmaların metabolizma faaliyetleri için tüketilen oksijen miktarı ile ilgilidir ve (2.26) denklemi, bu prensipten faydalanılarak geliştirilmiş bir ifadedir.

BÖLÜM 3. AKTİF ÇAMUR SİSTEMLERİNDE MODEL YAKLAŞIMLARI

Heterotrofik bakteriler tarafından organik maddelerin biyolojik stabilizasyonu gerçekleştirilirken ortamda bulunan oksijenin belli bir miktarı tüketilir. Bütün arıtma prosesi boyunca substrat, biyokütle ve çözünmüş oksijen parametrelerinde zamana bağlı olarak meydana gelen değişmelerin incelenmesi; sistemin modellenmesinde esas amacı teşkil eder. Genel kütle dengesinden faydalanılarak model denklemlerinin yazılması sırasında ayrıca biyokütle değişkenlerinin çoğalma, bozunma ve hidroliz olayları için oluşturulan matrisleri de dikkate alınır. Aktif çamur sistemleri için geliştirilen modeller sırası ile klasik model, içsel solunum, ölüm yenilenme ve IAWPRC modeli yaklaşımıdır.

3.1 Klasik Model Yaklaşımı

Aktif çamur sistemini meydana getiren bileşenlerin yalnızca substrat ve biyokütle olduğu kabulünden hareketle geliştirilmiş bir yaklaşımdır. Sistemdeki karbon giderimini belirtecek şekilde tüm ayrışabilen organik bileşenleri ifade eden genel substrat parametresi (S) ile askıda katı maddeleri kapsayan tüm fraksiyonları ifade eden genel biyokütle parametresi (X) arasında model denklemleri oluşturulur. Bu amaçla kullanılan ve Heterotrofik biyokütle için proses kinetiği ile stokiometriyi veren matris Tablo 3.1'de görülmektedir. Modelde yapılan bir diğer kabule göre sembolleri verilen bu iki bileşen bütün sistem parametrelerini temsil etmektedirler, ancak en önemli eksikliklerden biri olarak biyokütlenin ne kadarlık kısmının aktif olduğu konusunda bir belirsizlik söz konusudur. Ayrıca substrat tek bir bileşen gibi algılanmakta ve hangi kısımlarının biyolojik stabilizasyona uğratıldığı anlaşılamamaktadır. Bu belirsizlikler son yıllarda geliştirilen yeni yaklaşımlar sayesinde giderilmiştir.

3.2. İçsel Solunum Modeli Yaklaşımı

Çözünmüş oksijenden ayrı olarak klasik modelde sadece Substrat ve Biokütle şeklinde iki bileşen parametresinin esas alınması, bir aktif çamur sisteminde simülasyon yapılırken birçok eksikliğe sebep olmaktadır. Sadece bu iki bileşen arasında meydana gelen değişmelerin incelenmesi ve diğer fraksiyonların gözönüne alınmıyor olması sebebiyle yeni yaklaşımların geliştirilmesi gerekli olmuştur. Atıksuyun KOİ değerini veren çeşitli fraksiyonların hesaplanması için geliştirilen içsel solunum modeli; reaktördeki AKM konsantrasyonunun konvansiyonel sistemlerde bir ayrışma sabiti (k_d) aracılığı ile azalması esasına dayanır. Matrisi Tablo 3.2.'de verilen modelde biokütle aşağıdaki ifade ile hesaplanmaktadır.

$$\frac{dX}{dt} = \frac{dX_H}{dt} - \frac{dX_p}{dt} \quad (3.1)$$

Denklemden aktif biokütleyi ifade eden X_H değeri, ayrışabilen KOİ'nin karbon kaynağı olarak enerji amaçlı kullanımına göre değişir. Bakteriyel metabolik faaliyetler neticesinde üretilen partiküler inert organik maddeler de X_p sembolü ile gösterilmiştir. Biokütlenin inert fraksiyonu bazında X_p' yi veren ifade;

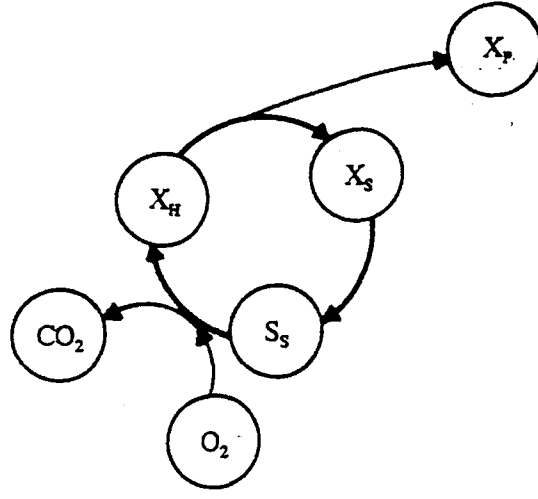
$$\frac{dX_p}{dt} = -f_x \frac{dX_H}{dt} \quad (3.2)$$

Aktif heterotrofik biokütledeki azalmayı içsel solunum sabitine bağlı olarak veren ifade;

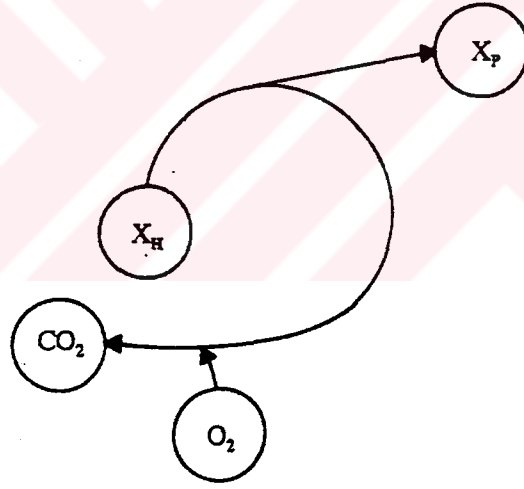
$$\frac{dX_H}{dt} = -bX_H \quad (3.3)$$

Bu iki ifadenin biraraya getirilmesi ile toplam biokütleyi veren eşitlik şu hale gelecektir;

$$\frac{dX}{dt} = (1 - f_x)bX_H \quad (3.4)$$



ÖLÜM YENİLENME



İÇSEL SOLUNUM

Şekil 3.1. Ölüm Yenilenme ve İçsel Solunum Modellerinin Şematik Akışı

Tablo: 3.1. Klasik Model Yaklaşım Matrisi [14]

Bileşenler →		i	1	2	3	Proses Hızı, ρ_i ML ⁻³ T ⁻¹
j	Proses ↓		X_H	S	S_o	
1	Büyüme		1	$-\frac{1}{Y_H}$	$-\left(\frac{1-Y_H}{Y_H}\right)$	
2	Ölüm		-1		-1	
Gözlenen dönüşüm, ML ⁻³ T ⁻¹			$r_j = \sum_j r_{ij} = \sum_j v_{ij} \rho_j$			Stokiyometrik Parametre: Y_H Kinetik Parametreler: $\hat{\mu}$, k_s , k_d
Parametreler, ML ⁻³			Hücre COD	COD	O ₂ (-COD)	

Tablo: 3.2. İçsel Solumum Modeli Yaklaşım Matrisi [15]

Bileşenler →		i	Proses Hızı, ρ_j ML ⁻³ T ⁻¹									
j	Proses ↓		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
			St	Ss	X _I	X _s	X _H	X _p	S _p	S _D	S _{NH}	
1	Büyüme			$-\frac{1}{Y_H}$			1		α_D	$-\frac{1 - \alpha_D Y_H - Y_H}{Y_H}$	$-\dot{I}_{XB}$	$\hat{\mu}_H \frac{S}{k_s + S} X_H$
2	Ölüm						-1	f_{EX}	f_{ES}	$-(1 - f_{EX} - f_{ES})$	$\dot{I}_{XB}(1 - f_{EX})$	bX_H
3	Hidroliz			1		-1						$K_H X_S$
Parametreler, ML ⁻³			COD	COD	COD	hücre COD	COD	COD	COD	O ₂	NH ₃ -N	

Kinetik Parametreler:

 $\hat{\mu}_H, k_s, b, K_H$

Stokiyometrik Parametreler:

 $Y_H, \alpha_D, f_{ES}, f_{EX}, \dot{I}_{XB}$

İçsel solunum modelinde biokütle kaybı, elektron akseptörünün ekivalent miktarının tüketimine bağlı bir oksidasyon prosesi dahilinde ele alınır. Buna göre ayrışma sabitini ve aerobik şartlarda çözünmüş oksijen kullanım hızını veren ifadeler şu şekildedir;

$$k_d = (1 - f_x) \frac{X_H}{X} b \quad (3.5)$$

$$\frac{dS_o}{dt} = -(1 - f_x) b X_H \quad (3.6)$$

Modele dahil X_H ve X_P fraksiyonlarına ilave olarak 2 biokütle fraksiyonu daha mevcuttur. Hidroliz ve artık madde tüketiminden geriye kalan ve yavaş ayrışabilen partiküler organik maddelerin düşük seviyedeki fraksiyonunu ifade eden X_S ve atıksu kökenli partiküler inert KOİ fraksiyonunu ifade eden X_I ile beraber toplam 4 biokütle fraksiyonu tanımlanmış olmaktadır. Bu fraksiyonlar, arıtma sisteminin partiküler bileşenlerini meydana getirirler. Atıksuyun karakterizasyonu yapılırken karbon giderimine bağlı proses kinetiği için ayrıca çözünebilen bileşenleri tanımlayan 3 ayrı substrat fraksiyonu ele alınır. Bu fraksiyonlar sırası ile kolay ayrışabilen substrat (S_s), çözünebilen bakteriyel artık maddeleri içeren substrat (S_p) ve giriş akımındaki inert KOİ kökenli substrat (S_i) bileşenleridir. Bütün bu fraksiyonlar için matris oluşturulurken çözünmüş oksijenin de sisteme dahil edilmesiyle toplam 8 fraksiyon bir matriste toplanmış olur. İçsel solunum modelinin matrisi 3 ayrı prosese göre (çoğalma, bozunma, hidroliz) düzenlenir. İnert substrat ve biokütle fraksiyonları adlarından da anlaşılacağı üzere hiçbir reaksiyona uğramadıkları için doğrudan doğruya sisteme girip çıkmaktadırlar. Bu nedenle prosese dahil bütün reaksiyonlar diğer 6 fraksiyon arasında gerçekleşmiş olur.

3.3. IAWPRC Çalışma Grubu Modeli

Bir aktif çamur sisteminde bulunan değişkenlerin zamana bağlı simülasyonu yapılırken reaktör bileşenleri arasında cereyan eden reaksiyonlar dikkate alınmalıdır. Arıtma prosesi ile bağlantılı olan bu reaksiyonlar, karbon giderimini içeren bir aktif çamur modelinin geliştirilmesi ile incelenebilir. Arıtma prosesini meydana getiren ana olaylardan faydalanılarak belirlenen uygun kinetik ve stokiometrik ifadelerin ışığında IAWPRC çalışma grubu modeli,

prosesin bir veya birden fazla değişken üzerinde belirleyici olduğu prensibini esas almaktadır.

Aritma prosesinin modellenmesinde IAWPRC çalışma grubu modeline göre sistem çözünebilen ve çözünemeyen bileşenlerden meydana gelmektedir. Substrat konsantrasyonu ile beraber ototrofik ve heterotrofik biokütle parametreleri ve ayrıca çözünmüş oksijen konsantrasyonu, modelin ele aldığı esas değişkenlerdir. Bağlıntıların çıkarılması amacıyla matris oluşturulurken (Tablo 3.3) bütün organik bileşenler KOI bazında ele alınmış, zamanla artan bileşenler pozitif (+) ve yine aynı zamanla azalan bileşenler negatif (-) işaret ile gösterilmiştir. Oksijen negatif yönde KOI olarak kabul edildiği için ilgili bağıntıyı (-1) ile çarpmak gerekir. Bütün bu bağıntıların aslında bir kütle dengesi olduğuna ve herhangi bir bileşenin değişimini etkileyen çeşitli faktörlerin mevcut bulunabileceğine dikkat edilmelidir.

Ortamda bulunan oksijen, IAWPRC çalışma grubu modelinde elektron alıcı bileşen olarak kabul edilir. Bu prensip doğrultusunda esas amaç, çıkış akımının substrat konsantrasyonu yerine aktif çamur konsantrasyonunun ve elektron alıcısı gereksiniminin hesaplanmasıdır. Prosesteki önemli aşamalar ve bunları ifade edici hız parametreleri ile modelleme yapılır. Proses ilerledikçe çözünmüş oksijen konsantrasyonu sıfıra yaklaşır ve buna bağlı olarak büyüme hızları da sıfıra düşer. Bu nedenle IAWPRC çalışma grubunun hız modelleme denklemlerinde çözünmüş oksijene bağlı bir $S_o/(K_o+S_o)$ orantı ifadesi eklenmiştir. Burada S_o çözünmüş oksijen konsantrasyonunu ve K_o sabit bir değeri (0,2) göstermektedir. Orantı ifadesi, prosesin orta kademelerinde bire çok yakın bir değerdedir ve çözünmüş oksijen konsantrasyonuna bağlı olarak düşer; arıtmanın bittiği en yakın noktada sıfıra çok yaklaşır. Böylece model denklemlerinde süreklilik sağlanmakta ve istikrarsız hız ifadelerinin kullanıldığı modellerle simülasyon yapılırken nümerik sonuçlarda kararsızlık önlenmektedir.

3.4. Ölüm Yenilenme Modeli Yaklaşımı

Mikroorganizmalardaki canlılık kaybının elektron akseptöründe bir tüketim olmaksızın gerçekleştiği kabulüne bağlı olarak geliştirilmiş bir modeldir. Modelin yaptığı kabul, aşığıdaki ifade ile açıklanmaktadır;

Tablo: 3.3. "IAWPRC Çalışma Grubu " Modelinde Reaksiyon Matrisi

Bileşenler →		i	1	2	3	4	5	Süreç Hızı, p_j
j	Süreç ↓		S_s	X_s	$X_{B,H}$	X_p	S_o	
1	Aerobik Heterotrofik Çoğalma		$1 - \frac{1}{Y_H}$		1		$-\frac{1-Y}{Y}$	$\mu_H \left(\frac{S_s}{K_s + S_s} \right) \left(\frac{S_o}{K_o + S_o} \right) X_{B,H}$
2	Heterotrofların Bozunması				$1 - f_E$	-1	f_p	$b_H X_{B,H}$
3	Tutulan organik maddenin hidrolizi		1	-1				$k_b \left(\frac{X_s / X_{B,H}}{K_x + (X_s / X_{B,H})} \right) \left(\frac{S_o}{K_o + S_o} \right) X_{B,H}$
Gözlenen Reaksiyon Hızı			$r_i = \sum_j v_i p_j$					
Stokiyometrik Parametreler			Biyolojik olarak kolay ayrışabilen substrat- M (KO) L ⁻³	Biyolojik olarak yavaş ayrışabilen substrat- M (KO) L ⁻³	Aktif heterotrofik biyokitle M (KO) L ⁻³	Partiküler inert ürün M (KO) L ⁻³	Oksijen (negatif KOI) M (KO) L ⁻³	Kinetik Parametreler: Heterotrofik Çoğalma: μ_H, K_s, K_o Heterotrofların bozunması: b_H Hidroliz: k_b, K_x
	Y							
	f_E							

Tablo: 3.4. Ölüm Yenilenme Modeli Yaklaşım Matrisi [14]

Bileşenler →		i	1	2	3	4	5	6	7	8	Proses Hızı, ρ_j ML ⁻³ T ⁻¹
j	Proses ↓	St	S_s	X_I	X_s	X_H	X_p	S_D			
1	Büyüme		$-\frac{1}{Y_H}$			1			α_R	$-\frac{1 - \alpha_R Y_H - Y_H}{Y_H}$	$\hat{\mu}_H \frac{S}{k_s + S} X_H$
2	Ölüm				$1 - f_{PX}$	-1	f_{PX}				$b_H X_H$
3	Hidroliz		$1 - f_{PS}$		-1				f_{PS}		$K_H X_s$
Parametreler, ML ⁻³		COD	COD	COD	hücre COD	COD	COD	COD	COD	O ₂	

Kinetik Parametreler:

 $\hat{\mu}_H, k_s, b_H, K_H$

Stokiyometrik Parametreler:

 $Y_H, \alpha_R, f_{PS}, f_{PX}$

$$\frac{dX_H}{dt} = -b_H X_H \quad (3.7)$$

İçsel partiküler maddenin inert fonksiyonuna bağlı olarak yavaş ayrışabilen substrat olarak elde edilebilen cansız biokütlenin büyük bir kısmını ifade eden X_s ile inert içsel biokütle sıfatıyla geriye kalan kısmı ifade eden X_p fraksiyonları aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanır;

$$\frac{dX_p}{dt} = f_x b_H X_H \quad (3.8)$$

$$\frac{dX_s}{dt} = (1 - f_x) b_H X_H \quad (3.9)$$

Modele göre yavaş ayrışabilen substrat hidroliz ile kolay ayrışabilir hale dönüştürülmekte ve giriş akımındaki gibi bir çoğalma mekanizması boyunca proses ilerlemektedir. Sadece yenilenme aşamasında elektron akseptörü kullanılmakta ve ölü faz için bir oksijen ihtiyacı söz konusu olmamaktadır. Substrat tarafından sentezlenen aktif biokütle ile çözünmüş oksijen tüketimini veren ifadeler;

$$dX_H = Y_H(1 - f_x) b_H X_H \quad (3.10)$$

$$\frac{dS_o}{dt} = -(1 - Y_H) (1 - f_x) b_H X_H \quad (3.11)$$

İçsel solunum modelinde geçerli olan bütün fraksiyonlar, ölüm yenilenme modeli için de geçerlidir. Ölüm yenilenme modelinde kolay ayrışabilen substrat'ın sürekli üretimi, ayrışabilen cansız içsel biokütlenin hidrolizi ile paralellik göstermektedir. Matris oluşturulurken (Tablo 3.4) bozunma prosesinin heterotrofik biokütlenin ölümü veya canlılığın kaybolması şeklinde yorumlanması esastır. Bütün modeller için olduğu gibi bu modelde de inert fraksiyonların sisteme bir katkısı yoktur ve X_H aktif biokütlesinin doğrudan doğruya S_s kolay ayrışabilen organik maddeyi tükettiği kabul edilmektedir. Çözünmüş oksijen ise sadece çoğalma aşamasında kullanılmaktadır.

BÖLÜM 4. MODEL ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Aktif çamur sistemlerinin davranış simülasyonları yapılırken birçok bileşen arasında gerçekleşen değişik sayıdaki reaksiyonların dikkate alınması gerekmektedir. Reaksiyonların sistemde meydana gelen temel süreçleri içermesi hedeflenmeli ve arıtma prosesinin bir veya birden fazla sistem bileşeni üzerinde tek etken parametre olarak kullanılmasına dikkat edilmelidir. Bu sayede tüm modeller için çalışma yapmak mümkün olacaktır.

Modellerin geliştirilmesi sırasında önce temel prosesler belirlenmiş ve her biri için ideal kinetik ve stokiometrik ifadeler seçilmiştir. Model bileşenleri arasındaki karşılıklı ilişkilerin daha kolay görülebilmesini sağlamak için ilgili modellere ait matris formatları kullanılmıştır. Daha önce de açıklandığı üzere matrislerde tüketim negatif ve üretim pozitif işaret ile gösterildiğine göre denklemleri bu mantığa göre oluşturmak fikri esas alınmıştır. Stokiometrik katsayıları basite indirgeyebilmek için bütün organik bileşenler KOİ eşdeğeri şeklinde verilmiştir. Bölüm 3'de açıklanan modellerin kullanılması ile BATCH (kesikli) sistemler için RUNGE-KUTTA metodu uygulanarak çözümler yapılmıştır. Genel olarak reaktörlerde çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 4-5 mg/l arasında değişmesi ideal görülmesine rağmen [16] çalışmalar esnasında elverişli olduğu kabul edilen 3 ila 10 mg/l değerleri arasında çıkan sonuçlara müdahale edilmemiştir.

4.1 Klasik Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde Tablo 4.1'de verilen kinetik ve stokiometrik katsayılar kullanılarak substrat giriş konsantrasyonlarının 100, 200, 300, 400, 500 mg KOİ/l olduğu durumlar için klasik model bileşenlerinde meydana gelen değişimler bulunmuştur. Bu bileşenlerden S, X, So, OUR değerlerinde gözlenen değişimler Tablo 4.2 ve Şekil 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Klasik Model Katsayıları

KATSAYI	BİRİM	DEĞER
Y	mg KOİ /mg KOİ	0,67
$\hat{\mu}$	1/gün	2
K_s	mg KOİ/l	20
b_H	1/gün	0,05

Tablo 4.2. BATCH Sistemler İçin Değişken S Değerlerinde Model Bileşenleri

S = 100 olması hali

T (HR)	S (mg/l)	I (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.gun)
0.50	75.98	515.60	5.25	17.17
1.00	52.11	531.07	5.91	16.31
1.50	30.45	545.04	6.33	14.19
2.00	13.47	555.86	7.10	10.06
2.50	3.96	561.66	8.27	4.86
3.00	0.83	563.19	9.21	2.05
3.50	0.15	563.06	9.59	1.32
4.00	0.03	562.57	9.70	1.18
4.50	0.00	562.02	9.72	1.15
5.00	0.00	561.45	9.72	1.15

S = 200 olması hali

T (HR)	S (mg/l)	I (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.gun)
0.50	173.39	517.33	4.86	19.32
1.00	145.43	535.54	5.25	19.69
1.50	117.15	553.95	5.25	19.82
2.00	88.94	572.28	5.26	19.62
2.50	61.50	590.08	5.39	18.81
3.00	36.20	606.43	5.74	16.71
3.50	15.91	619.48	6.55	12.14
4.00	4.25	626.59	7.93	5.67
4.50	0.74	628.30	9.11	2.18
5.00	0.11	628.08	9.56	1.42

Tablo 4.2. BATCH Sistemler İçin Değişken S Değerlerinde Model Bileşenleri
(Devam)

S = 300 olması hali

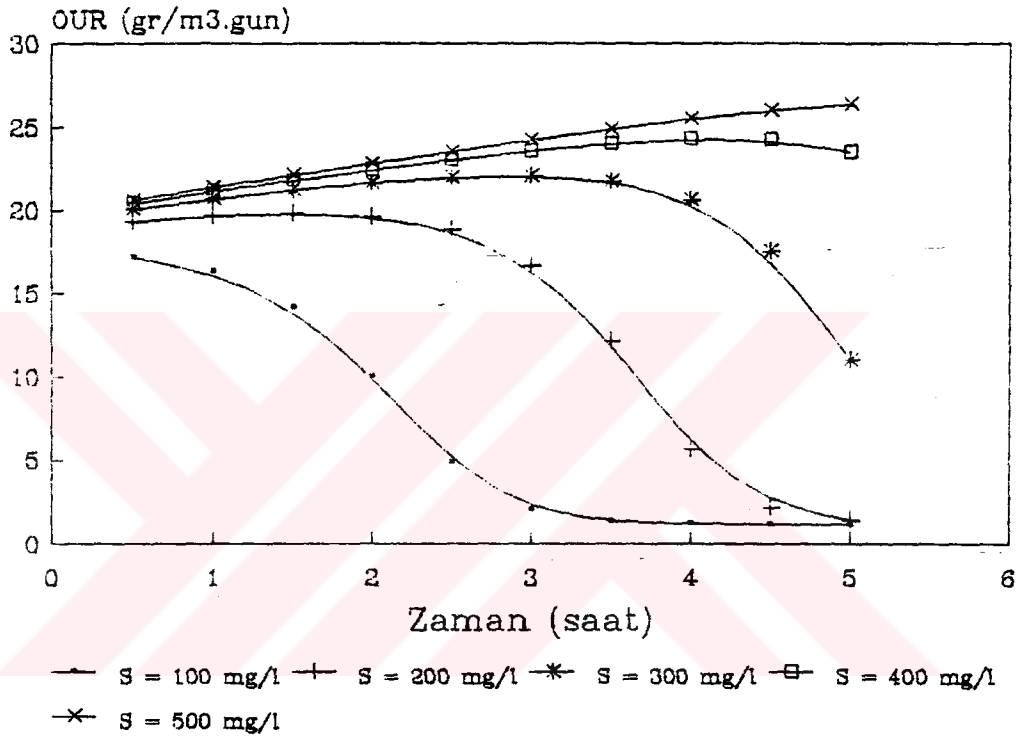
T (HR)	S (mg/l)	I (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.gun)
0.50	272.48	517.94	4.73	20.04
1.00	243.25	537.00	5.05	20.67
1.50	213.22	556.58	4.97	21.19
2.00	182.50	576.59	4.36	21.64
2.50	151.26	596.94	4.77	21.96
3.00	119.73	617.45	4.71	22.07
3.50	88.38	637.83	4.74	21.76
4.00	58.11	657.46	4.91	20.61
4.50	30.87	675.05	5.42	17.57
5.00	10.20	687.31	6.59	11.00

S = 400 olması hali

T (HR)	S (mg/l)	I (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.gun)
0.50	372.02	519.25	4.66	20.39
1.00	342.18	537.72	4.95	21.12
1.50	311.37	557.31	4.34	21.78
2.00	279.54	578.50	4.69	22.41
2.50	247.04	599.76	4.55	23.01
3.00	213.63	621.54	4.41	23.55
3.50	179.53	643.75	4.29	24.00
4.00	144.94	666.28	4.21	24.27
4.50	110.23	688.96	4.18	24.21
5.00	76.10	711.03	4.27	23.49

S = 500 olması hali

T (HR)	S (mg/l)	I (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.gun)
0.50	471.74	518.44	4.62	20.60
1.00	441.55	538.14	4.89	21.38
1.50	410.30	558.53	4.77	22.10
2.00	378.03	579.58	4.61	22.91
2.50	344.75	601.29	4.44	23.52
3.00	310.46	623.65	4.27	24.21
3.50	275.21	646.64	4.11	24.88
4.00	239.06	670.21	3.95	25.49
4.50	202.13	694.30	3.82	26.01
5.00	164.53	718.77	3.71	26.38



Şekil: 4.1. Klasik Modelde Oksijen Tüketim Hızının Zamanla Değişimi

4.2 İçsel Solunum Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde Tablo 4.3'de verilen kinetik ve stokiometrik katsayılar kullanılarak hidroliz katsayısının 1 ila 10 gün⁻¹ arasında olduğu durumlar için bileşenlerde meydana gelen değişimler bulunmuştur. Ayrıca ortamda S_s olması ve olmaması durumlarında model bileşenlerinin değişimi de incelenmiştir. Çözüm yapılırken $S_s=150$ mg KOİ/l, $K_s=200$ mg KOİ/l, $X_p=0$ ve $X_{HO}=500$ mg KOİ/l olarak kabul edilmiştir.

Tablo 4.3 İçsel Solunum Modeli Katsayıları

KATSAYI	BİRİM	DEĞER
Y	mg KOİ /mg KOİ	0,67
$\hat{\mu}$	1/gün	2
K_s	mg KOİ/l	20
b_H	1/gün	0,25
f_{es}	mg KOİ /mg KOİ	0,2

Şekil 4.2'den anlaşılacağı üzere ilk periyod boyunca ortamdaki S_s kısıtlı olmadığı için heterotrofik büyüme ile oksijen tüketimi sürekli olarak artmaktadır. Ortamdaki kolay ayrışabilen substrat'ın birdenbire daha düşük bir seviyeye inmesi ile OUR azalır. Oksijen tüketiminin bu anda mevcut bulunan seviyesinde hidroliz olayı ile gerçekleştirilen substrat üzerindeki büyüme, arıtma ortamında daha baskın hale gelecektir. Eğer başlangıçta reaktörde X_s varsa; X_s 'nin hidrolizinden dolayı oluşan S_s ortamdaki kolay ayrışabilen substrat konsantrasyonunu arttırmaktadır.

Tablo: 4.4. Ortamda S_s Bulunması Halinde $K_h=0-10$ gün⁻¹ İçin
 $K_h = 0$ olması hali Model Bileşenleri

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	124.44	200.00	514.67	0.49	4.38	21.51
1.00	98.06	200.00	529.74	1.01	4.77	21.57
1.50	72.12	200.00	544.43	1.55	4.86	21.16
2.00	47.49	200.00	558.17	2.10	5.06	19.98
2.50	25.33	200.00	569.85	2.67	5.52	17.30
3.00	10.06	200.00	577.53	3.25	6.46	12.36
3.50	2.52	200.00	579.64	3.83	7.71	7.31
4.00	0.48	200.00	578.07	4.42	8.51	5.25
4.50	0.08	200.00	575.39	5.01	8.79	4.78
5.00	0.01	200.00	572.52	5.59	8.86	4.68
5.50	0.00	200.00	569.61	6.18	8.88	4.65
6.00	0.00	200.00	566.72	6.76	8.89	4.62
6.50	0.00	200.00	563.84	7.33	8.89	4.60
7.00	0.00	200.00	560.97	7.90	8.90	4.57
7.50	0.00	200.00	558.12	8.48	8.91	4.55
8.00	0.00	200.00	555.29	9.04	8.91	4.53
8.50	0.00	200.00	552.46	9.61	8.92	4.50
9.00	0.00	200.00	549.65	10.17	8.92	4.48
9.50	0.00	200.00	546.86	10.73	8.93	4.46
10.00	0.00	200.00	544.08	11.28	8.93	4.43

$K_h = 1$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	133.44	190.90	514.74	0.49	4.36	21.67
1.00	116.22	181.27	530.12	1.01	4.69	22.04
1.50	99.02	171.43	545.55	1.55	4.68	22.23
2.00	82.06	161.38	560.89	2.10	4.66	22.23
2.50	65.64	151.13	575.91	2.67	4.69	21.98
3.00	50.21	140.72	590.31	3.25	4.80	21.36
3.50	36.43	130.17	603.63	3.85	5.01	20.22
4.00	25.09	119.50	615.31	4.46	5.36	18.49
4.50	16.92	108.77	624.96	5.09	5.83	16.40
5.00	11.96	98.04	632.20	5.72	6.31	14.52
5.50	8.40	87.39	637.34	6.36	6.67	13.29
6.00	6.15	76.39	642.46	7.01	6.39	12.63
6.50	4.50	66.61	646.53	7.66	7.01	12.28
7.00	3.04	56.53	650.24	8.32	7.98	12.03
7.50	1.60	47.04	653.66	8.98	7.14	11.77
8.00	0.11	37.96	656.75	9.65	7.21	11.46
8.50	0.00	29.55	659.43	10.31	7.30	11.05
9.00	0.00	22.00	661.61	10.98	7.41	10.52
9.50	0.00	15.50	663.14	11.66	7.56	9.94
10.00	0.00	10.25	663.88	12.33	7.74	9.01

Tablo: 4.4. Ortamda S_s Bulunması Halinde $K_h=0-10$ gün⁻¹ İçin
Model Bileşenleri (Devam)

$K_h = 2$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m ³ .saat)
0.50	142.41	181.82	514.81	0.49	4.34	21.81
1.00	134.32	162.70	530.43	1.01	4.63	22.40
1.50	125.95	143.26	546.38	1.55	4.55	22.90
2.00	117.26	123.59	562.61	2.10	4.44	23.36
2.50	108.19	103.82	579.10	2.67	4.34	23.79
3.00	98.62	84.13	595.77	3.26	4.24	24.16
3.50	88.38	64.82	612.57	3.86	4.17	24.44
4.00	77.16	46.37	629.36	4.47	4.12	24.57
4.50	64.43	29.60	645.96	5.11	4.12	24.43
5.00	49.46	15.84	661.96	5.76	4.22	23.74
5.50	32.03	6.62	676.48	6.42	4.53	21.77
6.00	14.85	2.16	687.57	7.11	5.34	17.11
6.50	4.08	0.60	692.34	7.80	6.78	10.28
7.00	0.75	0.16	691.36	8.51	8.02	6.63
7.50	0.13	0.04	688.34	9.21	8.50	5.79
8.00	0.03	0.01	684.94	9.91	8.62	5.61
8.50	0.01	0.00	681.48	10.60	8.66	5.56
9.00	0.00	0.00	678.02	11.30	8.67	5.52
9.50	0.00	0.00	674.57	11.98	8.68	5.50
10.00	0.00	0.00	671.15	12.67	8.68	5.47

$K_h = 3$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m ³ .saat)
0.50	151.35	172.79	514.87	0.49	4.32	21.94
1.00	152.31	144.32	530.70	1.01	4.58	22.69
1.50	152.61	115.64	547.02	1.55	4.46	23.36
2.00	151.90	87.15	563.82	2.10	4.31	24.03
2.50	149.51	59.52	581.09	2.67	4.15	24.69
3.00	144.06	34.17	598.79	3.26	4.00	25.30
3.50	132.68	14.11	616.85	3.86	3.86	25.81
4.00	111.56	3.42	635.06	4.48	3.78	26.02
4.50	82.89	0.54	653.01	5.12	3.79	25.68
5.00	53.21	0.07	669.93	5.77	3.99	24.35
5.50	26.77	0.01	684.32	6.45	4.57	20.86
6.00	8.45	0.00	693.14	7.14	5.88	13.76
6.50	1.45	0.00	694.32	7.84	7.55	7.52
7.00	0.19	0.00	691.65	8.55	8.39	5.88
7.50	0.02	0.00	688.24	9.25	8.60	5.64
8.00	0.00	0.00	684.76	9.95	8.65	5.58
8.50	0.00	0.00	681.28	10.64	8.66	5.55
9.00	0.00	0.00	677.82	11.34	8.67	5.52
9.50	0.00	0.00	674.38	12.02	8.68	5.49
10.00	0.00	0.00	670.95	12.71	8.69	5.47

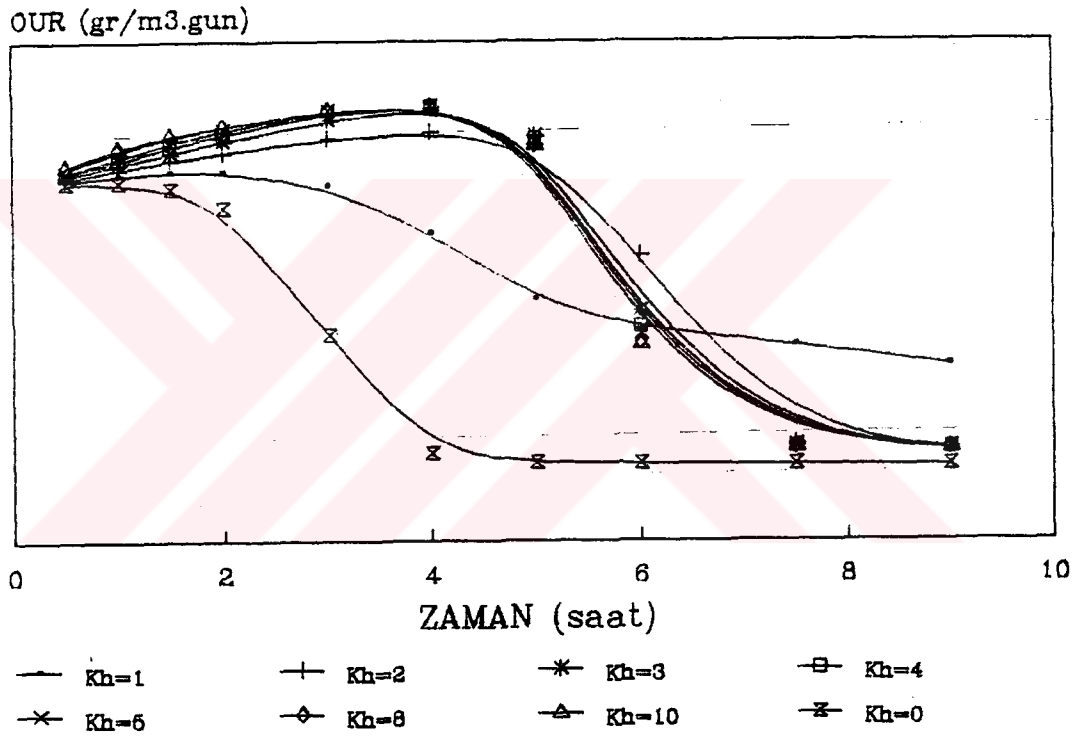
Tablo: 4.4. Ortamda S_5 Bulunması Halinde $K_h=0-10$ gün⁻¹ İçin Model Bileşenleri (Devam)

$K_h = 4$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	160.26	163.79	514.93	0.49	4.31	22.96
1.00	170.12	126.16	530.93	1.01	4.54	22.91
1.50	178.66	38.32	547.54	1.55	4.40	23.70
2.00	184.60	53.10	564.72	2.10	4.22	24.46
2.50	184.64	22.35	582.45	2.67	4.04	25.13
3.00	171.14	4.34	600.63	3.26	3.88	25.75
3.50	143.12	0.37	619.04	3.86	3.73	26.37
4.00	111.42	0.03	637.40	4.49	3.74	26.10
4.50	79.91	0.00	655.33	5.12	3.79	25.62
5.00	50.00	0.00	672.09	5.78	4.03	24.11
5.50	24.14	0.00	686.03	6.46	4.67	20.25
6.00	7.10	0.00	693.38	7.15	6.07	12.32
6.50	1.15	0.00	694.45	7.36	7.70	7.16
7.00	0.15	0.00	691.60	8.56	8.43	5.33
7.50	0.02	0.00	688.17	9.26	8.61	5.63
8.00	0.00	0.00	684.69	9.96	8.65	5.53
8.50	0.00	0.00	681.21	10.66	8.66	5.55
9.00	0.00	0.00	677.75	11.35	8.67	5.52
9.50	0.00	0.00	674.31	12.04	8.68	5.49
10.00	0.00	0.00	670.88	12.72	8.69	5.46

$K_h = 5$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	169.14	154.84	514.98	0.49	4.29	22.16
1.00	187.69	108.29	531.13	1.01	4.50	23.10
1.50	203.64	63.21	547.96	1.55	4.34	23.94
2.00	212.69	23.97	565.41	2.10	4.15	24.73
2.50	202.66	2.92	583.39	2.67	3.98	25.33
3.00	173.76	0.12	601.69	3.26	3.85	25.32
3.50	141.84	0.00	620.13	3.87	3.77	26.09
4.00	109.30	0.00	638.49	4.49	3.74	26.09
4.50	78.31	0.00	656.39	5.13	3.60	25.53
5.00	48.53	0.00	673.05	5.79	4.05	23.99
5.50	22.98	0.00	686.78	6.47	4.72	19.95
6.00	6.54	0.00	694.32	7.16	6.17	12.40
6.50	1.04	0.00	694.49	7.86	7.76	7.01
7.00	0.13	0.00	691.57	8.57	8.45	5.81
7.50	0.02	0.00	688.13	9.27	8.62	5.63
8.00	0.00	0.00	684.65	9.97	8.65	5.58
8.50	0.00	0.00	681.17	10.67	8.66	5.55
9.00	0.00	0.00	677.71	11.36	8.67	5.52
9.50	0.00	0.00	674.27	12.05	8.68	5.49
10.00	0.00	0.00	670.84	12.73	8.69	5.46



Şekil: 4.2. $K_h=0-10$ gün⁻¹ için Oksijen Tüketim Hızının Zamanla Değişimi

Tablo: 4.5. Ortamda S_5 Bulunmaması Halinde $K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ için Model Bileşenleri

$K_h = 1$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	5.31	190.80	500.13	0.50	7.32	8.25
1.00	7.33	181.38	502.54	1.00	7.75	9.47
1.50	8.18	171.95	505.73	1.52	7.65	9.98
2.00	8.54	162.51	509.24	2.03	7.57	10.23
2.50	8.67	153.05	512.90	2.55	7.53	10.36
3.00	8.69	143.59	516.61	3.07	7.50	10.45
3.50	8.65	134.12	520.35	3.60	7.49	10.50
4.00	8.58	124.67	524.08	4.13	7.47	10.54
4.50	8.48	115.23	527.90	4.66	7.47	10.57
5.00	8.37	105.84	531.48	5.20	7.46	10.58
5.50	8.23	96.49	535.13	5.74	7.46	10.58
6.00	8.08	87.22	538.72	6.29	7.46	10.57
6.50	7.90	78.05	542.24	6.83	7.47	10.54
7.00	7.69	69.02	545.67	7.39	7.48	10.49
7.50	7.44	60.16	549.00	7.94	7.49	10.41
8.00	7.14	51.54	552.13	8.50	7.52	10.29
8.50	6.79	43.22	555.18	9.06	7.55	10.13
9.00	6.36	35.30	557.95	9.63	7.60	9.91
9.50	5.84	27.89	560.42	10.20	7.66	9.62
10.00	5.21	21.14	562.52	10.77	7.74	9.22

$K_h = 2$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	11.46	181.63	502.15	0.50	6.81	11.36
1.00	17.39	162.83	508.22	1.01	6.39	13.54
1.50	21.03	144.00	515.81	1.52	6.60	14.70
2.00	23.34	125.16	524.25	2.05	6.38	15.47
2.50	24.70	106.38	533.25	2.58	6.22	16.02
3.00	25.29	87.77	542.61	3.13	6.10	16.42
3.50	25.15	69.51	552.18	3.68	6.03	16.67
4.00	24.20	51.92	561.80	4.24	5.99	16.75
4.50	22.24	35.51	571.24	4.81	6.00	16.55
5.00	18.93	21.19	580.15	5.39	6.11	15.39
5.50	13.93	10.27	587.88	5.98	6.37	14.35
6.00	7.85	3.32	593.28	6.58	6.91	11.48
6.50	3.10	1.14	595.25	7.18	7.69	8.03
7.00	0.92	0.31	594.24	7.79	8.35	5.89
7.50	0.25	0.09	591.32	8.39	8.68	5.11
8.00	0.06	0.02	588.98	8.99	8.80	4.87
8.50	0.02	0.01	586.03	9.59	8.84	4.79
9.00	0.00	0.00	583.06	10.19	8.85	4.76
9.50	0.00	0.00	580.10	10.78	8.86	4.73
10.00	0.00	0.00	577.15	11.37	8.87	4.70

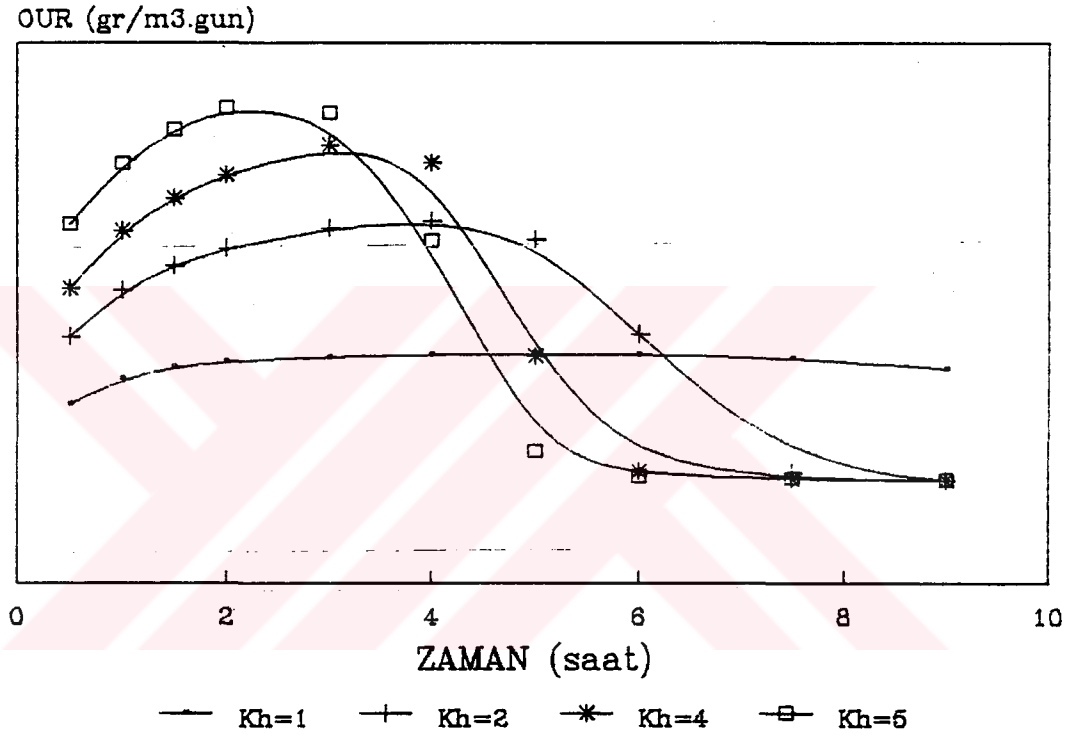
Tablo: 4.5. Ortamda S_s Bulunmaması Halinde $K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin Model Bileşenleri (Devam)

$K_h = 4$ olması hali

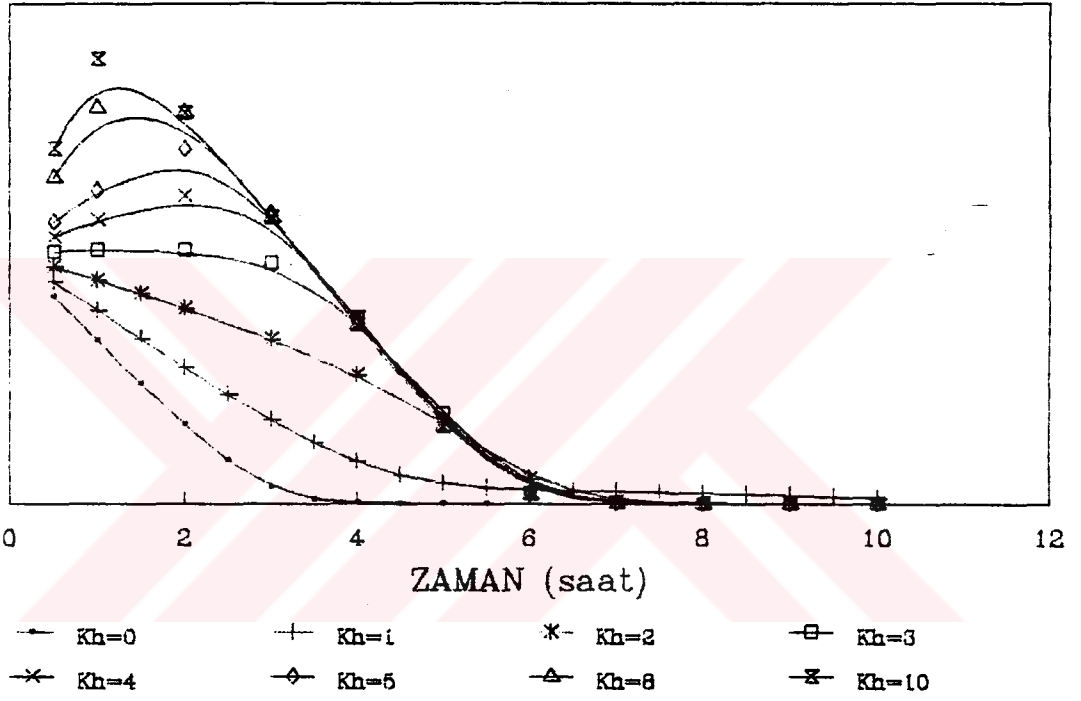
T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	XH (mg/l)	XP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	25.40	163.41	505.02	0.50	6.11	15.30
1.00	43.23	126.21	515.42	1.01	5.37	18.14
1.50	57.44	89.59	527.32	1.53	5.44	19.74
2.00	68.12	54.59	541.43	2.07	5.12	20.38
2.50	73.02	24.07	555.84	2.62	4.89	21.66
3.00	65.78	5.39	570.60	3.18	4.78	21.30
3.50	45.05	0.45	584.71	3.76	4.90	20.65
4.00	23.39	0.00	596.54	4.35	5.42	17.52
4.50	3.00	0.00	603.71	4.96	6.50	11.37
5.00	1.72	0.00	604.93	5.57	7.82	6.91
5.50	0.30	0.00	602.86	6.19	3.54	5.27
6.00	0.05	0.00	599.97	6.80	3.76	4.95
6.50	0.01	0.00	596.95	7.41	9.92	4.87
7.00	0.00	0.00	593.92	8.02	3.93	4.84
7.50	0.00	0.00	590.90	8.62	3.84	4.82
8.00	0.00	0.00	587.90	9.22	3.35	4.79
8.50	0.00	0.00	584.91	9.82	3.85	4.77
9.00	0.00	0.00	581.94	10.41	8.86	4.74
9.50	0.00	0.00	578.98	11.00	3.86	4.72
10.00	0.00	0.00	576.03	11.59	3.37	4.69

$K_h = 5$ olması hali

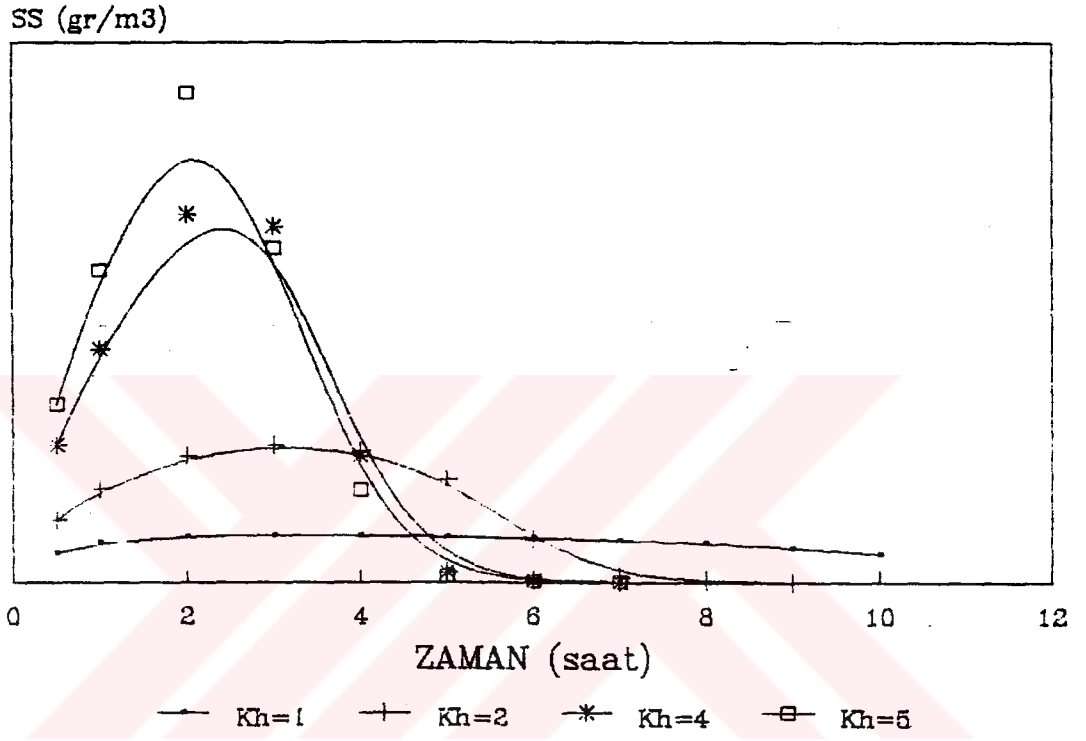
T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	XH (mg/l)	XP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	32.90	154.37	506.06	0.50	5.86	16.57
1.00	57.71	108.28	517.74	1.01	5.58	19.40
1.50	77.81	63.89	531.37	1.54	5.14	20.96
2.00	90.60	25.04	546.14	2.08	4.34	22.00
2.50	95.32	3.26	561.49	2.63	4.66	22.39
3.00	61.76	0.13	576.54	3.20	4.70	21.75
3.50	37.20	0.00	590.16	3.78	5.00	19.98
4.00	17.95	0.00	600.67	4.38	5.72	15.80
4.50	5.01	0.00	605.69	4.99	6.99	9.75
5.00	0.97	0.00	605.32	5.61	9.16	6.04
5.50	0.16	0.00	602.79	6.22	3.66	5.10
6.00	0.03	0.00	599.82	6.83	3.79	4.92
6.50	0.00	0.00	596.78	7.44	8.82	4.87
7.00	0.00	0.00	593.75	8.05	8.83	4.84
7.50	0.00	0.00	590.73	8.65	3.84	4.81
8.00	0.00	0.00	587.73	9.25	8.35	4.79
8.50	0.00	0.00	584.74	9.85	8.85	4.77
9.00	0.00	0.00	581.77	10.45	8.86	4.74
9.50	0.00	0.00	578.82	11.04	3.87	4.72
10.00	0.00	0.00	575.87	11.62	8.87	4.69



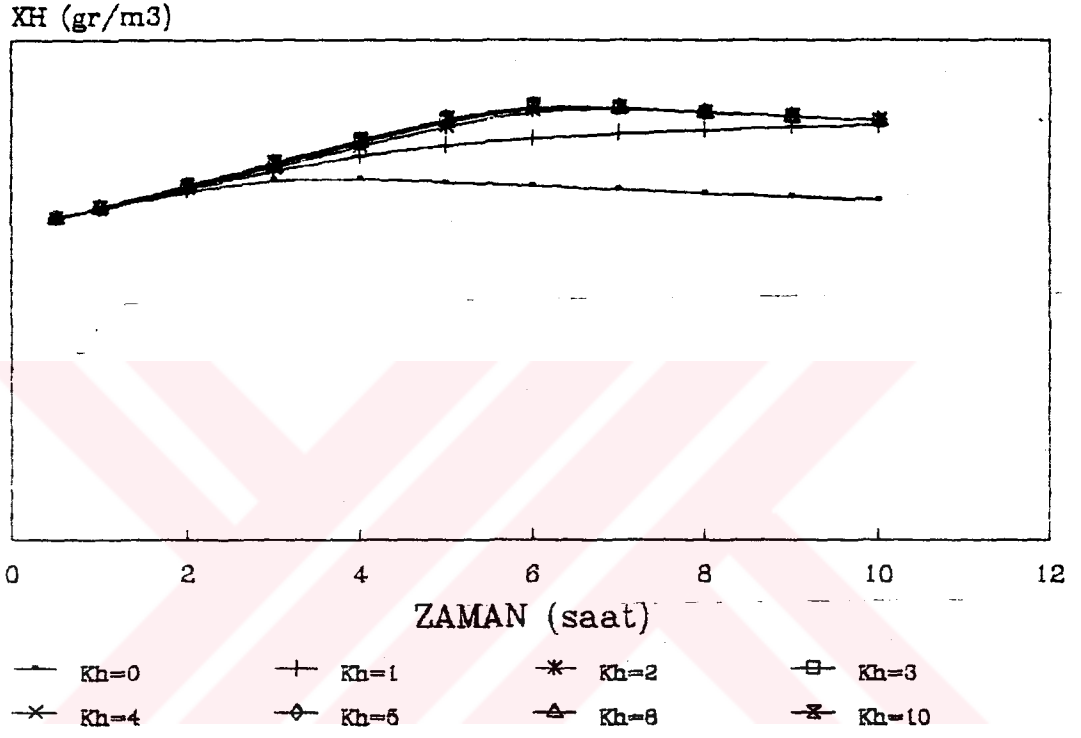
Şekil: 4.3. $K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ için Oksijen Tüketim Hızının Zamanla Değişimi

SS (gr/m³)

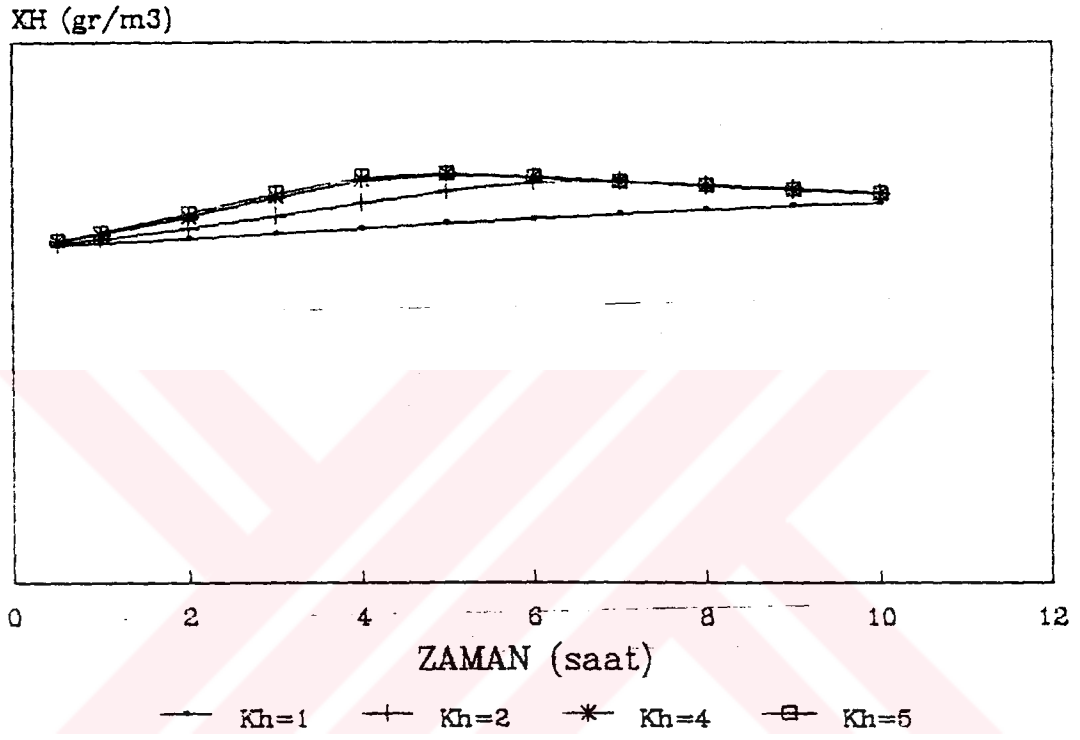
Şekil:4.4. $K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ İçin S_s 'lerin Zamanla Değişimi



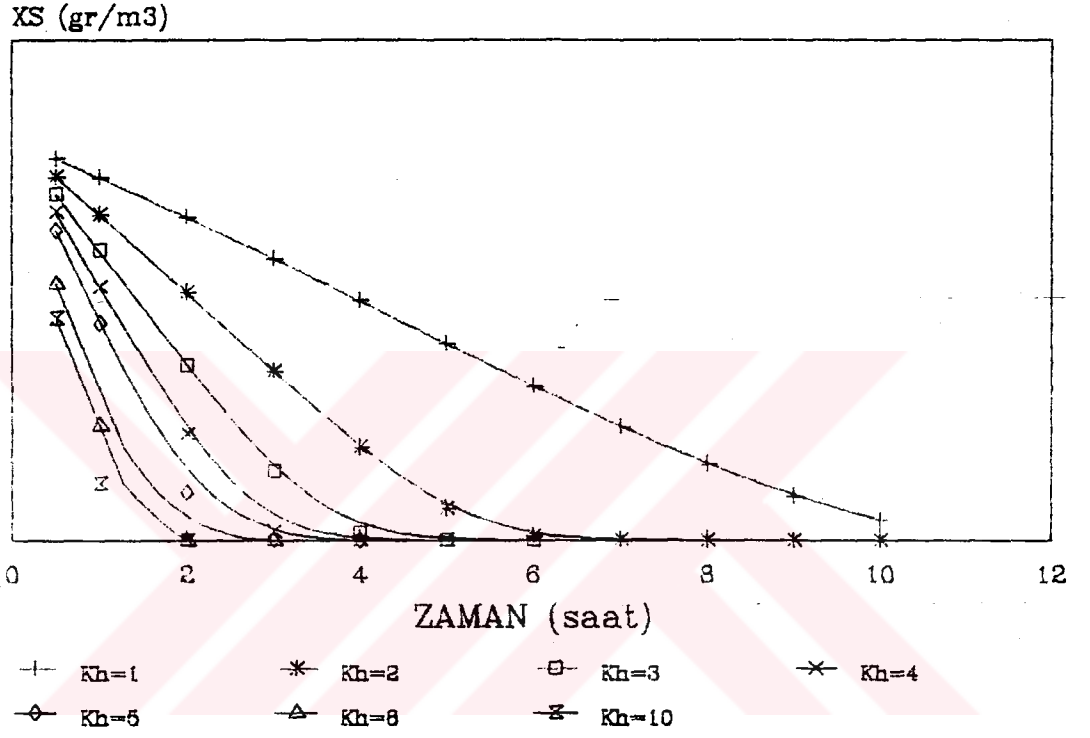
Şekil: 4.5. $K_h=1-5$ gün⁻¹ için S_s 'lerin Zamanla Değişimi



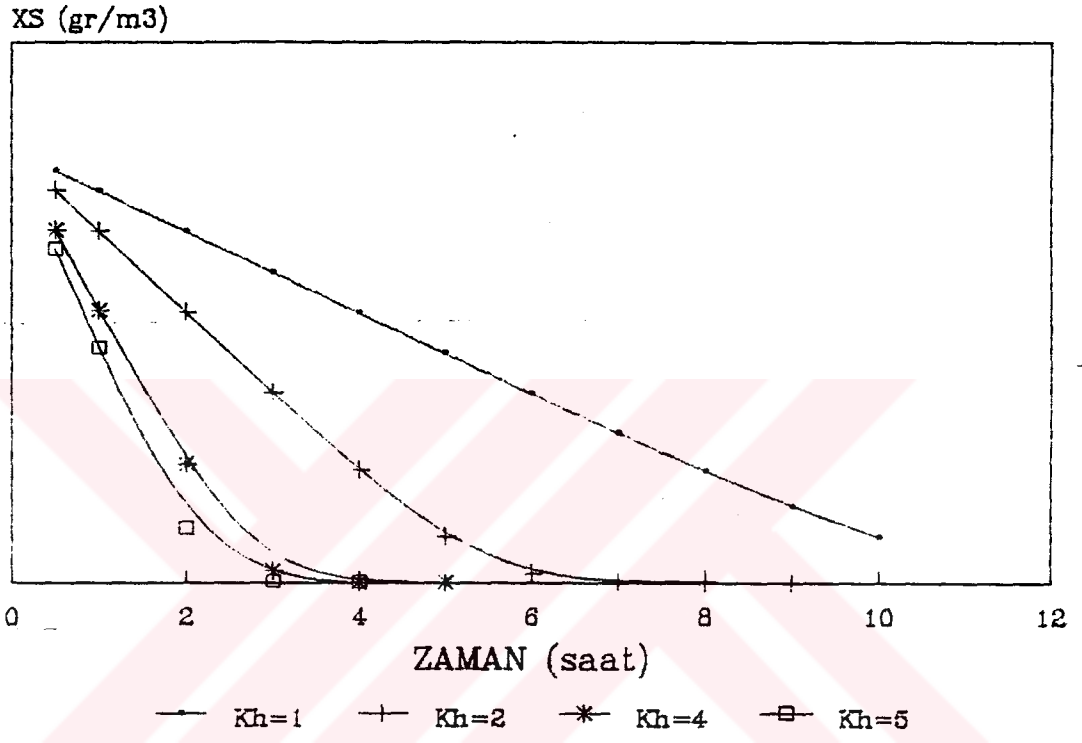
Şekil: 4.6. $K_h=0-10$ gün⁻¹ için X_H 'ların Zamanla Değişimi



Şekil: 4.7. $K_h=1-5$ gün⁻¹ için X_H 'lerin Zamanla Değişimi



Şekil: 4.8. $K_h=0-10$ gün⁻¹ için X_S 'lerin Zamanla Değişimi



Şekil: 4.9. $K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin X_S 'lerin Zamanla Değişimi

4.3. IAWPRC Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İçsel solunum modeli için yapılan işlemler bu modelde aynen ele alınmış ve model bileşenlerindeki değişimler bulunmuştur. Çözüm yapılırken içsel solunum modelinde kabul edilen $S_s=150$ mg KOİ/l, $K_s=200$ mg KOİ/l, $X_p=0$ ve $X_{HO}=500$ mg KOİ/l değerleri burada da kullanılmıştır. IAWPRC model bileşenleri Tablo 4.7'de ortamda kolay ayrışabilen substrat'ın bulunmadığı durum için hesaplanan bileşen değerleri ise Tablo 4.8'de gösterilmiştir. Hesaplamalar esnasında Tablo 4.6'da görülen kinetik ve stokiometrik katsayılar kullanılmıştır.

Tablo 4.6 IAWPRC Modeli Katsayıları

KATSAYI	BİRİM	DEĞER
Y	mg KOİ /mg KOİ	0,67
$\hat{\mu}$	1/gün	2
K_s	mg KOİ/l	20
b_H	1/gün	0,25
f_E	mg KOİ /l	0,2

Tablo: 4.7. Ortamda S_s Bulunması Halinde $K_h=0-10$ gün⁻¹ İçin Model Bileşenleri (IAWPRC)

$K_h = 0$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	124.23	202.43	514.79	0.20	5.20	17.53
1.00	97.67	204.93	529.96	0.41	5.73	17.45
1.50	71.57	207.51	544.74	0.62	5.87	16.90
2.00	46.83	210.15	558.54	0.85	6.10	15.55
2.50	25.17	212.36	570.20	1.09	6.61	12.66
3.00	9.61	215.61	577.71	1.31	7.60	7.50
3.50	2.36	218.39	579.63	1.54	8.37	2.45
4.00	0.44	221.16	577.96	1.78	9.66	0.50
4.50	0.09	223.93	575.26	2.02	9.92	0.09
5.00	0.01	226.68	572.37	2.25	9.98	0.02
5.50	0.00	229.42	569.46	2.48	10.00	0.00
6.00	0.00	232.14	566.56	2.72	10.00	0.00
6.50	0.00	234.85	563.67	2.95	10.00	0.00
7.00	0.00	237.54	560.80	3.18	10.00	0.00
7.50	0.00	240.22	557.94	3.40	10.00	0.00
8.00	0.00	242.89	555.10	3.63	10.00	0.00
8.50	0.00	245.54	552.27	3.86	10.00	0.00
9.00	0.00	248.19	549.46	4.08	10.00	0.00
9.50	0.00	250.81	546.66	4.31	10.00	0.00
10.00	0.00	253.43	543.87	4.53	10.00	0.00

$K_h = 1$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	133.30	193.25	514.87	0.20	5.18	17.69
1.00	115.98	186.05	530.35	0.41	5.65	17.93
1.50	98.69	178.68	545.89	0.62	5.68	18.00
2.00	81.65	171.15	561.34	0.85	5.69	17.88
2.50	65.19	163.48	576.47	1.09	5.75	17.50
3.00	49.79	155.63	590.95	1.31	5.89	16.74
3.50	36.09	147.77	604.34	1.55	6.14	15.46
4.00	24.92	139.76	616.06	1.80	6.52	13.61
4.50	16.96	131.68	625.66	2.05	7.01	11.46
5.00	12.19	123.53	633.11	2.31	7.49	9.59
5.50	9.78	115.49	638.96	2.56	7.95	8.40
6.00	8.68	107.44	643.89	2.83	8.06	7.80
6.50	8.15	99.47	648.37	3.09	8.16	7.52
7.00	7.86	91.60	652.63	3.35	8.21	7.38
7.50	7.64	83.86	656.73	3.62	8.24	7.27
8.00	7.44	76.26	660.72	3.89	8.27	7.18
8.50	7.22	68.86	664.58	4.16	8.29	7.07
9.00	6.99	61.67	668.31	4.43	8.32	6.94
9.50	6.73	54.75	671.86	4.70	8.35	6.78
10.00	6.43	48.14	675.22	4.98	8.40	6.59

Tablo: 4.7. Ortamda S_s Bulunması Halinde $K_h=0-10$ gün⁻¹ İçin Model Bileşenleri (IAWPRC) (Devam)

$K_h = 2$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	EH (mg/l)	EP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	142.35	184.10	514.23	0.20	5.16	17.84
1.00	134.24	167.31	530.67	0.41	5.53	18.30
1.50	125.88	150.22	546.74	0.62	5.55	18.69
2.00	117.24	132.91	563.12	0.85	5.47	19.05
2.50	108.30	115.47	579.75	1.08	5.39	19.37
3.00	99.01	98.02	596.61	1.31	5.32	19.63
3.50	89.29	80.73	613.61	1.56	5.26	19.82
4.00	79.01	63.38	630.67	1.81	5.23	19.95
4.50	67.99	47.37	647.63	2.06	5.24	19.79
5.00	55.94	33.34	664.34	2.33	5.30	19.35
5.50	42.63	21.16	680.07	2.60	5.48	18.34
6.00	29.50	12.26	694.28	2.87	5.36	16.19
6.50	15.35	6.36	705.36	3.16	6.60	12.20
7.00	6.65	4.44	711.56	3.44	7.73	7.10
7.50	3.10	3.43	713.28	3.73	3.72	3.85
8.00	2.09	3.05	712.36	4.02	9.21	2.71
8.50	1.82	2.32	711.79	4.31	9.38	2.39
9.00	1.75	2.37	710.53	4.61	9.44	2.29
9.50	1.72	2.84	709.22	4.89	9.45	2.26
10.00	1.71	2.33	707.89	5.18	9.46	2.25

$K_h = 3$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	EH (mg/l)	EP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	151.38	174.98	515.00	0.20	5.14	17.97
1.00	152.39	148.75	530.94	0.41	5.53	18.59
1.50	152.83	122.29	547.40	0.62	5.46	19.17
2.00	152.39	95.91	564.36	0.85	5.33	19.74
2.50	150.61	70.10	581.81	1.08	5.19	20.30
3.00	146.56	45.81	599.73	1.32	5.06	20.84
3.50	138.49	24.85	618.09	1.56	4.94	21.31
4.00	123.51	10.29	636.75	1.81	4.85	21.60
4.50	100.32	3.32	655.47	2.07	4.82	21.54
5.00	72.95	2.15	673.74	2.34	4.91	20.85
5.50	46.08	1.85	690.71	2.61	5.21	19.04
6.00	23.25	1.82	704.76	2.89	5.31	15.04
6.50	8.57	1.83	713.28	3.18	7.22	8.54
7.00	3.10	1.83	715.61	3.47	8.58	3.85
7.50	1.94	1.33	715.04	3.76	9.23	2.54
8.00	1.75	1.82	713.82	4.05	9.41	2.30
8.50	1.72	1.82	712.50	4.34	9.45	2.26
9.00	1.71	1.81	711.16	4.63	9.46	2.25
9.50	1.71	1.81	709.82	4.92	9.46	2.25
10.00	1.71	1.81	708.48	5.21	9.46	2.24

Tablo: 4.7. Ortamda S_s Bulunması Halinde $K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ İçin Model Bileşenleri (IAWPRC)(Devam)

$K_h = 4$ olmasi hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	EH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	DUR (gr/m3.saat)
0.50	160.37	165.20	515.06	0.20	5.12	19.09
1.00	170.38	180.41	531.15	0.41	5.49	19.33
1.50	179.22	195.10	547.93	0.62	5.89	19.51
2.00	185.88	211.34	565.08	0.85	6.23	20.14
2.50	197.95	230.65	583.22	1.13	6.08	20.92
3.00	179.39	9.58	601.63	1.32	4.94	21.36
3.50	157.43	2.31	620.50	1.56	4.33	21.70
4.00	123.45	1.32	639.46	1.81	4.79	21.90
4.50	78.70	1.25	658.27	2.07	4.79	21.57
5.00	69.71	1.28	676.48	2.34	4.92	20.73
5.50	42.36	1.31	693.21	2.61	5.27	19.69
6.00	20.79	1.33	706.71	2.90	6.34	14.31
6.50	7.40	1.34	714.36	3.13	7.41	7.71
7.00	2.31	1.34	716.10	3.47	8.71	3.54
7.50	1.39	1.34	715.37	3.77	9.27	2.48
8.00	1.74	1.34	714.12	4.06	9.42	2.29
8.50	1.71	1.33	712.79	4.35	9.45	2.26
9.00	1.71	1.33	711.45	4.64	9.46	2.25
9.50	1.71	1.33	710.10	4.93	9.46	2.25
10.00	1.71	1.33	708.75	5.22	9.46	2.24

$K_h = 5$ olmasi hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	EH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	DUR (gr/m3.saat)
0.50	169.32	156.37	515.11	0.20	5.11	19.20
1.00	182.13	112.35	531.39	0.41	5.45	19.02
1.50	204.63	69.35	548.37	0.63	5.33	19.76
2.00	215.43	30.43	566.00	0.85	5.17	20.47
2.50	210.98	6.25	584.21	1.09	5.01	21.06
3.00	186.49	1.23	602.35	1.32	4.89	21.47
3.50	156.96	0.94	621.73	1.56	4.81	21.73
4.00	126.35	0.96	640.70	1.81	4.77	21.30
4.50	97.12	0.99	659.50	2.07	4.80	21.55
5.00	68.20	1.01	677.66	2.34	4.93	20.67
5.50	41.52	1.04	694.28	2.62	5.29	18.53
6.00	19.31	1.05	707.54	2.90	6.10	13.99
6.50	6.96	1.06	714.33	3.19	7.50	7.38
7.00	2.71	1.06	716.34	3.48	8.76	3.43
7.50	1.37	1.06	715.55	3.77	9.28	2.46
8.00	1.73	1.06	714.29	4.06	9.42	2.29
8.50	1.71	1.05	712.96	4.35	9.45	2.26
9.00	1.71	1.05	711.61	4.64	9.46	2.25
9.50	1.71	1.05	710.27	4.93	9.46	2.25
10.00	1.71	1.05	708.93	5.22	9.46	2.24

Tablo: 4.7. Ortamda S_s Bulunması Halinde $K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ İçin Model Bileşenleri (IAWPRC)(Devam)

$K_h = 8$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m ³ .saat)
0.50	195.92	130.06	515.25	0.20	5.07	18.46
1.00	238.93	60.82	531.88	0.41	5.37	19.42
1.50	263.26	9.04	549.29	0.63	5.23	20.18
2.00	243.39	0.60	567.26	0.85	5.09	20.70
2.50	214.49	0.54	585.62	1.08	4.98	21.14
3.00	185.90	0.56	604.29	1.32	4.88	21.50
3.50	155.13	0.57	623.20	1.56	4.81	21.75
4.00	125.10	0.59	642.17	1.82	4.77	21.81
4.50	95.31	0.61	660.96	2.08	4.80	21.53
5.00	66.47	0.63	679.07	2.35	4.94	20.59
5.50	40.00	0.64	695.56	2.62	5.33	18.34
6.00	18.72	0.65	708.52	2.90	6.17	13.62
6.50	6.50	0.65	715.39	3.19	7.59	7.01
7.00	2.81	0.65	716.66	3.48	8.31	3.32
7.50	1.35	0.65	715.31	3.78	9.30	2.44
8.00	1.73	0.65	714.54	4.07	9.43	2.29
8.50	1.71	0.65	713.21	4.36	9.45	2.26
9.00	1.71	0.65	711.86	4.65	9.46	2.25
9.50	1.71	0.64	710.52	4.94	9.46	2.25
10.00	1.71	0.64	709.18	5.23	9.46	2.24

$K_h = 10$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m ³ .saat)
0.50	213.36	112.49	515.34	0.20	5.05	18.60
1.00	268.58	30.80	532.13	0.41	5.33	19.59
1.50	271.06	0.69	549.66	0.63	5.21	20.23
2.00	242.98	0.42	567.65	0.85	5.08	20.71
2.50	214.00	0.43	586.02	1.08	4.97	21.15
3.00	184.51	0.44	604.70	1.32	4.88	21.51
3.50	154.63	0.46	623.61	1.56	4.81	21.76
4.00	124.60	0.47	642.59	1.82	4.77	21.81
4.50	94.81	0.48	661.37	2.08	4.80	21.52
5.00	65.99	0.50	679.47	2.35	4.95	20.57
5.50	39.58	0.51	695.92	2.62	5.33	18.29
6.00	18.43	0.52	708.80	2.91	6.19	13.51
6.50	6.37	0.52	715.56	3.19	7.62	6.92
7.00	2.58	0.52	716.76	3.49	8.82	3.29
7.50	1.35	0.52	715.90	3.78	9.30	2.43
8.00	1.73	0.52	714.63	4.07	9.43	2.29
8.50	1.71	0.51	713.29	4.36	9.45	2.26
9.00	1.71	0.51	711.94	4.65	9.46	2.25
9.50	1.71	0.51	710.60	4.94	9.46	2.25
10.00	1.71	0.51	709.26	5.23	9.46	2.24

Tablo: 4.8 Ortamda S_5 Bulunmaması Halinde $K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin Model Bileşenleri (IAWPRC)

$K_h = 1$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	5.33	193.16	500.13	0.20	8.16	4.22
1.00	7.34	186.10	502.57	0.40	8.70	5.42
1.50	8.20	179.04	505.78	0.61	8.63	5.90
2.00	8.58	171.96	509.32	0.82	8.55	6.13
2.50	8.73	164.87	513.01	1.02	8.51	6.25
3.00	8.77	157.77	516.77	1.23	8.49	6.32
3.50	8.75	150.66	520.56	1.44	8.48	6.36
4.00	8.71	143.56	524.37	1.66	8.47	6.38
4.50	8.66	136.45	528.18	1.87	8.47	6.40
5.00	8.59	129.35	531.99	2.09	8.46	6.41
5.50	8.51	122.27	535.78	2.30	8.46	6.41
6.00	8.43	115.21	539.56	2.52	8.46	6.41
6.50	8.33	108.18	543.31	2.74	8.46	6.41
7.00	8.23	101.20	547.04	2.97	8.46	6.39
7.50	8.12	94.26	550.73	3.19	8.47	6.37
8.00	7.99	87.40	554.38	3.41	8.47	6.34
8.50	7.85	80.62	557.97	3.64	8.48	6.30
9.00	7.69	73.94	561.50	3.87	8.49	6.25
9.50	7.51	67.39	564.95	4.10	8.51	6.19
10.00	7.32	60.99	568.31	4.33	8.53	6.10

$K_h = 2$ olması hali

T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	IH (mg/l)	IP (mg/l)	SO (mg/l)	OUR (gr/m3.saat)
0.50	11.49	183.95	502.17	0.20	7.65	7.33
1.00	17.45	167.47	508.28	0.40	7.34	9.48
1.50	21.14	150.96	515.92	0.61	7.57	10.60
2.00	23.52	134.42	524.43	0.82	7.37	11.33
2.50	25.00	117.90	533.52	1.04	7.22	11.84
3.00	25.79	101.46	543.01	1.26	7.11	12.21
3.50	25.95	85.21	552.77	1.48	7.04	12.46
4.00	25.52	69.32	562.67	1.70	6.99	12.59
4.50	24.44	54.04	572.59	1.93	6.98	12.57
5.00	22.60	39.75	582.32	2.17	7.01	12.33
5.50	19.81	27.05	591.61	2.41	7.11	11.75
6.00	15.94	16.72	600.02	2.65	7.32	10.63
6.50	11.05	7.51	606.87	2.89	7.68	9.74
7.00	6.84	5.43	611.41	3.14	8.22	8.25
7.50	3.92	3.58	613.46	3.39	8.79	6.94
8.00	2.54	2.26	613.72	3.64	9.19	2.78
8.50	2.00	2.59	613.09	3.89	9.40	2.24
9.00	1.81	2.50	612.13	4.14	9.49	2.04
9.50	1.74	2.46	611.04	4.39	9.52	1.97
10.00	1.72	2.44	609.91	4.64	9.53	1.94

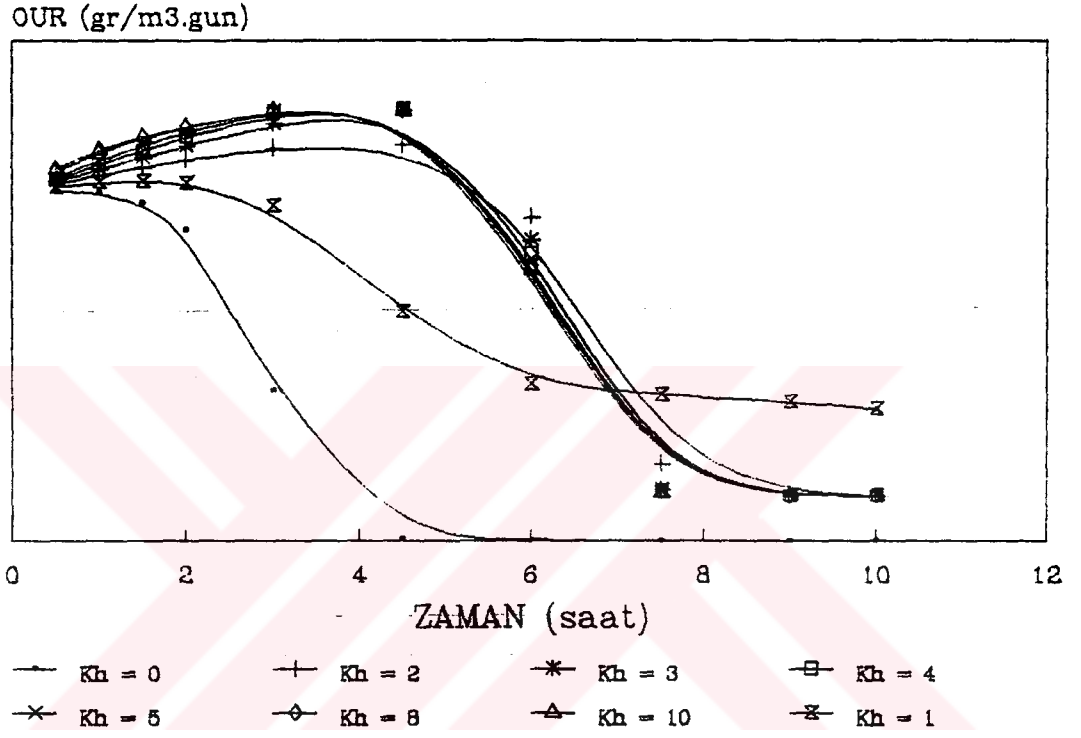
Tablo: 4.8. Ortamda S_s Bulunmaması Halinde $K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin Model Bileşenleri (IAWPRC)(Devam)

$K_h = 4$ olması hali

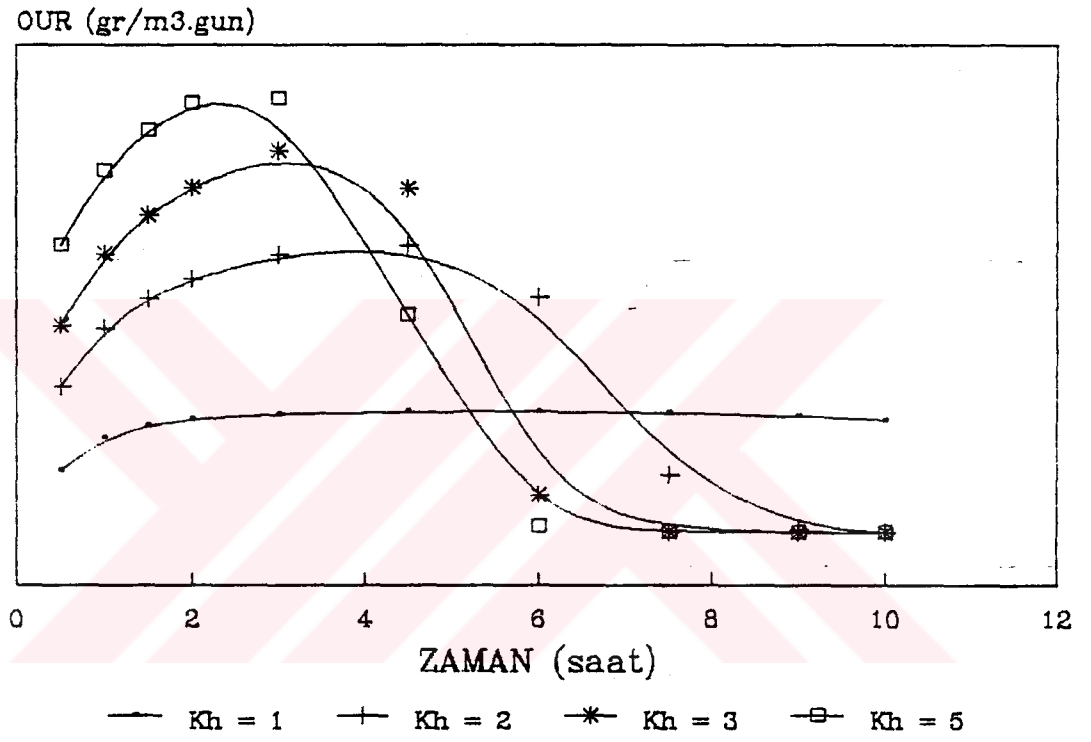
T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	XH (mg/l)	XP (mg/l)	SO (mg/l)	GUR (gr/m3.saat)
0.50	35.50	165.64	505.06	0.20	6.94	11.29
1.00	43.47	130.63	515.53	0.41	6.33	14.08
1.50	57.94	96.08	528.02	0.62	6.42	15.62
2.00	69.25	62.79	541.76	0.83	6.12	16.71
2.50	75.96	32.77	556.38	1.05	5.39	17.48
3.00	73.66	10.94	571.52	1.28	5.76	17.93
3.50	59.03	2.53	596.54	1.51	5.78	17.31
4.00	37.12	1.27	600.34	1.75	6.06	15.50
4.50	19.08	1.16	611.38	2.00	6.72	11.90
5.00	7.73	1.16	617.34	2.25	7.79	6.39
5.50	3.20	1.16	619.71	2.50	8.30	3.43
6.00	2.00	1.16	619.34	2.75	9.31	2.29
6.50	1.77	1.16	618.34	3.01	9.48	2.02
7.00	1.72	1.16	617.20	3.26	9.52	1.97
7.50	1.71	1.15	616.05	3.51	9.53	1.95
8.00	1.71	1.15	614.88	3.76	9.53	1.95
8.50	1.71	1.15	613.72	4.01	9.53	1.94
9.00	1.71	1.15	612.57	4.26	9.53	1.94
9.50	1.71	1.14	611.41	4.51	9.54	1.94
10.00	1.71	1.14	610.25	4.76	9.54	1.93

$K_h = 5$ olması hali

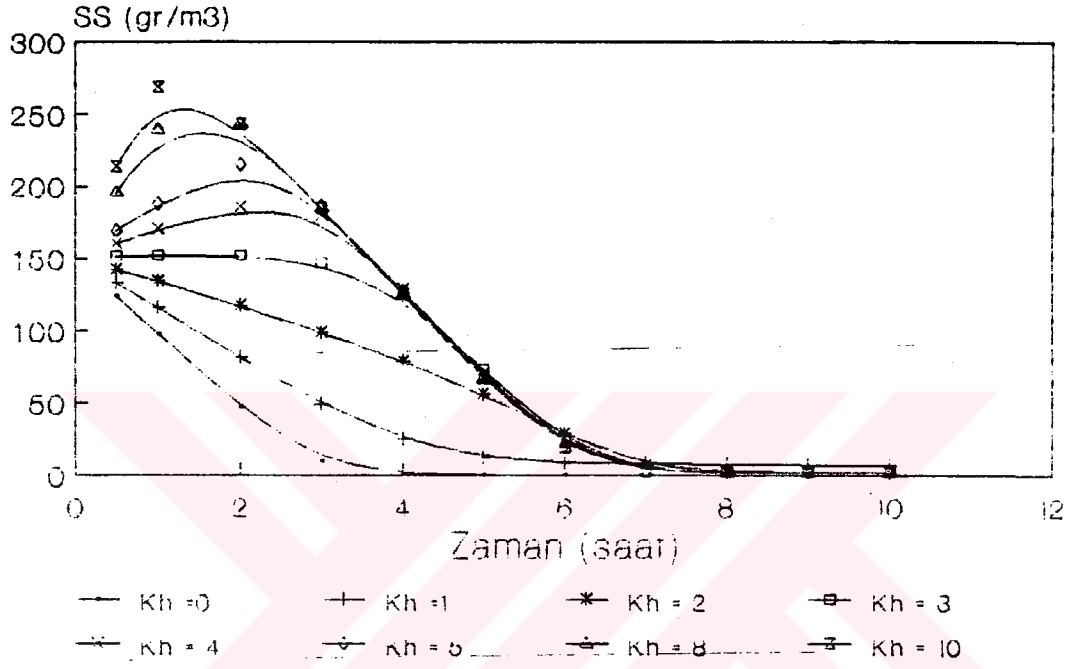
T (saat)	SS (mg/l)	IS (mg/l)	XH (mg/l)	XP (mg/l)	SO (mg/l)	GUR (gr/m3.saat)
0.50	33.04	156.54	506.10	0.20	6.70	12.57
1.00	58.06	112.56	517.36	0.41	6.53	15.34
1.50	78.67	70.00	531.60	0.62	6.12	16.85
2.00	93.03	31.34	546.54	0.84	5.33	17.85
2.50	93.13	6.93	562.18	1.06	5.65	18.35
3.00	73.37	1.25	577.85	1.29	5.63	18.02
3.50	50.47	0.90	592.70	1.52	5.32	16.34
4.00	29.47	0.90	605.67	1.77	6.26	14.35
4.50	13.69	0.91	615.10	2.01	7.10	9.98
5.00	5.29	0.92	619.58	2.26	8.23	5.20
5.50	2.53	0.92	620.26	2.52	9.07	2.79
6.00	1.38	0.92	619.53	2.77	9.40	2.14
6.50	1.74	0.91	618.45	3.02	9.50	1.99
7.00	1.72	0.91	617.30	3.27	9.52	1.96
7.50	1.71	0.91	616.14	3.53	9.53	1.95
8.00	1.71	0.91	614.98	3.78	9.53	1.95
8.50	1.71	0.91	613.81	4.03	9.53	1.94
9.00	1.71	0.91	612.66	4.28	9.53	1.94
9.50	1.71	0.90	611.50	4.53	9.54	1.93
10.00	1.71	0.90	610.34	4.78	9.54	1.93



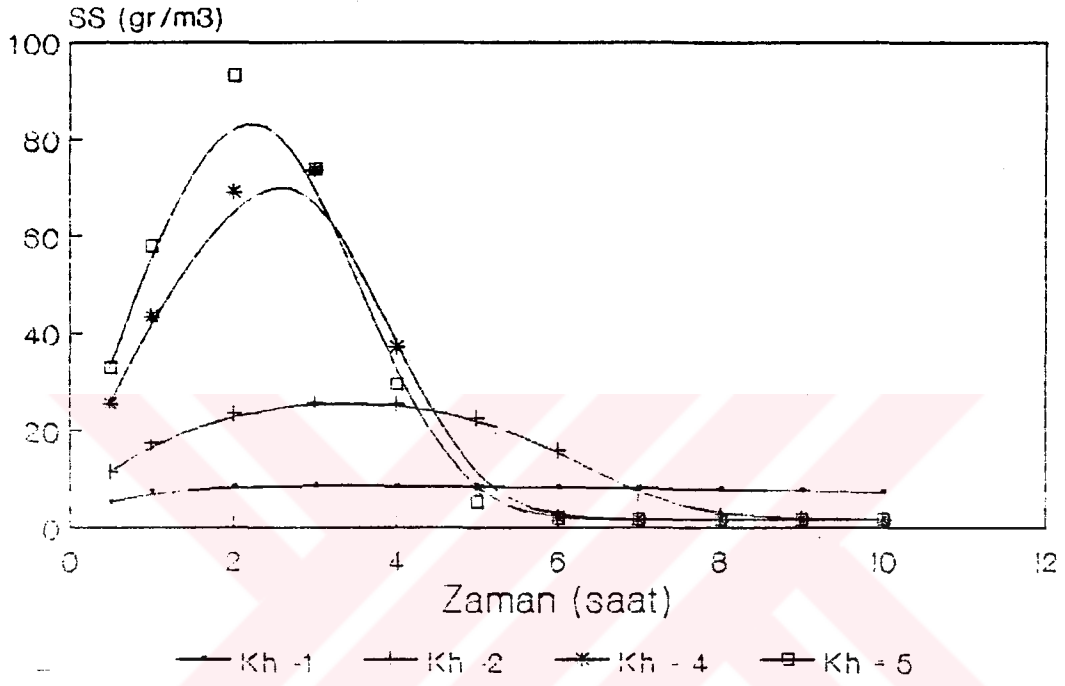
Şekil: 4.10. $K_h=0-10$ gün⁻¹ İçin Oksijen Tüketim Hızının Zamanla Değişimi (IAWPRC)



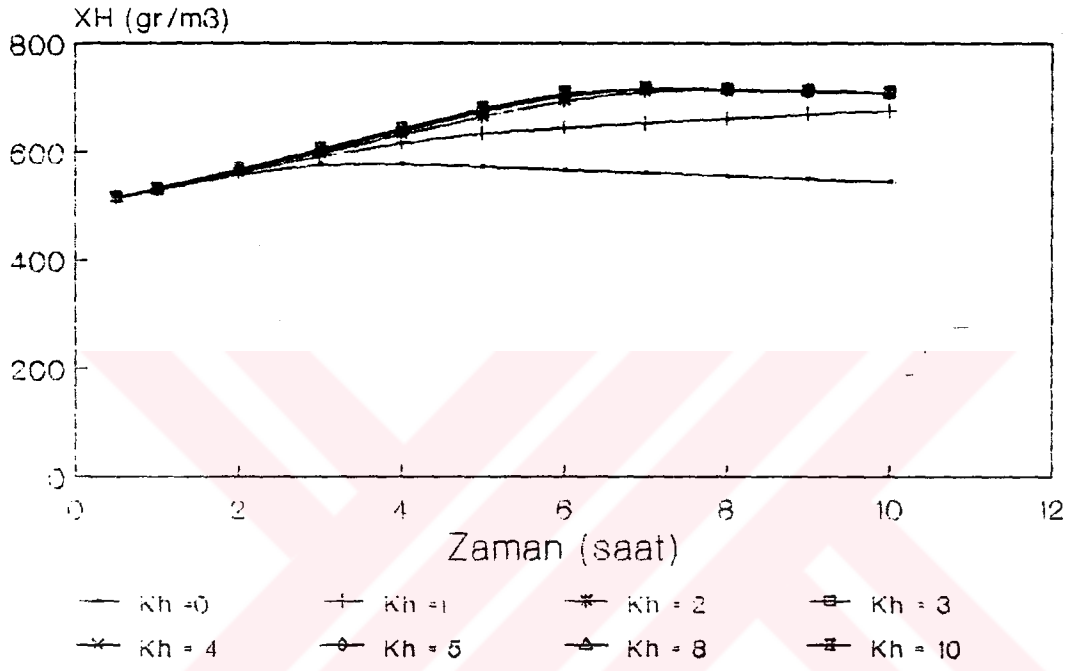
Şekil: 4.11. $K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ İçin Oksijen Tüketim Hızının Zamanla Değişimi (IAWPRC)



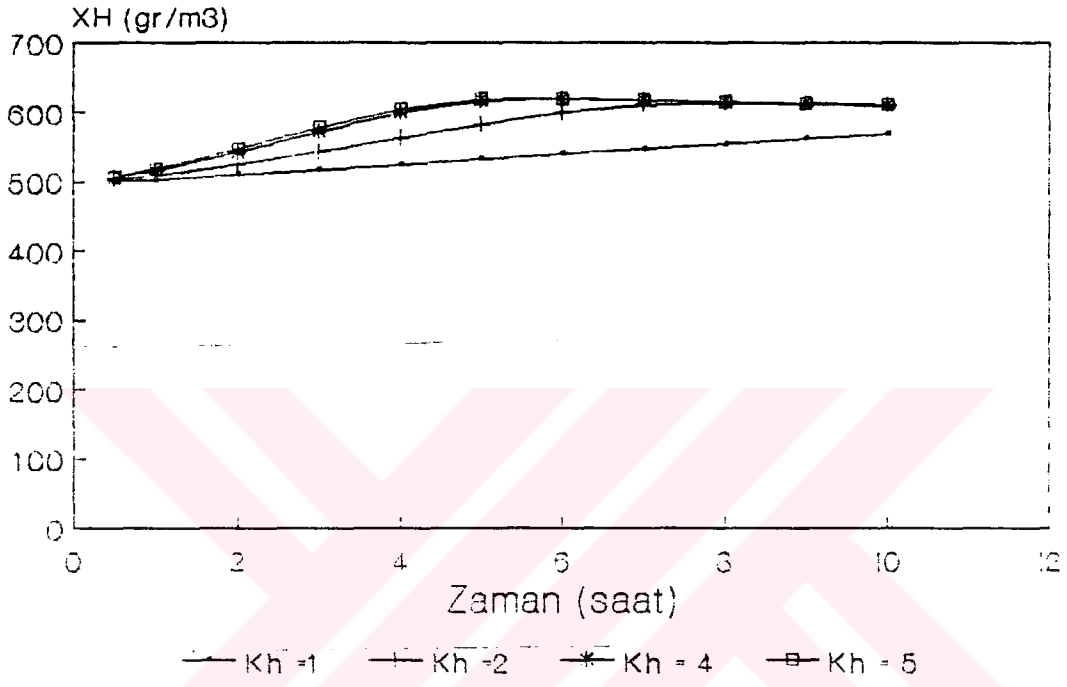
Şekil:4.12. $K_h=0-10 \text{ gün}^{-1}$ için S_s 'lerin Zamanla Değişimi (IAWPRC)



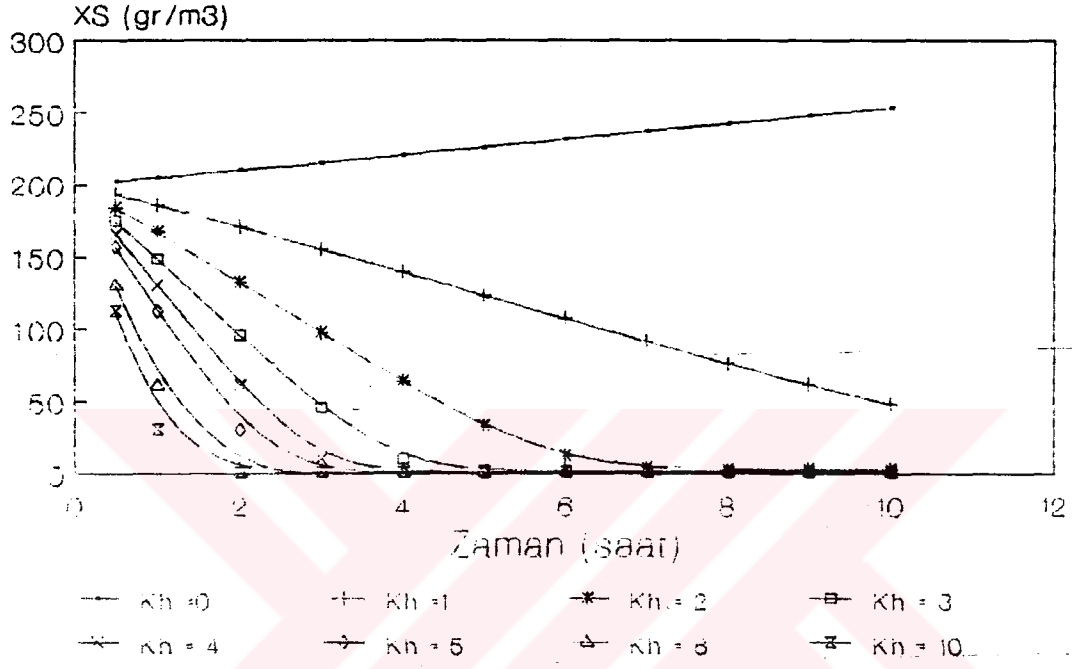
Şekil: 4.13. $K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ için S_s 'lerin Zamanla Değişimi (IAWPRC)



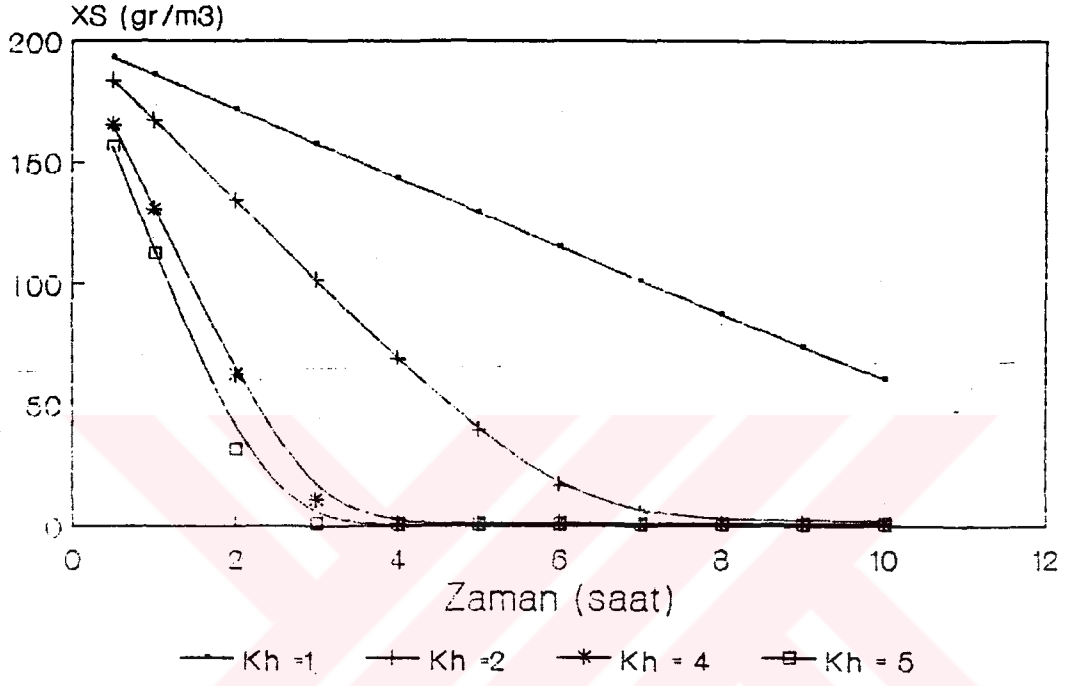
Şekil: 4.14. $K_h=0-10$ gün⁻¹ için X_H 'ların Zamanla Değişimi (IAWPRC)



Şekil: 4.15. $K_h=1-5$ gün⁻¹ için X_H 'ların Zamanla Değişimi (IAWPRC)



Şekil: 4.16. $K_h=0-10$ gün⁻¹ için X_s 'lerin Zamanla Değişimi (IAWPRC)



Şekil: 4.17. $K_h=1-5 \text{ gün}^{-1}$ için X_s 'lerin Zamanla Değişimi (IAWPRC)

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Klasik model, içsel solunum modeli ve IAWPRC modellerinin ele alındığı bu çalışmadan çıkarılan sonuçlar ana hatlarıyla aşağıda özetlenmiştir.

- * Bir tek substrat ile bir tek çamur kütlesi için (iki bileşenli sistem) geliştirilen konvansiyonel modeller, genel sistem bileşenleri ile aktif çamur sistemlerinin davranışları için temsil edici niteliğe sahip değildir.
- * Saf kültürler ve saf substrat çalışmaları esas alınarak geliştirilen Monod yaklaşım; giriş substrat giderimi ile oksijen kullanımı ve büyüme arasındaki zaman akışını temsil edememektedir [17].
- * Aktif çamur kompleks bir sistem olduğuna göre tercih edilebilir düzeyde bir substrat yığılması olacaktır. Yine böyle bir sistemde substratların diğer etkenlerin mevcudiyetinden etkilendikleri söylenebilir.
- * Genel sistemde substrat, çözünebilir ve partiküler olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Modellerden ayrı olarak bütün substratların depolandığı hallerde çözünebilir bileşenin Monod kinetiğine uygun davranış gösterdiği söylenebilir [17].
- * Substrat giriş konsantrasyonu genellikle yüksek bir mertebede azalır. Çıkış akımındaki substrat'ın metabolik kademelerden ve ayrışma prosesinden meydana gelen ürünlerden oluştuğunu kabul etmek mümkündür.
- * Partiküler maddenin çamur kütlesi tarafından hızlı bir şekilde tutulduğuna, ancak ayrışma hızının yavaş olduğuna inanılmaktadır. Bununla birlikte substrat giderme hızı ile oksijen kullanım hızı arasında bir zaman akışı mevcuttur.
- * Partiküler substrat'ın tüketimi için iki ayrı yaklaşım geçerlidir. Bunlar sırası ile a) Depolama, b) Hidroliz yaklaşımlarıdır.

* Bazı modellerde her iki substrat türünün (çözünebilen ve partiküler) biyokütle tarafından kullanılmadan önce depolanması gerektiği savunulur. IAWPRC Task Grubu tarafından geliştirilen modele göre sadece mikroorganizmalar çözünebilen substratı tüketebilmektedirler. Buna rağmen çözünebilen substrat, partiküler substrat'ın biyokütle tarafından tüketilmesinden önce hidroliz olması esnasında doğrudan doğruya kullanılır.

* Biyokütle kaybı için iki temel yaklaşım geçerlidir; bunlar içsel solunum ve tabii ölüm yaklaşımlarıdır. İlk yaklaşıma göre biyokütle oksidasyon yolu ile sistemden giderilir. İkincisinde ise aktif mikroorganizmalar ilk olarak inert partiküler madde ile kısmi ayrışabilen partiküler substrat vermek üzere canlılık kaybına uğrarlar. Burada sık sık hidroliz ve çözünebilir substrat'a dönüşme olayı olmaktadır. Bu sebepten oluşan çözünebilir substrat, proses süresince mikroorganizmalar tarafından kullanılır ve partiküler substrat ayrıca indirekt şekilde kullanılır. Tabii ölüm mekanizmasında oksijen sadece çözünebilir substrat oksidasyonu için kullanılmakta ve bununla birlikte klasik içsel solunum mekanizması için doğrudan doğruya kullanım da geçerli olmaktadır.

* Hidroliz olayı neticesinde ortaya çıkan ürünlerin büyük bir kısmı ayrışabilir niteliktedir ve hidroliz katsayısının (k_h) 2 gün⁻¹ değerinin üstünde olduğu anlarda OUR parametreleri pek fazla etkilenmemektedir.

KAYNAKLAR

- [1] RICH, L.G., Environmental Systems Engineering, McGraw-Hill Book Company, 98-100, (1973)
- [2] CURI, K., Theory And Practise Of Biological Wastewater Treatment, Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, Vol.4, 1-11, Vol. 9, 5-13, (1976).
- [3] KARPUZCU, M. Çevre Mühendisliğine Giriş, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, 99-104, (1988).
- [4] PFAFFLIN, J., ZIEGLER, E.N., Encyclopedia Of Environmental Science And Engineering, Gordon And Breach Science Publishers, 114-116, (1976).
- [5] RUDOLFS, W., Pis Su Tasfiyesinin Prensipleri (Çev. MUSLU, Y.), İ.T.Ü. Matbaası, 14-23, (1967).
- [6] ZAJIÇ, J.E., Water Pollution Disposal And Reuse, Vol.1, Marcel-Dekker INC., 150-157, (1971).
- [7] BRITTIN, W.E., WEST, R., WILLIAMS, R., Air And Water Pollution, Colorado A.U. Press, 15-20, (1971).
- [8] GOODMAN, B.L. Design Handbook Of Wastewater Systems, Technomic Publishing Co., 30-32, (1971).
- [9] LIJKLEMA, L., Water Pollution Research And Control Part 1, IAWPRC, 339-349, (1989).

- [10] ECKENFELDER, W.W. Industrial Water Pollution Control, McGraw-Hill Book Company , 145-163, (1966).
- [11] METCALF, EDDY, Wastewater Engineering, McGraw-Hill Book Company, 485-507, (1972).
- [12] CIACCIO, L., Water And Water Pollution Handbook, Vol. B, Marcel-Dekker INC. 803-812, (1972).
- [13] ECKENFELDER, W.W. Water Quality Engineering, McGraw-Hill Book Company, 154-207, (1970).
- [14] ORHON, D., Traditional Approach To Activated Sludge Modelling, Chapter 4, 19-30, (1992).
- [15] ORHON, D., New Concepts in Activated Sludge Modelling, Chapter 6, 7-28, (1992).
- [16] BLACK, I.A., Water Pollution Technology, Reston Publishing Co., 107-108, (1977).
- [17] KALAFATOĞLU, E., Wastewater Treatment And Disposal Studies, Tübitak Marmara Scientific And Industrial Research Center, 291-298, (1989)

EKLER:

```

10 PRINT"KLASIK YAKLASIM"
20 PRINT"4. DERECEDEN RUNGE KUTTA METODU ILE":PRINT
30 YH=.67:MH=2:KS=20:KOH=.2:KD=.05
40 SC=10:KLA=100
50 T=0:TT=5:H=.001041
60 S=500:SO=.5
70 X=500:E1=1/6
80 PRINT:PRINT
90 PRINT"YH=";YH,"MH=";MH,"KS=";KS,"KOH=";KOH,"KD=";KD
100 PRINT
110 PRINT TAB(15);" S=";S,"SO=";SO," X=";X
120 PRINT:PRINT
130 PRINT:PRINT
140 PRINT TAB(10);"T          S          X          SO          OUR":PRINT TAB
(9);"(HR)      (mg/l)      (mg/l)      (gr/m3.gun)"
150 PRINT TAB(8);"=====
160 DEF FNS(T,S,SO,X)=-(MH/YH)*S/(KS+S)*SO/(KOH+SO)*X
170 DEF FNX(T,S,SO,X)=MH*S/(KS+S)*SO/(KOH+SO)*X-KD*X*SO/(KOH+SO)
180 DEF FNSO(T,SO,S,X)=KLA*(SC-SO)-(1-YH)/YH*MH*S/(KS+S)*SO/(KOH+SO)*X-((KD*X)*S
0/(KOH+SO))
190 PRINT
200 DT=86400!*H:W=1
210 FOR I=1 TO (TT*3600/DT)
220 IF SO<0 THEN SO=0
230 KA1=FNS(T,S,SO,X)*H
240 KA2=FNX(T,S,SO,X)*H
250 KA3=FNSO(T,SO,S,X)*H
260 TH2=T+H/2
270 S2=S+.5*KA1
280 X2=X+.5*KA2
290 SO2=SO+.5*KA3
300 IF SO2<0 THEN SO2=0
310 KB1=FNS(TH2,S2,SO2,X2)*H
320 KB2=FNX(TH2,S2,SO2,X2)*H
330 KB3=FNSO(TH2,SO2,S2,X2)*H
340 S3=S+.5*KB1
350 X3=X+.5*KB2
360 SO3=SO+.5*KB3
370 IF SO3<0 THEN SO3=0
380 KC1=FNS(TH2,S3,SO3,X3)*H
390 KC2=FNX(TH2,S3,SO3,X3)*H
400 KC3=FNSO(TH2,SO3,S3,X3)*H

```

```

410 TH=T+H
420 S4=S+.5*KC1
430 X4=X+.5*KC3
440 S04=S0+.5*KC5
450 IF S04<0 THEN S04=0
460 KD1=FNS(TH,S4,S04,X4)*H
470 KD2=FNX(TH,S4,S04,X4)*H
480 KD3=FNSO(TH,S04,S4,X4)*H
490 S=S+E1*(KA1+2*KB1+2*KC1+KD1)
500 X=X+E1*(KA2+2*KB2+2*KC2+KD2)
510 S0=S0+E1*(KA3+2*KB3+2*KC3+KD3)
520 IF S0<0 THEN S0=0
530 T=T+H
540 OUR=((1-YH)/YH*MH*S/(KS+S)*S0/(KOH+S0)*X+(KD*X*S0/(KOH+S0)))/24
550 IF I>(19.995*W) THEN 560 ELSE 580
560 PRINT USING"#####.##";(T*24);S;X;S0;OUR
570 W=W+1
580 NEXT I
590 END

```

```

20 REM "ICSEL SOLUNUM YAKLASIM MODELİ"
30 REM "HETEROTROFIK PROSES"
40 REM "4. DERECEDEEN RUNGE KUTTA METODU İLE"
50 YH=.67:MH=2:KS=20:KOH=.2:BH=.25
60 KH=2:KY=.03:FP=.2
70 SC=10:KLA=100
80 T=0:TT=10.1:H=.001042
90 SS=150:SO=.5:E1=1/6
100 IH=500:IS=200:IP=0
110 PRINT:PRINT
120 PRINT"YH=";YH,"MH=";MH,"KS=";KS,"KOH=";KOH,"BH=";BH
130 PRINT"KH=";KH,"KY=";KY,"FP=";FP
140 PRINT
150 PRINT"SS=";SS,"SO=";SO
160 PRINT"YH=";IH,"IS=";IS,"IP=";IP:PRINT
170 PRINT:PRINT
180 PRINT:PRINT
190 PRINT TAB(8);"T      SS      IS      IH      IP      SO      OUR
":PRINT TAB(6);"(saat) . (mg/l)      (mg/l)      (mg/l)      (mg/l)      (mg/l) (gr/m3.
saat)"
200 PRINT TAB(6);"=====
=====
210 DEF FNSS(T,SS,SO,IH,IS)=-((MH/YH)*SS/((KS+SS)*SO/(KOH+SO)*YH+KH*YS/(KY*YH+YS)*
YH*SO/(KOH+SO))
220 DEF FNIS(T,IS,IH,SO)=-KH*YS/(KY*YH+YS)*YH*SO/(KOH+SO)
230 DEF FNKH(T,SS,SO,IH)=MH*SS/((KS+SS)*SO/(KOH+SO)*YH+BH*YH*SO/(KOH+SO))
240 DEF FNIP(T,IP,IH,SO)=FP*BH*YH*SO/(KOH+SO)
250 DEF FNSO(T,SO,SS,IH)=KLA*(SC-SO)-((1-YH)/YH*MH*SS/((KS+SS)*SO/(KOH+SO)*YH-(1-F
P)*BH*YH*SO/(KOH+SO))
260 PRINT
270 DT=86400!*H:W=1
280 FOR I=1 TO (TT*3600/DT)
290 IF SO<0 THEN SO=0
300 KA1=FNSS(T,SS,SO,IH,IS)*H:KA2=FNIS(T,IS,IH,SO)*H
310 KA3=FNKH(T,SS,SO,IH)*H:KA4=FNIP(T,IP,IH,SO)*H
320 KA5=FNSO(T,SO,SS,IH)*H
330 TH2=T+H/2
340 SS2=SS+.5*KA1:IS2=IS+.5*KA2
350 IH2=IH+.5*KA3:IP2=IP+.5*KA4
360 SO2=SO+.5*KA5
370 IF SO2<0 THEN SO2=0
380 KB1=FNSS(TH2,SS2,SO2,IH2,IS2)*H:KB2=FNIS(TH2,IS2,IH2,SO2)*H
390 KB3=FNKH(TH2,SS2,SO2,IH2)*H:KB4=FNIP(TH2,IP2,IH2,SO2)*H
400 KB5=FNSO(TH2,SO2,SS2,IH2)*H
410 SS3=SS+.5*KB1:IS3=IS+.5*KB2
420 IH3=IH+.5*KB3:IP3=IP+.5*KB4
430 SO3=SO+.5*KB5
440 IF SO3<0 THEN SO3=0
450 KC1=FNSS(TH2,SS3,SO3,IH3,IS3)*H:KC2=FNIS(TH2,IS3,IH3,SO3)*H
460 KC3=FNKH(TH2,SS3,SO3,IH3)*H:KC4=FNIP(TH2,IP3,IH3,SO3)*H
470 KC5=FNSO(TH2,SO3,SS3,IH3)*H
480 TH=T+H
490 SS4=SS+.5*KC1:IS4=IS+.5*KC2
500 IH4=IH+.5*KC3:IP4=IP+.5*KC4
510 SO4=SO+.5*KC5
520 IF SO4<0 THEN SO4=0
530 KD1=FNSS(TH,SS4,SO4,IH4,IS4)*H:KD2=FNIS(TH,IS4,IH4,SO4)*H
540 KD3=FNKH(TH,SS4,SO4,IH4)*H:KD4=FNIP(TH,IP4,IH4,SO4)*H
550 KD5=FNSO(TH,SO4,SS4,IH4)*H
560 SS=SS+E1*(KA1+2*KB1+2*KC1+KD1)
570 IS=IS+E1*(KA2+2*KB2+2*KC2+KD2)

```

```

580 ZH=ZH+E1*(KA3+2*KB3+2*KC3+KD3)
590 ZP=ZP+E1*(KA4+2*KB4+2*KC4+KD4)
600 ZO=ZO+E1*(KA5+2*KB5+2*KC5+KD5)
610 IF ZO<0 THEN ZO=0
620 T=T+H:ST=SS+SR
630 ZT=ZS+ZH+ZA+ZP
640 OUR=((1-YH)/YH*MH*SS/(KS+SS)*SO/(KOH+SO)*ZH+(1-FP)*BH*ZH*SO/(KOH+SO))/24
650 IF I>(19.995*W) THEN 670 ELSE 690
660 PRINT #1, USING "#####.##";(T*24);SS;XS;ZH;ZP;SO;OUR
670 PRINT USING"#####.##";(T*24);SS;ZS;ZH;ZP;SO;OUR
680 W=W+1
690 NEXT I
700 END

```

```

10 REM "IAWPRC CALISMA GRUBU MODELİ"
20 REM "HETEROTROFIK PROSES"
30 REM "4. DERECEDEDEN RUNGE KUTTA METODU İLE"
40 YH=.67:MH=2:KS=20:KOH=.2:BH=.25
50 KH=8:KI=.03:FP=.08
60 SC=10:KLA=100
70 T=0:TT=10.1:H=.001042
80 SS=150:SO=.5:E1=1/6
90 ZH=500:ZS=200:ZP=0
100 PRINT:PRINT
110 PRINT"YH=";YH,"MH=";MH,"KS=";KS,"KOH=";KOH,"BH=";BH
120 PRINT"KH=";KH,"KI=";KI,"FP=";FP
130 PRINT
140 PRINT"SS=";SS,"SO=";SO
150 PRINT"ZH=";ZH,"ZS=";ZS,"ZP=";ZP:PRINT
160 PRINT:PRINT
170 PRINT:PRINT
180 LPRINT TAB(8);"T      SS      ZS      ZH      ZP      SO      OU
R":LPRINT TAB(6);"(saat)  (mg/l)  (mg/l)  (mg/l)  (mg/l)  (mg/l) (gr/m
3.saat)"
190 LPRINT TAB(6);"=====
=====
200 DEF FNSS(T,SS,SO,ZH,ZS)=-((MH/YH)*SS/(KS+SS)*SO/(KOH+SO)*YH+KH*YS/(KI*YH+KS)*
ZH*SO/(KOH+SO)
210 DEF FNIS(T,ZS,ZH,SO)=-KH*YS/(KI*YH+KS)*YH*SO/(KOH+SO)+(1-FP)*BH*YH
220 DEF FNEH(T,SS,SO,ZH)=MH*SS/(KS+SS)*SO/(KOH+SO)*YH-BH*YH*SO/(KOH+SO)
230 DEF FNEP(T,ZP,ZH,SO)=FP*BH*YH*SO/(KOH+SO)
240 DEF FNZO(T,SO,SS,ZH)=KLA*(SC-SO)-(1-YH)/YH*MH*SS/(KS+SS)*SO/(KOH+SO)*YH
250 PRINT
260 DT=86400!*H:H=1
270 FOR I=1 TO (TT*3600/DT)
280 IF SO<0 THEN SO=0
290 KA1=FNSS(T,SS,SO,ZH,ZS)*H:KA2=FNIS(T,ZS,ZH,SO)*H
300 KA3=FNEH(T,SS,SO,ZH)*H:KA4=FNEP(T,ZP,ZH,SO)*H
310 KA5=FNZO(T,SO,SS,ZH)*H
320 TH2=T+H/2
330 SS2=SS+.5*KA1:ZS2=ZS+.5*KA2
340 ZH2=ZH+.5*KA3:ZP2=ZP+.5*KA4
350 SO2=SO+.5*KA5
360 IF SO2<0 THEN SO2=0
370 KB1=FNSS(TH2,SS2,SO2,ZH2,ZS2)*H:KB2=FNIS(TH2,ZS2,ZH2,SO2)*H
380 KB3=FNEH(TH2,SS2,SO2,ZH2)*H:KB4=FNEP(TH2,ZP2,ZH2,SO2)*H
390 KB5=FNZO(TH2,SO2,SS2,ZH2)*H
400 SS3=SS+.5*KB1:ZS3=ZS+.5*KB2
410 ZH3=ZH+.5*KB3:ZP3=ZP+.5*KB4
420 SO3=SO+.5*KB5
430 IF SO3<0 THEN SO3=0
440 KC1=FNSS(TH2,SS3,SO3,ZH3,ZS3)*H:KC2=FNIS(TH2,ZS3,ZH3,SO3)*H
450 KC3=FNEH(TH2,SS3,SO3,ZH3)*H:KC4=FNEP(TH2,ZP3,ZH3,SO3)*H
460 KC5=FNZO(TH2,SO3,SS3,ZH3)*H
470 TH=T+H
480 SS4=SS+.5*KC1:ZS4=ZS+.5*KC2
490 ZH4=ZH+.5*KC3:ZP4=ZP+.5*KC4
500 SO4=SO+.5*KC5
510 IF SO4<0 THEN SO4=0
520 KD1=FNSS(TH,SS4,SO4,ZH4,ZS4)*H:KD2=FNIS(TH,ZS4,ZH4,SO4)*H
530 KD3=FNEH(TH,SS4,SO4,ZH4)*H:KD4=FNEP(TH,ZP4,ZH4,SO4)*H
540 KD5=FNZO(TH,SO4,SS4,ZH4)*H
550 SS=SS+E1*(KA1+2*KB1+2*KC1+KD1)

```

```

560 IS=IS+E1*(KA2+2*KB2+2*KC2+KD2)
570 IH=IH+E1*(KA3+2*KB3+2*KC3+KD3)
580 IP=IP+E1*(KA4+2*KB4+2*KC4+KD4)
590 SO=SO+E1*(KA5+2*KB5+2*KC5+KD5)
600 IF SO<0 THEN SO=0
610 T=T+H:ST=SS+SR
620 IT=IS+IH+IA+XP
630 OUR=((1-YH)/YH*MH*SS/(KS+SS)*SO/(KOH+SO)*YH)/24
640 IF I>(19.995*W) THEN 650 ELSE 670
650 LPRINT USING"#####.##";(T*24);SS;IS;IH;IP;SO;OUR
660 W=W+1
670 NEXT I
680 END

```

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

ÖZGEÇMİŞ

Kimya Mühendisi Emre ÜLKER, 1966 yılında İstanbul'da doğmuş, 1984 yılında Özel Yıldız Lisesi'ni bitirmiştir. Aynı yıl okumaya hak kazandığı İ.T.Ü. KİMYA / METALURJİ Fakültesi Kimya Mühendisliği bölümünden 1990 yılında mezun olmuştur. Mezuniyetinden sonra İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği programında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Halen bu eğitimini sürdürmektedir.

