

**KOT YIKAMA TESİSİ ATIKSULARININ BİYOLOJİK
ARITILABİLİRLİĞİ VE MODELLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çev. Müh. H.Güçlü İNSEL

İ. C. YÜKSEKÖĞRETİM
DOKÜMENTASYON MERKEZİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Haziran 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Haziran 1997

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Derin ORHON

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. İzzet ÖZTÜRK

Doç.Dr. Fatoş GERMİRLİ

HAZİRAN 1997

ÖNSÖZ

Teorik bilgi ve deneysel çalışmaların ağırlık kazandığı bu tezin amacına yönelik olarak hazırlanmasında eğitimimde olduğu gibi bana her zaman yol gösteren, engin bilgisini ve yardımını esirgemeyen hocam Sayın Prof. Dr. Derin ORHON' a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın düzenlenmesinde yardımlarını, desteğini esirgemeyen Sayın Doç.Dr.Fatoş Germirli BABUNA' ya ve geniş bilgisi ile deneyiminden faydalandığım araştırma görevlisi Sayın Emine Ubay ÇOKGÖR' e değerli yardımları için teşekkür ederim.

Haziran 97

Saygılarımla,
H.Güçlü İNSEL

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SEMBOL LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
BÖLÜM I GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	2
BÖLÜM II TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARI KİRLİLİK ÖZELLİKLERİ	3
2.1 Tekstil Endüstrisi Atıksularında Atıksu Kaynakları ve Alt Kategorizasyon	3
2.2 Tekstil Endüstrisi Atıksu Miktar ve Karakterizasyonu	9
BÖLÜM III İNCELENEN TESİSİN ÖZELLİKLERİ VE ATIKSU KAYNAKLARI	13
3.1 Tesisin Üretimi	13
3.2 Atıksu Oluşumu	15
BÖLÜM IV KAVRAMSAL YAKLAŞIM	20
4.1 Atıksu Karakterizasyonu	20
4.1.1 Konvansiyonel atıksu karakterizasyonu	20
4.1.2 Artılabilirlik bazlı atıksu karakterizasyonu	21
4.2 Proses Kinetiği	24
4.3 İçsel Solunum Modeli	27

	<u>Sayfa No</u>
BÖLÜM V DENEYSEL YAKLAŞIM	30
5.1 KOİ Bileşenlerinin Belirlenmesine Yönelik Atıksu Karakterizasyonu	30
5.1.1 S_L , X_L belirleme yöntemi	30
5.1.2 S_S belirleme yöntemi	35
5.1.3 X_S , S_H belirleme yöntemi	40
5.2 Kinetik ve Stokiyometrik Katsayıların Belirlenmesi Yöntemi	41
BÖLÜM VI MATERYAL VE METOD	50
6.1 Deney Programının Hazırlanması	50
6.2 Deney Düzenegi	51
BÖLÜM VII DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME	54
7.1 Atıksu Karakterizasyonu ve Kirlenme Profili	54
7.1.1 Konvansiyonel karakterizasyon	54
7.1.2 Kirlenme profili	56
7.1.3 KOİ bileşenleri, kinetik ve stokiyometrik katsayıların belirlenmesi	56
7.2 Modelleme	62
7.3 Değerlendirme	65
BÖLÜM VIII SONUÇ VE ÖNERİLER	68
KAYNAKLAR	70
EKLER	72
ÖZGEÇMİŞ	89

SEMBOL LİSTESİ

İndis H: Heterotrofik biyokütle

İndis 0 : Giriş akımı

- b_H : Ölüm-Yenilenme modelinde bozunma katsayısı [T^{-1}]
- C_I : Toplam inert madde konsantrasyonu [$MKOİ/L^3$]
- C_S : Biyolojik olarak ayrılan organik madde konsantrasyonunu, [$MKOİ/L^3$]
- f_a : Aktivite katsayısı
- f_{ex} : İnert biyokütle fraksiyonu
- f_{ES} : İçsel biyokütlenin çözünmüş inert ürün fraksiyonu
- f_P : Ölüm-yenilenme modelinde biyokütlenin inert fraksiyonu
- f_{SS} : Giriş $KOİ$ ' sinin kolay ayrışabilir kısmı
- f_x : Biyokütlenin $KOİ$ eşdeğeri
- k_d : Ölüm katsayısı [$1/T$]
- k_h : Maksimum spesifik hidroliz hızı [$MKOİ/Mhücre KOİ.T$]
- K_S : Yarı doygunluk sabiti, [$M(Substrat)/L^3$]
- K_X : Yavaş ayrılan substratın hidroliz hızı için yarı doygunluk sabiti,
[$M(KOİ)/M(Hücre)KOİL^3$]
- OTH : Oksijen tüketim hızı, [$MO_2/L^3 T$]
- OTH_0 : KAPPELER ve GUJER yönteminde başlangıç anında ölçülen oksijen
tüketim hızı [$MO_2/L^3 T$]
- S_H : Hızlı hidroliz olabilen $KOİ$, [$MKOİ/L^3$]
- S_I : Çözünmüş İnert $KOİ$, [$MKOİ/L^3$]
- S_P : İnert mikrobiyal çözünmüş ürün konsantrasyonu, [$MKOİ/L^3$]
- S_S : Kolay ayrılan organik madde konsantrasyonu, [$M KOİ/L^3$]
- S_T : Toplam çözünmüş $KOİ$, [$MKOİ/L^3$]
- X : Aktif biyokütle konsantrasyonu, [$M(Biyokütle)/L^3$]
- X_I : Partiküler inert $KOİ$, [$MKOİ/L^3$]
- X_P : İnert mikrobiyal partiküler ürün konsantrasyonu, [$MKOİ/L^3$]

- X_S : Yavaş ayrıışan organik madde konsantrasyonu, [MKOİ/L³]
 X_T : Reaktördeki toplam biyokütle konsantrasyonu, [MUAKM/L³]
 V_{ml} : Aşılanan biyokütle hacmi [L³]
 V_{ww} : Atıksu hacmi, [L³]
 Y_H : Heterotrofik dönüşüm oranı, [MKOİ/M KOİ]
 Y_{SP} : Çözünmüş ürünün toplam KOİ' ye oranı
 α_D : Çoğalma kökenli çözünmüş inert ürün oluşum katsayısı
 μ : Spesifik çoğalma hızı, [T⁻¹]
 $\bar{\mu}$: Maksimum spesifik çoğalma hızı, [T⁻¹]
 θ_x : Çamur yaşı [T]



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1 TESİS I proses akım şeması (Stone Wash)	16
Şekil 3.2 TESİS II proses akım şeması (Stone Wash)	17
Şekil 3.3 TESİS III proses akım şeması (Stone Wash)	18
Şekil 4.1 Atıksudaki (Girişteki) Toplam KOİ Fraksiyonları	23
Şekil 4.2 Çıkış akımındaki KOİ fraksiyonları dağılımı	23
Şekil 4.3 Spesifik çoğalma hızı ile organik madde konsantrasyonu arasındaki ilişki	25
Şekil 4.4 İçsel solunum modelinin şematik gösterimi	28
Şekil 5.1 İnert KOİ profilleri	33
Şekil 5.2 Karşılaştırmalı metoda göre KOİ profilleri	35
Şekil 5.3 Bileşenlerin OTH Profiline etkisi	38
Şekil 5.4 OTH grafiği ile S_{s0} belirlenmesi	39
Şekil 5.5 OTH profili ile S_{s0} belirleme	40
Şekil 5.6 OTH profili	42
Şekil 5.7 Yüksek F/M oranında elde edilen OTH profili	44
Şekil 5.8 OTH Profili ile $\mu_H - b_H$ ' ın belirlenmesi	45
Şekil 5.9 İçsel solunum hızı, b_H ' ın belirlenmesi	47
Şekil 5.10 Heterotrofik Dönüşüm Oranı, Y_H Bulunması	48
Şekil 7.1 Tesis I (Deney 1)' ait S_s belirleme grafiği	57
Şekil 7.2 Tesis I (Deney 1)'e ait süzölmüş KOİ profili	57
Şekil 7.3 Tesis I' e ait b_H belirleme grafiği	58

Şekil 7.4 Maksimum Çoğalma Hızı, μ_H belirleme grafiği	59
Şekil 7.5 Tesis I' e ait girişteki çözünmüş inert KOİ, S_I belirleme grafiği	60
Şekil 7.6 Tesis I (Deney 1)' e ait deney ve model sonuçları	63
Şekil 7.7 Tesis I (Deney 2)' e ait deney ve model sonuçları	64
Şekil 7.8 Tesis II' ye ait deney ve model sonuçları	64
Şekil 7.9 Tesis III' e ait deney ve model sonuçları	65
Şekil A.1 Tesis I (Deney 1)' ait S_S belirleme grafiği	74
Şekil A.2 Tesis I (Deney 1)' e ait süzölmüş KOİ profili	74
Şekil A.3 Tesis I' e ait b_H belirleme grafiği	75
Şekil A.4 Tesis I' e ait $\mu_H - b_H$ grafiği	75
Şekil A.5 Tesis I' e ait girişteki çözünmüş inert KOİ belirleme grafiği	76
Şekil B.1 Tesis I (Deney 2)' ye ait S_S belirleme grafiği	78
Şekil B.2 Tesis I (Deney 2)' ye ait süzölmüş KOİ profili	78
Şekil B.3 Tesis II' ye ait S_S belirleme grafiği (süzölmüş atıksu)	79
Şekil B.4 Tesis II' e ait süzölmüş KOİ profili	79
Şekil B.5 Tesis II' ye ait $\mu_H - b_H$ grafiği	80
Şekil B.6 Tesis II' ye ait çözünmüş inert KOİ belirleme grafiği	81
Şekil B.7 Tesis II' ye ait S_S belirleme grafiği (ham atıksu)	81
Şekil C.1 Tesis III' e ait S_S belirleme grafiği (Süzölmüş)	84
Şekil C.2 Tesis III' e ait $\mu_H - b_H$ grafiği	84
Şekil C.3 Tesis III' e ait S_S belirleme grafiği (ham)	85

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği' ne göre alıcı ortam deşarj standartları	5
Tablo 2.2 Altkategorilerde atıksu oluşturan işlemler	10
Tablo 2.3 EPA altkategorizasyonuna ait atıksu karakterizasyonu ve su kullanımı	11
Tablo 2.4 Türkiye için uygulanan literatür değerleri	12
Tablo 3.1 İşlemlerin toplam atıksuya göre debi fraksiyonları	19
Tablo 4.1 İçsel Solunum Modelinde karbon giderim mekanizmasının stokiometrisi ve kinetiği	29
Tablo 5.1 Tekstil endüstrisine ait çözünmüş inert KOİ değerleri	36
Tablo 5.2 Tekstil endüstrisi atıksuyunda S_{SO} konsantrasyon ve fraksiyonları	40
Tablo 5.3 Literatürde tekstil endüstrisi atıksularındaki deney sonuçları	49
Tablo 6.1 Çözelti A ve Çözelti B nin bileşenleri	51
Tablo 7.1 Tesis.I' e ait tekil atıksu karakterizasyonu	54
Tablo 7.2 Tesis I' e ait genel atıksu karakterizasyonu	55
Tablo 7.3 Tesis II ve Tesis III' e ait genel atıksu karakterizasyonu	55
Tablo 7.4 Tesis I, Tesis II ve Tesis III' e ait kirlenme profilleri	56
Tablo 7.5 Tesis I (SET 5)' e ait inert çözünmüş KOİ analiz sonuçları	60
Tablo 7.6 Üç tesis için yürütülen deney sonuçları	61
Tablo 7.7 Modellemede kullanılan İçsel Solunum Modeli yaklaşımında karbon giderim mekanizmasının stokiometrisi ve kinetiği	62
Tablo 7.8 İncelenen tesisler için modelden bulunan k_b , K_X ve K_S değerleri	65
Tablo 7.9 Atıksuların KOİ fraksiyonları	66

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 7.10 Atıksulara ait kinetik ve stokiometrik katsayılar	66
Tablo A.1 Tesis I (SET 5)'e ait inert çözünmüş KOİ analiz sonuçları	76
Tablo B.1. Tesis II'ye ait süzölmüş KOİ analiz sonuçları	80



ÖZET

Evsel ve endüstriyel atıksular için tasarlanan biyolojik arıtma sistemleri gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Biyolojik arıtma dizaynında sistemin seçimi, ilk yatırım maliyeti, projelendirme ve işletmede büyük önem taşımaktadır. Son zamanlarda yürütülen çalışmalarda aktif çamurun davranışı çok bileşenli modeller yardımıyla açıklanmaktadır.

Bu çalışmada jean (kot pantolon) yıkama yapan bir tesis sırasıyla atıksu karakterizasyonu, biyolojik arıtılabilirlik ve modelleme çalışmaları kapsamında incelenmiştir.

Birinci bölümde çalışmanın önemi, amaç ve kapsamı belirtilmiştir.

İkinci bölümde Türkiye’ de ve yurt dışında tekstil endüstrisi altkategorileri belirtilmiş ve bu alt kategorilerin atıksu kaynakları ve genel atıksu karakterizasyonu verilmiştir.

Üçüncü bölümde incelenen tesisin özellikleri ve atıksu kaynakları incelenmiş ve tesis ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde arıtılabilirlik bazlı atıksu karakterizasyonu, KOİ bileşenleri ve model yaklaşımının yanında proses kinetiği de açıklanmıştır.

Beşinci bölümde incelenen atıksuyun KOİ bileşenleri ve model parametrelerinin belirlenmesine yönelik yöntemler açıklanmıştır.

Altıncı bölümde uygulanacak deneysel yaklaşım ve deneysel program ele alınmış ve kullanılacak düzenek açıklanmıştır.

Yedinci bölümde, ilk olarak tekil ve kompozit atıksu karakterizasyonu incelenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında KOİ bileşenlerinin yanında modelleme çalışması ile kinetik ve stokiometrik katsayılar saptanmıştır.

Sekizinci bölümde, sonuç ve öneriler sunulmuştur.

BIOLOGICAL TREATABILITY AND MODELLING OF DENIM PROCESS WASTEWATER

SUMMARY

Textile industry has a great importance for both industrialized and developing countries. Due to the complexity of its nature and the large variety of chemicals used in different operations, it is difficult to define a typical wastewater. Therefore, pollution based subcategorization plays an important role in pollution prevention activities concerning the textile mills.

In the first part of the study, subcategorization approaches have been compared with each other and the variability of textile industry subcategories were evaluated in terms of wastewater generation and characterization.

In the second part of the study, three different wastewaters originating from Denim Processing (Stone Wash) - a branch of textile industry - were evaluated with respect to the wastewater flowrate, wastewater characteristics and biological treatability. In the characterization study, experiments were conducted on the grab samples whereas treatability studies were performed on composit samples obtained from the industry.

Within the scope of the study, kinetic and stoichiometric parameters (μ_H , b_H , Y_H) and COD fractions (involving soluble and particulate biodegradable, S_S , S_H , X_S soluble and particulate non-biodegradable S_I , X_I forms) were determined by applying lab-scale experiments to the composit wastewater samples taken from three different types of denim processes. Investigated processes have different water usages and chemical consumptions. The detailed process profiles are given in the third section.

From a modelling point of view, stoichiometric parameters such as half saturation constant K_S , half saturation hydrolysis rate K_X , maximum hydrolysis coefficient, k_h which cannot be estimated by experimental procedures, were assessed by curve fitting on Oxygen Utilization Rate (OUR) profiles. Results obtained from the experiments and modelling studies are given below.

• Determination of Readily Biodegradable COD, S_{S0}

The method of determination of readily biodegradable substrate (S_{S0}) depends upon the observation of OUR profile. OUR profile may be experimentally managed to stay approximately constant during the consumption of S_S and drops to a second plateau when S_S is completely depleted. The readily biodegradable substrate concentration can be calculated from the area under the OUR curve. From the figure 1, ΔO_t reflects the utilization rate when the maximum growth rate is sustained. The readily biodegradable substrate, S_S can be calculated from the equation,

$$S_{s0} = \frac{\Delta O_1}{1 - Y_H} \cdot \frac{(V_{ml} + V_{ww})}{V_{ww}}$$

where

ΔO_1 : mass of oxygen consumed by S_s

V_{ww} : volume of wastewater in the mixture (L^3)

V_{ml} : volume of mixed liquor in the mixture (L^3)

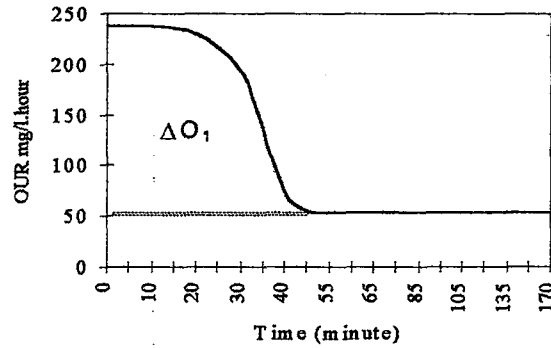


Figure 1 Determination of S_s with OUR profile

- **Determination of the endogenous respiration rate, b_H**

The method of determining b_H depends upon digesting the biomass in an aerated batch reactor and measuring OUR values, periodically. After plotting the change of OUR values with time, b_H can be calculated from the slope (Figure 2).

$$\ln \text{OUR} = \ln [1.42 (1 - f_e) \cdot b_H \cdot X_H] - b_H \cdot t$$

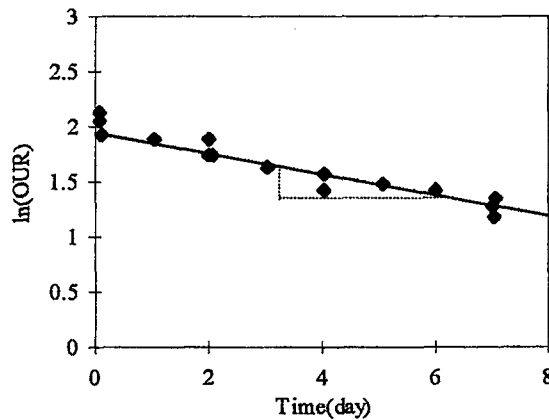


Figure 2 Determination of b_H

- **Determination of maximum specific growth rate, μ_H**

The maximum specific growth rate, μ_H can be determined by means of respirometric measurements at an appropriate F/M ratio. The method which is developed by KAPPELER and GUJER (1992), relies on seeding wastewater with a small amount of

biomass in an aerobic reactor. From the linearized form of the expression, $\mu_H - b_H$ can be determined as,

$$\ln \frac{OUR}{OUR_0} = (\mu_H - b_H) \cdot t$$

The OUR profile that belongs to Plant 1 is given in Figure 3.

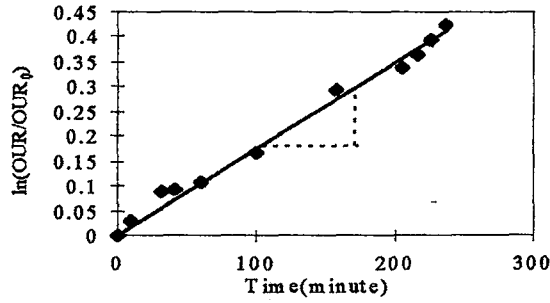


Figure 3 Determination of $\mu_H - b_H$

• The Heterotrophic Yield Coefficient, Y_H

During the OUR assesment of the readily biodegradable substrate determination, soluble COD analysis were performed on filtrate samples. It is assumed that electron acceptor consumption was conducted on readily biodegradable substrate. In this way, Y_H is calculated with the use of following expression,

$$Y_H = 1 - \frac{\Delta O_1 + \Delta O_2}{\Delta COD(sol.)}$$

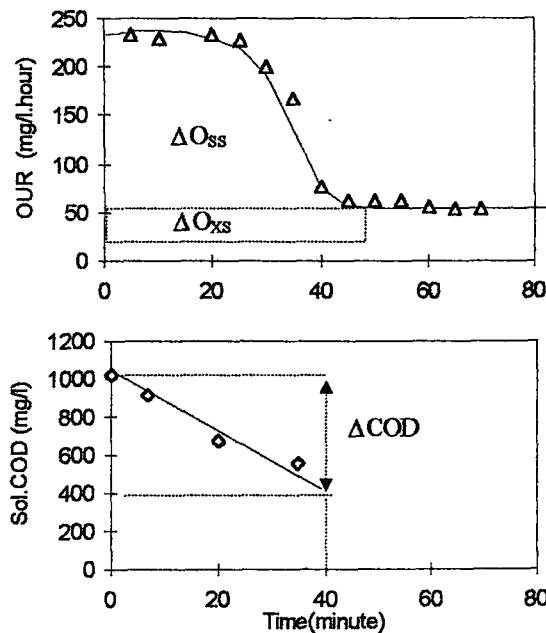


Figure 4 Determination of Y_H

- **Determination of Soluble Inert COD, S_I**

The soluble inert COD, S_I is determined by the procedure proposed by GERMİRLİ *et al.*, (1991). The method depends on the measurement of soluble COD of two aerobic reactors (glucose and wastewater reactor) seeded with the same amount of biomass acclimated to the glucose and wastewater mixture. After observing the soluble COD, the values reach to a plateau after a period of time. The soluble inert fraction can be calculated from the difference between the COD values of the wastewater and glucose reactors at plateau period (Figure 4).

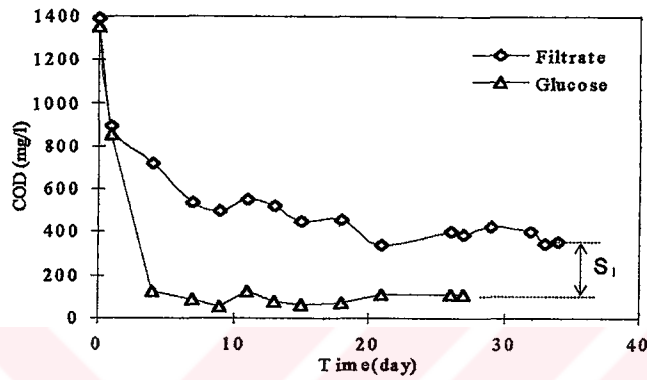


Figure 5 Determination of soluble inert COD, S_I

- **Determination of Slowly Biodegradable COD Fractions, S_{HO} , X_{SO}**

Slowly biodegradable organic fractions, S_{HO} , X_{SO} of total COD are determined from mass balance. This fraction can be calculated from,

$$C_{S0} = S_{S0} + X_{S0}$$

and

$$S_{T0} = S_{S0} + S_{I0} + S_{HO}$$

where

C_{S0} : Total COD (mg/l)

S_{T0} : Total Soluble COD (mg/l)

S_{HO} : Rapidly Hydrolyzable COD (mg/l)

X_{S0} : Slowly Hydrolyzable COD (mg/l)

S_{I0} : Soluble Inert COD (mg/l)

In the modelling approach, slowly biodegradable COD is not differentiated as rapidly and slowly biodegradable COD fractions. Stoichiometric parameters such as K_s , K_x , k_h are determined by curve fitting. Results of characterization of wastewater originated from 3 different stone wash processes are given in Table 1 and Table 2. The COD fractionation, kinetic and stoichiometric coefficients of these 3 processes are shown in Table 3 and Table 4.

Table 1 Wastewater characterization of Process1

Experiment no.	T.COD (mg/l)	Sol. COD (mg/l)	TKN (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TP (mg/l)	pH	Detergent (mg/l)	Alkalinity (mg/l CaCO ₃)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	S ²⁻ (mg/l)	SS (mg/l)	VSS (mg/l)
SET1	2160	1730	40	14	38	7.2	8	620	840	-	16	620	160
SET2	2400	2000	25	7	10	8.6	7.8	560	670	90	20	800	100
SET3	1900	1460	19	4.2	6	8.9	23	880	250	100	35	220	90
SET4	1930	1680	26	9.8	30	7.2	24	530	749	130	16	514	146
SET5	1850	1550	52	15	15	7.3	-	650	990	-	-	-	-
SET6	1230	1000	23	6.3	12	8.9	-	532	-	-	-	-	-
Average	1910	1570	31	9.4	18.5	8.0	15.7	628	699	106	21.8	538	124
Std. Dev.	392	336	12.5	4.4	12.6	0.8	9	132	278	20.8	9.03	243	35

Table 2 Wastewater characterization of Process2 & Process3

No.	T.COD (mg/l)	Sol. COD (mg/l)	TKN (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TP (mg/l)	pH	Detergent (mg/l)	Alkalinity (mg/l CaCO ₃)	Cl ⁻ (mg/l)	SS (mg/l)	VSS (mg/l)
Process II	2400	1700	35	5.6	34	9.3	-	530	-	5000	680
ProcessIII	1940	1650	32	1	35	8.93	4	440	400	350	100

Note: All analysis made on settled wastewater

Table 3 COD fractions of Wastewaters

Process	Tot. C_{T0}	Sol. S_{T0}	S_{S0} (mgCOD/l)	S_{H0} (mg COD/l)	X_{S0} (mgCOD/l)	S_{I0} (mgC/l)	$f_{SS} = S_{S0}/C_{T0}$	$f_{SI} = S_{I0}/C_{T0}$
I	1850	1550	325	995	300	230	0.175	0.124
II	2400	1700	330	1270	700	100	0.138	0.041
III	1940	1650	410	1140	290	100*	0.211	-

* assumed

Table 4 Kinetic and Stoichiometric Coefficient of Investigated Process

Process	μ_H (1/day)	b_H (1/day)	Y_H (mgCOD/mgCOD)	K_S (mgCOD/l)	k_h (1/day)	K_X (mgCOD/mgCOD)
I	3.2	0.14	0.68	20	1	0.16
II	2.7		0.68	6	1.05	0.3
III	4.9		0.68*	20	2.5	0.15

* assumed

For the purpose of comparison it is necessary to mention about the domestic wastewaters. Range of kinetic and stoichiometric coefficient associated with domestic wastewaters are as follows, maximum specific growth rate μ_H , 2.7-6.5/day, half saturation constant K_S , 2.5-30 mg/l, half saturation hydrolysis constant K_X , 0.01-0.8 mgCOD/mgCOD, hydrolysis rate constant k_h , 1-5/day.

The kinetic and stoichiometric coefficients assessed in this study for denim processing wastewaters, are in accordance with the above mentioned coefficients obtained from domestic wastewaters.

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1 ÇALIŞMANIN ANLAM VE ÖNEMİ

Sanayi devriminden günümüze gelene kadar, endüstri dallarının hızla gelişmesi sonucu çevre kirliliği büyük boyutlara ulaşmıştır. Ülkelerin, çevre bilincinden yoksun kalkınma çabaları ve plansız endüstriyel yapılanma geri dönüşmesi mümkün olmayan sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Özellikle sanayi bölgelerinden kaynaklanan suların toplanarak arıtılmadan su ortamına verilmesi ekolojik dengeyi bozmaktadır. Ülkemizde de endüstrilerin denetimsiz ve düzensiz faaliyet göstermeleri su kaynaklarımızı gün geçtikçe kullanılmaz hale getirmektedir.

Ancak, son zamanlarda, çevre bilincinin kazanılmaya başlaması ve bununla ilgili yapılan çalışmalar, kirlenmiş su kaynaklarımızın iyileştirilmesine yönelik olumlu bir adımdır. Su kaynaklarının kirlenmesini engellemek için, evsel ve endüstriyel atıksu arıtım sistemlerinin doğru olarak tasarlanması ve işletilmesi gerekmektedir.

Tekstil endüstrisi teknik gelişmeleri ve iş imkanları yönünden Türkiye ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Ayrıca tekstil endüstrisi toplam endüstriyel üretimin %13 ünü oluşturmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle tekstil endüstrisinde su kullanımı ve atıksu karakterinin değişimi kaçınılmazdır. Bu değişime paralel olarak uygun arıtma alternatiflerinin belirlenmesinde, endüstri tanımının yanında atıksu özelliklerinin bilinmesi büyük önem taşır.

Eskiden beri uygulanan ampirik esaslı tasarım, biyolojik arıtma tesisinin yetersiz olması veya gerektiğinden büyük boyutlandırma durumuna neden olmaktaydı. Uygulanan bu ampirik yaklaşımlar, günümüzde yerini, aktif çamurun karakterini belirten ve yüksek

güvenilirliğe sahip modelleme esaslı tasarıma bırakmaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan, biyolojik arıtmanın temelini oluşturan aktif çamur sistemlerinin endüstriye uygun olarak tasarımı ve işletilmesi için gerekli olan atıksu karakterizasyonunun yanında modellemeyle ilgili parametrelerinin de belirlenmesi gerekmektedir.

1.2 ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI

Bu çalışmanın amacı; Tekstil endüstrisi altkategorizasyonunda yeralan jean yıkama yapan fabrikanın atıksularının konvansiyonel karakterizasyonu, biyolojik arıtılabilirliği kinetik ve stokiometrik katsayılar ile organik madde fraksiyonlarının belirlenmesidir.

Bu amaç doğrultusunda çalışma aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır:

- Tekstil endüstrisi atıksularında kirlilik özelliklerinin belirlenmesi
- İncelenen tesisin özellikleri ve atıksu kaynaklarının verilmesi
- Konvansiyonel atıksu karakterizasyonunun belirlenmesi
- Kirlilik yükünün belirlenmesi
- Aktif çamur sistemlerinde karbon giderimi açısından önemli süreçlerin incelenmesi ve bu süreçlere ait sistem bileşenleri, stokiometrik ve kinetik sabitlerin ölçüm yöntemlerinin verilmesi
- KOİ bileşenlerinin belirlenmesi
- Deneysel ve model çalışmaları yardımıyla kinetik ve stokiometrik katsayıların bulunması
- Deney sonuçlarının bir bütün içerisinde literatür ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve genel değerlendirme

BÖLÜM II

TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARI KİRLİLİK ÖZELLİKLERİ

2.1 TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARINDA ALTKATEGORİZASYON YAKLAŞIMI

Tekstil endüstrisi genel olarak üretim, hammadde, su kullanımı ve teknoloji yönünden farklılık göstermektedir. Bu farklılık endüstriden kaynaklanan atıksu karakteri üzerinde de etkisini büyük ölçüde göstermektedir. Endüstriler, atıksu karakterizasyonu, tesis içi kontrol, proses farklılıkları gibi faktörler gözönüne alınarak bir sınıflandırmaya tabi tutulduğunda, arıtma sistemi seçiminde kolaylıklar sağlanacaktır. Arıtma kademelerinin belirlenmesinden sonra endüstrilerin sağlaması gereken standartlar oluşturulabilir. Bu yaklaşım, kirlenme bazlı altkategorizasyonun amacını oluşturmaktadır (TÜNEY ve diğ., 1984).

Alt kategorizasyon yapılırken üretim proses ile ilgili değerlendirmelerin yanında atıksu karakterine ait tüm faktörler de dikkate alınmalıdır. Kirlenme bazlı alt kategorizasyon için gözönüne alınacak faktörler aşağıda belirtilmiştir (TÜNEY ve diğ., 1984).

1. Üretim Teknolojisi
2. Ürün Cinsi
3. Hammadde
4. Su Kullanımı
5. Tesis Büyüklükleri
6. Tesis Yaşı, Verimleri
7. Personel Durumu
8. Atıksu Özellikleri
9. Atıksu Arıtma Teknolojisi

10. Yatırım Maliyetler

11. Diğer Kirleticilerin Durumu

Tekstil endüstrisinde atıksu miktarı ve karakterini etkileyen en önemli faktör hammadde kullanımıdır. Bu hammaddeler pamuk, yün gibi doğal elyaflar ile suni olarak elde edilen elyaflar ve bunların karışımından oluşmaktadır. Atıksu miktar ve karakterini etkileyen diğer önemli faktör, kimyasal maddeler ve su kullanımındaki değişikliklerdir (GERMİRLİ ve diğ. , 1990).

Endüstriye ait bilgilerle altkategorizasyonun oluşturulmasında kullanılan metodların başında işlenen elyafın cinsine (yün, pamuk ve sentetik elyaf) göre sınıflandırma gelmektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği' ne göre tekstil sanayi atıksuları yedi altkategoriyeye ayrılmaktadır.

1. Açık Elyaf, İplik Üretimi ve Terbiye
2. Dokunmuş Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri
3. Pamuklu Tekstil ve Benzerleri
4. Yün Yıkama, Terbiye, Dokuma ve Benzerleri
5. Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri
6. Halı Terbiyesi ve Benzerleri
7. Sentetik Tekstil Terbiyesi ve Benzerleri

Bu altkategorilere ait atıksuların alıcı ortam deşarj standartları aynı yönetmelik içinde Tablo 2.1' de verilmektedir.

Tekstil endüstrisinin kullanılan hammaddeler, son ürünler, su kullanımı ve atıksu özelliklerinin benzerlikleri gözönüne alınarak, EPA (Environmental Protection Agency)' ya ait tekstil endüstrisi altkategorileri aşağıda verilmiştir (EPA, 1978).

1. Yapağı Yıkama Altkategorisi
2. Yünlü Kumaş Son İşlemleri
3. Az Su Kullanılan İşlemler

Tablo 2.1 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği' ne göre alıcı ortam deşarj standartları (2 saatlik kompozit)

Parametre	Birim	Açık Elyaf, İplik Üretimi ve Terbiye	Dokunmuş Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri	Pamuklu Tekstil ve Benzerleri	Yün Yıkama, Terbiye, Dokuma ve Benzerleri	Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri	Halı Terbiyesi ve Benzerleri	Sentetik Tekstil Terbiyesi ve Benzerleri
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	(mg / lt)	80	90	90	200	50	120	100
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg / lt)	350	400	250	400	300	300	400
Toplam Askıda Katı Madde	(mg / lt)	-	140	160	400	-	160	-
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	(mg / lt)	5	5	5	5	5	5	-
Serbest Klor	(mg / lt)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-
Toplam Krom	(mg / lt)	2	2	2	2	2	2	-
Sülfür (S ²⁻)	(mg / lt)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Çinko (Zn ²⁺)	(mg / lt)	-	-	-	-	-	-	1
Sülfid	(mg / lt)	1	1	1	1	1	-	12
Fenol	(mg / lt)	-	1	-	-	1	1	-
Yağ ve Gres	(mg / lt)	10	-	10	200	10	10	-
Balık Biyodenyi (ZSF)	(-)	4	4	4	-	-	-	3
pH	(-)	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9

4. Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri
5. Örgü Kumaş Son İşlemleri
6. Halı Üretimi Son İşlemleri
7. Stok ve Elyaf, Boyama ve Son İşlemleri

Halı üretimi dışında tüm yünlü kumaş işlemleri 1. ve 2. kategoriler; pamuk ve sentetik üretimi 3., 4., 5. ve 7. kategoriler, halı üretimi de 3. ve 6. kategorilerin kapsamındadır. Her bir alt kategoride yapılan işlemler aşağıda açıklanmıştır(GÖKNİL ve diğ., 1981).

1. Yapağı Yıkama Altkategorisi

Tekstil endüstrisinin bu altkategorisi, ham yün elyafı ve diğer hayvan kıllarının temizlendiği tesisleri kapsar. Diğer altkategorilerinden farklı bir özellikte olup yün elyafı ve hayvan kıllarının önemli ölçüde bir ön temizlemeyi gerektirmesinden dolayı yapak yıkama, kendine özgü bir özellik taşımaktadır. Bu proseste ham yapağı iplik üretimine sokulmadan önce yıkanmalıdır. Pamuk veya sentetikler bu aşamada yıkanmazlar.

2. Yünlü Kumaş Son İşlemler Altkategorisi

Bu altkategori, yün elyafı, diğer hayvansal kıl veya yün elyafı-hayvansal kıl karışımı kumaşlara ağartma, yıkama, boyama, ateşe dayanıklı hale getirme, güve yemelik, v.b. işlemlerden birinin uygulanmasını kapsar. Karbonizlemenin yer aldığı terbiye de bu altkategori kapsamındadır. Yünlü kumaş son işlemleri değişken kimyasal kullanımı ve yüksek kirlilik yükü oluşturması nedeniyle ayrı bir kategori olarak ele alınmıştır. Bu altkategoride kendine has tekstil boyaları kullanılmaktadır. Bu altkategoriyeye giren endüstrilerin atıksularında boyalardan kaynaklanan krom'un bulunması mümkündür. Yapağı yıkama, yün elyafında bulunan istenmeyen maddeleri gidermek için uygulanır. Yıkamadan sonra suya ortamına geçecek ot, saman, yem, tohum, diken, gübre, koyunun kendi dışkı maddeleri, kum, toprak, hayvanların tanınması için kullanılmış olan katran, boya ve yapıştırıcı maddeler ile hayvanları hastalık veya haşerelere karşı korumak için kullanılmış olan ilaçlı maddeler kirlilik yaratmaktadır.

3. Az Su Kullanılan İşlemler Altkategorisi

Bu altkategori, iplik yapımı, dokuma, kumaş emprenyeleme, lastik kordu ve kord bezi emprenyeleme, halı tafting, halı tabanı yapımı gibi çok çeşitli kuru işlemleri kapsar. Bu altkategoride esas atık kaynağı işlemlerde kullanılan donanımdan sızma sonucu oluşan atıksu ve yıkama sularıdır.

4. Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri Altkategorisi

Bu altkategori atıksu yükü bakımından tekstil endüstrisinin önemli bir alt kategorizasyonunu oluşturmaktadır. Dokunmuş kumaşlara uygulanan haşıl sökme, yıkama, ağartma, merserize, boyama, basma, apre gibi işlemleri kapsar. Dokuma işlemi esnasında çözgü ipliklerinin yüzeyindeki elyaf uçlarını yatırarak tüylenmeyi önlemek, iplik yüzeyini kaplayarak sürtünmeden dolayı zedelenmeyi azaltmak ve iplik bünyesine girerek mukavemet ve elastikiyeti arttırmak için yapılan haşılama işleminde ipliklere tatbik edilen haşıl maddesi ile birlikte küf gidericiler, mantar öldürücü ilaçlar gibi önceden koruyucu amaçla kullanılmış kimyasal maddeler ve diğer yabancı maddelerin uzaklaştırılması için haşıl sökme diye tanımlanan işlem uygulanır.

5. Örgü Kumaş Son İşlemleri Altkategorisi

Bu altkategori, çoğunluğu örgü olan pamuklu veya sentetik kumaşlara uygulanan yıkama, ağartma, boyama, basma, apre işlemlerini kapsar. Dokunmuş kumaş son işlemlerinden farkı, haşılama, haşıl sökme ve merserizasyon işlemlerine gerek duyulmamasıdır. Bu sebeplerde dolayı kirlilik yükü daha az olmaktadır.

6. Halı Üretimi Son İşlemleri Altkategorisi

Halı üretiminde bazı yün ve pamukluların dışında genellikle sentetik iplik (nylon, akrilik, polyester) kullanılmaktadır. Bu kategori, tekstil esaslı halılara uygulanan yıkama, ağartma, boyama, basma ve apre işlemlerini kapsamaktadır. İşlemin çoğunluğu halı terbiyesi olup, halı tafting, halı tabanı yapımı veya iplik boyama işlemleri de bulunan tesisler bu altkategori kapsamındadır.

Sadece halı tafting ve/veya halı tabanı yapan işletmeler ise az su kullanılan işlemler altkategorisi kapsamındadır. Bazı fabrikalar halı tabanının kaplanması işlemini aynı yerde veya fabrika dışında yapmaktadır.

7. Stok ve Elyaf Son İşlemler Alt kategorisi

Elyaf boyama son işlemlerinde, dokunmuş kumaş son işlemlerinden farklı olarak, haşılama ve haşıl sökme yoktur. Su kullanımı ve merserizasyon işleminden dolayı örgü kumaş son işlemlerinden farklılık gösterir. Bu kategori, elyafın yıkama, boyama ve son işlemlerini içerir. Dikiş ipliği, tekstil ve halı elyafı esas üretimi oluşturur. Elyaf, doğal, sentetik ve bunların karışımından elde edilmektedir. Yıkama, temizleme, ağartma, merserizasyon, boyama ve son işlemleri bu altkategoride yer almaktadır.

Tekstil endüstrisi altkategorilerinde yapılan işlemler genel olarak aşağıda verilmiştir.

Ön terbiye : Malzemenin görünümünü güzelleştirmek ve çırcırlama sırasında pamuk liflerinin içerisine giren yaprak, yağ, mum, parafin gibi maddeleri yabancı maddeleri uzaklaştırmak için yapılır.

Haşılama : Pamuk elyaflarının dokunma esnasında sağlamlık kazanması için üzerinin nişasta veya benzeri bir maddelerle kaplanmasıdır.

Haşıl Sökme : Haşılama işleminden sonra kumaşa diğer işlemlerin (boyama, ağartma vb.) uygulanabilmesi için haşıl sökme işlemi yapılmalıdır. Bu maddelerin büyük bir kısmı suda çözünmediklerinden asit veya enzimle haşıl sökme işlemleri uygulanır.

Ağartma : Kumaşa parlaklık özelliğinin verilmesidir. Yünlü kumaşlar için yalnız açık tonlarda boyanacak kumaş, trikotajlara uygulanır.

Merserizasyon : Bu işlemin esas kumaşın veya elyafın (iplik) kuvvetli bir bazık çözeltiyle ısılatmak ve uygulanan işlem sırasında veya sonra germektir. Bu işlem malzemeye parlaklık kazandırmak için yapılır.

Apré-ikmal : Kumaşa istenilen özelliğın kazandırılması için yapılan işlemlerdir (Su geçirmezlik, buruşmazlık, ateşe dayanıklılık, metal kaplama, saydamlık , çekmezlik vb). Yünlü kumaşta ise keçeleşme özelliğının engellenmesidir.

Karbonizasyon : Kirli yün liflerinde bulunan bitkisel artıkların yıkama ve diğér işlemler dırasında giderilemeyen kısmının uzaklaştırılması için yapılan işleme karbonizasyon (kömürleştirme) denir. Malzemenin inorganik asitlerle veya ısıtılınca asidik özellik gösteren tuzlarla yüksek sıcaklıklarda işlem görmesidir.

Dinkleme : Yün liflerinin keçeleşme özelliğinden faydalanılarak kumaşın görünüm ve formun verilmesidir. Yağlı kumaş ve yıkanmış kumaş dinklemesi olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.2 TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSU KAYNAKLARI VE KARAKTERİ

EPA (Environmental Protection Agency) tarafından verilen tekstil endüstrisinde atıksu oluşturan işlemler Tablo 2.2' de verilmektedir. Tablo 2.3' de altkategoriler için atıksu karakterizasyonu ve su kullanımı gösterilmektedir.

Türkiye' de tekstil endüstrisi için yapılan çalışmalardan elde edilen karakterizasyon, Tablo 2.4' te özetlenmiştir. Oluşturulan bu kategorizasyonda bu çalışmanın konusu olan jean yıkama işlemi ayrı bir alt kategori olarak ele alınmıştır. Esas olarak incelenen tesis dokunmuş kumaş son işlemleri alt kategorisinde yer almaktadır (Tünay ve diğ., 1994).

Bu çalışma kapsamında incelenen jean yıkama tesisi, daha önce belirtilen tekstil endüstrisi altkategorilerinden birine dahil edilememektedir. Bu tesisin üretimini de gözönüne alarak yeni bir altkategorizasyon yaklaşımı gerekmektedir.

Tablo 2.2 Altkategorilerde atıksu oluşturan işlemler (EPA, 1978)

Altkategoriler	İşlemler
1-Yapağı Yıkama	Yıkama Durulama
2-Yünlü Kumaş Son İşlemler	Boyama Ağartma Yıkama Durulama Karboniz ve Yıkama Dinkleme ve Yıkama
3- Az Su Kullanılan İşlemler	Haşılama
4- Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri	Haşıl Sökme Pişirme - Yıkama Merсерize- Yıkama Ağartma - Yıkama Boyama - Yıkama Basma Apre - İkmal
5- Örgü Kumaş Son İşlemleri	Yıkama Pişirme- Ağartma Boyama Basma Apre - İkmal
6- Halı Üretimi Son İşlemleri	Boyama veya Baskı Kurutma Lateks Kaplama
7- Stok ve Elyaf Son İşlemleri	Boyama Ağartma Merсерizasyon Yıkama

ORHON ve diğ. (1996) tarafından yapılan bir çalışmada, jean yıkama işleminin de bulunduğu bir altkategorizasyon tanımlanmıştır (Tablo 2.4). Ayrıca, bu altkategorizasyonda jean yıkama işlemlerinin esas olarak Dokunmuş Kumaş Son İşlemlerinde yer aldığı belirtilmektedir.

Tablo 2.3 EPA Alt kategorizasyonuna ait atıksu karakterizasyonu ve su kullanımı (EPA, 1978)

Alt kategori Parametre	Yapağı Yıkama	Yünlü Kumaş Son İşlemler	Az Su Kullan. İşlemler	Dokunmuş Kumaş Son İşl.	Örgü Kumaş Son İşlemleri	Halı Üretimi Son İşlemler	Stok ve Elyaf Son İşlemler
KOİ (mg/l)	30000	1040	1000	1200	1000	1000	800
AKM (mg/l)	8000	130	200	300	300	120	75
Yağ Gres (mg/l)	5500	-	-	14	53	-	-
Top. Krom(mg/l)	0.05	4	0.014	0.04	0.05	0.42	0.27
Fenol (mg/l)	1.5	0.5	-	0.04	0.4	0.13	0.12
Sülfide (mg/l)	0.20	0.1	-	3	0.20	0.14	0.09
pH (unit)	8.0	7	10	10	8	8	11
Sıcaklık (°C)	28	60	21	37	40	20	38
Su Kullanımı (m ³ /kg)	35	35	12	112	150	70	150

Tablo 2.4 Türkiye için uygulanan literatür değerleri (ORHON ve diğ., 1996)

	Ortalama Konsantrasyon (mg/l)						
	KOİ	BOİ	AKM	Yağ Gres	Cr	Fenol	S ²⁻
Yün Yıkama	9000	3000	4000	3000	-	-	-
Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi	1200	300	200	-	-	-	1.0
Örgü Kumaş Son İşlemleri	1000	350	300	53	0.5	0.24	0.2
Stok ve İplik Son İşlemleri	1200	500	40	100	5.0	-	2.0
Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri	1200	650	300	14	0.04	0.04	3.0
Halı Son İşlemleri	2000	700	100	30	0.005	0.001	0.002
Dokusuz Yüzeyli Kumaş İşlemleri	3850	1230	80	-	-	-	-
Jean Yıkama İşlemi	1000	300	300	-	-	-	-

BÖLÜM III

İNCELENEN TESİSİN ÖZELLİKLERİ VE ATIKSU KAYNAKLARI

3.1 TESİSİN ÜRETİMİ

Bu çalışmada, jean yıkama yapan bir tesisin atıksuları üzerinde çalışılmıştır. Pamuklu dokumadan çıkmış ve indigo boya (bitkisel kökenli) ile boyanmış kot pantolonları kullanan tesiste taşlama (Stone Wash) ve/veya ağartma (Bleach) işlemi yapılmaktadır.

Dışarıdan hazır olarak gelen kotlar çeşitli kimyasal ve fiziksel işlemlerden geçirilerek ticari mal haline getirilip paketlenmektedir. Kotlara, müşteri talebine göre aşağıdaki işlemlerden biri uygulanmaktadır.

- Yıkama

Pantolonlar sadece taşlama (Stone Wash) işleminin birinci adımı uygulanarak kot pantolonların temizlenmesi sağlanmaktadır. Sıcak ve soğuk suyla yıkayıp, suları büyük sıkma makinalarında sıkıldıktan sonra kurutulmaktadır. Bu işlemlerden sonra ütülenip paketlenmektedir.

- Taşlama (Stone Wash)

Taşlama işleminde kot pantolonlar üzerinde Ön yıkama, Taşlama ve Son Durulama prosesleri uygulanmaktadır. İşlemler, aynı makinalarda doldur-boşalt sistemine göre gerçekleştirilmektedir. Ön yıkamada amaç, pamuklu kumaşın dokuma safhasında kaplandığı hasılın enzimler ve sıcaklık yardımıyla sökülmesidir. Bu işlem büyük çamaşır makinalarında gerçekleştirilmektedir. Pantolonların yıkanması sırasında makinalardan, iki kez atıksu boşaltılmaktadır. Enzimlerin ve kimyasalların kullanıldığı

ilk adımı izleyen soğuk yıkama işleminden sonra kotlar makinalardan çıkarılıp taşlamaya tabi tutulmaktadırlar.

Prosesin ikinci adımını oluşturan Taşlama işleminde amaç kotlara “taş efektinin” verilmesidir (ağartma). Taş efektinin yaratılabilmesi için ponza taşı adı verilen porozitesi yüksek bir taş gerekli enzimlerle birlikte kullanılmaktadır. Makinalara konan ponza taşı aşınıp tükenene kadar defalarca kullanılmaktadır. Her taşlama işleminde, taşın ufalanma özelliğine bağlı olarak ortalama 30 kg ağırlığında 3 kova ponza taşı kullanılmaktadır. Yıkama işlemi, önyıkamada olduğu gibi sıcak (55°C) ve soğuk olarak gerçekleştirilmektedir. Bu işlemden sonra çıkarılan kotlar Son Durulama işlemi için başka makinalara alınır.

Son durulama işleminde kumaşın üzerinde kalmış iplik, taş parçası gibi artık maddeler giderilmekte ve pantolon giyilebilecek hale getirilmektedir. Bu işlem sıcak ve soğuk suyla deterjan, yumuşatıcı kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Tesis II' ye ait durum haricinde genelde 3 kez atıksu oluşmaktadır. Tesisin maksimum ürün işleme kapasitesi yaklaşık günde 4000 pantolondur. Sıkma makinalarından kaynaklanan atıksu miktarı çok az olduğu için ihmal edilmiştir.

- Ağartma (Bleach)

Ağartma, taşlama (stone wash) prosesinde olduğu gibi 3 ardışık adımdan oluşmaktadır. Taşlamadan farkı ise sadece son durulama adımında hipoklorit ve metabisülfite kullanılarak, kotların renginin açılmasıdır.

Yukarıda adı geçen proseslerden sonra kot pantolonlara, sıkma makinalarında kurutulduktan sonra buharla şişirilerek form verilmektedir. Kotlar daha sonra ütülenip koliler halinde paketlenmektedir.

Günde ortalama 5-6 kez üretim yapılmakta ve sistem kesikli çalışmaktadır. Fabrikada aktif olarak çalışan 5 yıkama makinası, 2 sıkma makinası, 3 kurutma makinası yer almaktadır. Tesiste 65 işçi bulunmakta ve işçiler iki vardiya olarak çalışmaktadır.

Sabah vardiyası saat 10:00, akşam vardiyası saat 21:00 de başlamaktadır. Enerji doğal gazdan sağlanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, sadece taşlama (Stone Wash) prosesinden kaynaklanan atık sular üzerinde çalışılmıştır. Müşteri talebine göre taşlama işleminde kullanılan kimyasal maddelerde ve/veya uygulanan işlemlerde değişiklik yapılmaktadır. Üç değişik işletme durumunda oluşan atıksular üzerinde deneyler yapılmıştır (Şekil 3.1), (Şekil 3.2), (Şekil 3.3).

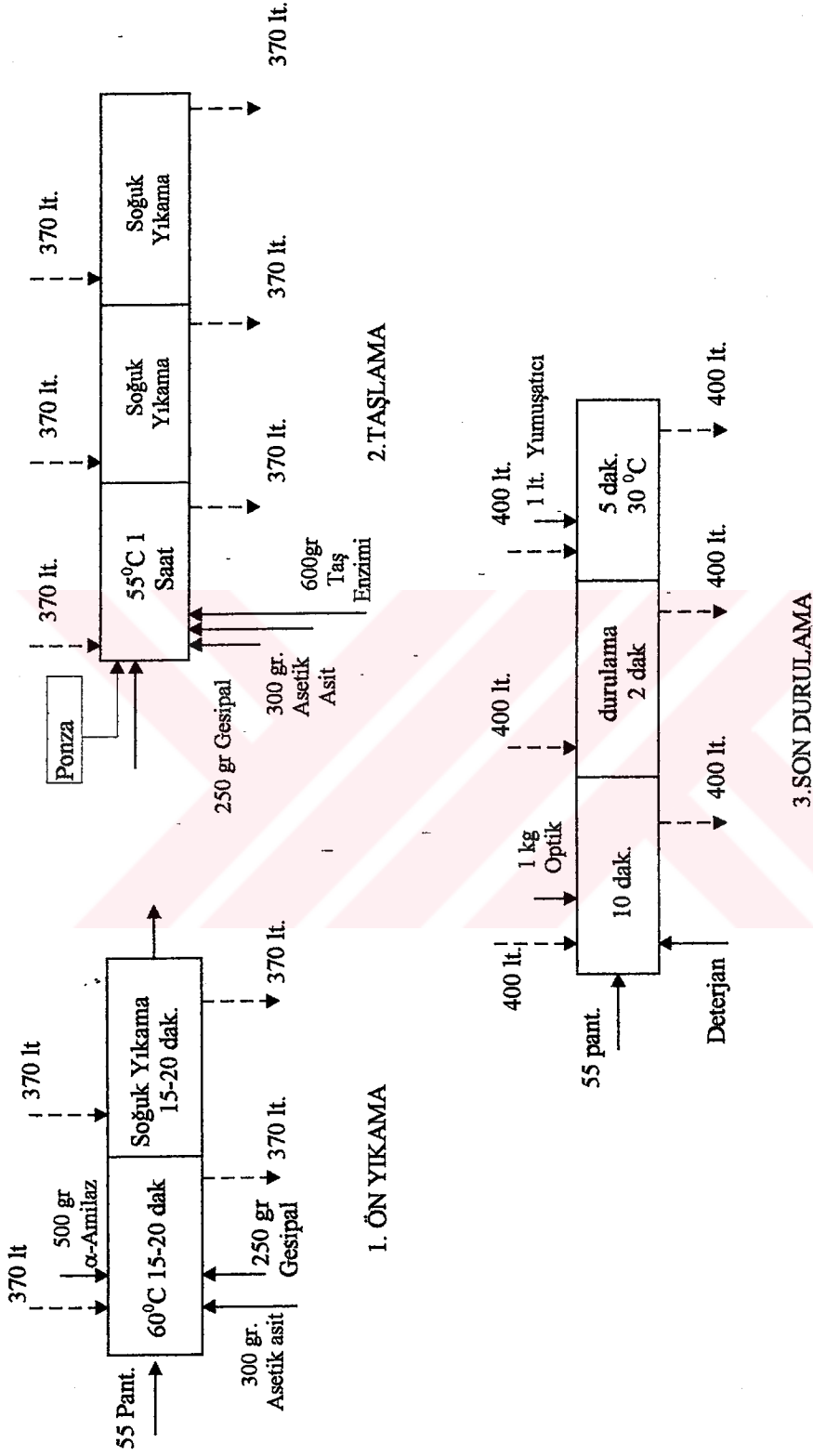
3.2 ATIKSU OLUŞUMU

Fabrikada Taşlama (Stone Wash) işleminin kimyasal madde ve su kullanımı yönünden farklılık gösteren 3 şekli Tesis I, Tesis II ve Tesis III adı altında ele alınmaktadır. Her tesis önyıkama, taşlama ve son durulama işlemlerine sahiptir.

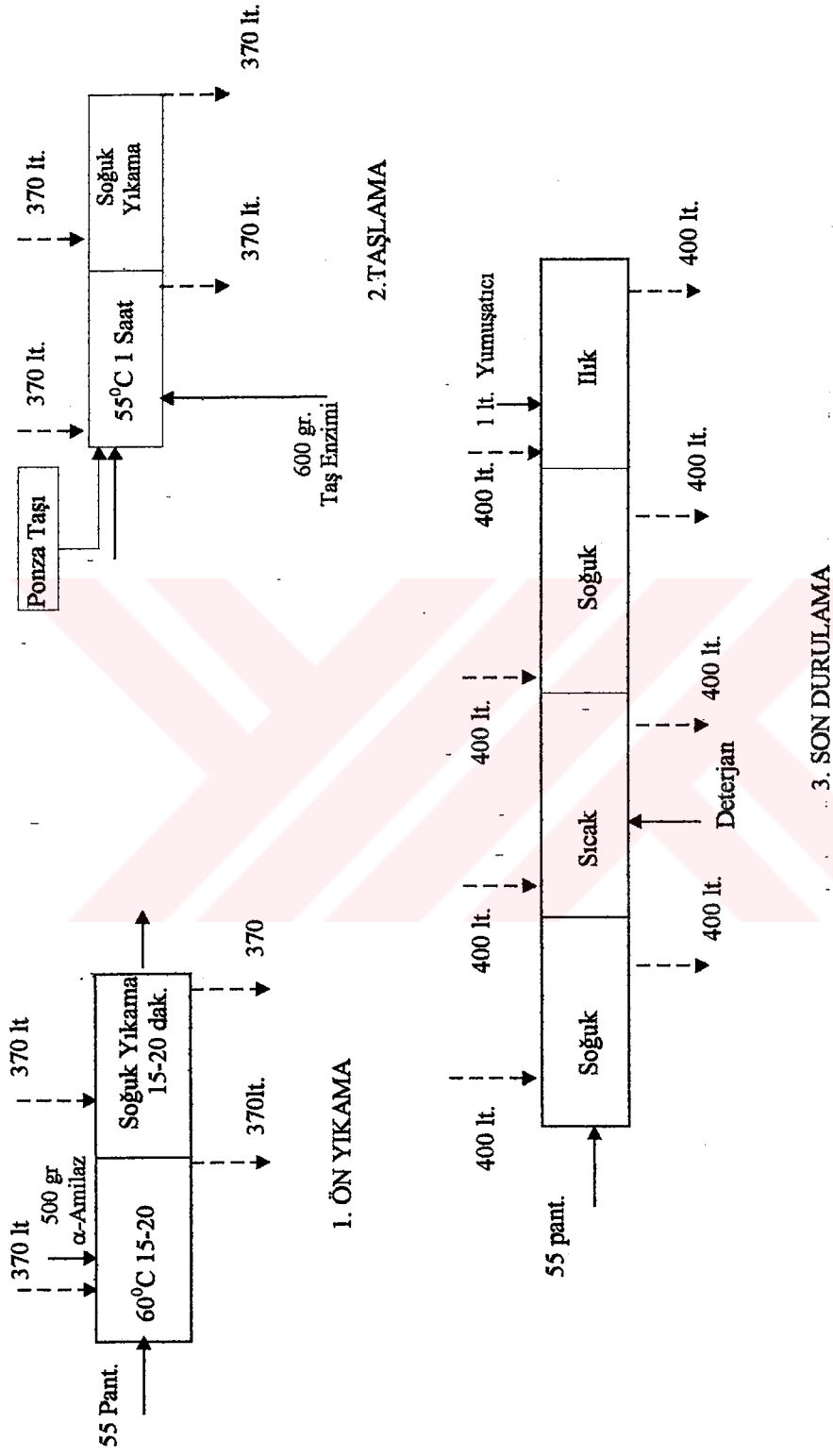
İncelenen Tesis I' in ön yıkama işleminde makinalardan atıksu 2 defa 370' er litre olmak üzere boşaltılmaktadır. Kimyasal madde olarak asetik asit, ve haşıl sökücü özellikte Gesipal ve amilaz enzimleri kullanılmaktadır. Taşlamada atıksu 3 kez kaynaklanmakta ve kimyasal madde olarak gesipal, asetik asit, kumaşın rengini açan taş enzimi, ponza taşı ile birlikte kullanılmaktadır. Son durulama aşamasında da atıksu 3 defa (400' er lt) oluşmakta, deterjan, yumuşatıcı ve malzemeye parlaklık kazandıran optik adı verilen kimyasal madde kullanılmaktadır.

Tesis II' nin ön yıkama işleminde de makinalardan atıksu 2 defa 370' er litre olmak üzere boşaltılmaktadır. Ön yıkamada amilaz enzimi Tesis I' e benzer olarak yüksek sıcaklıkta kullanılmaktadır. Taşlamada atıksu 2 kez kaynaklanmakta ve kimyasal madde olarak kumaşın beyazlatan taş enzimi, ponza taşı ile birlikte uygulanmaktadır. Son durulama aşamasında da atıksu 4 defa (400' er lt) oluşmakta, deterjan, yumuşatıcı kullanılmaktadır.

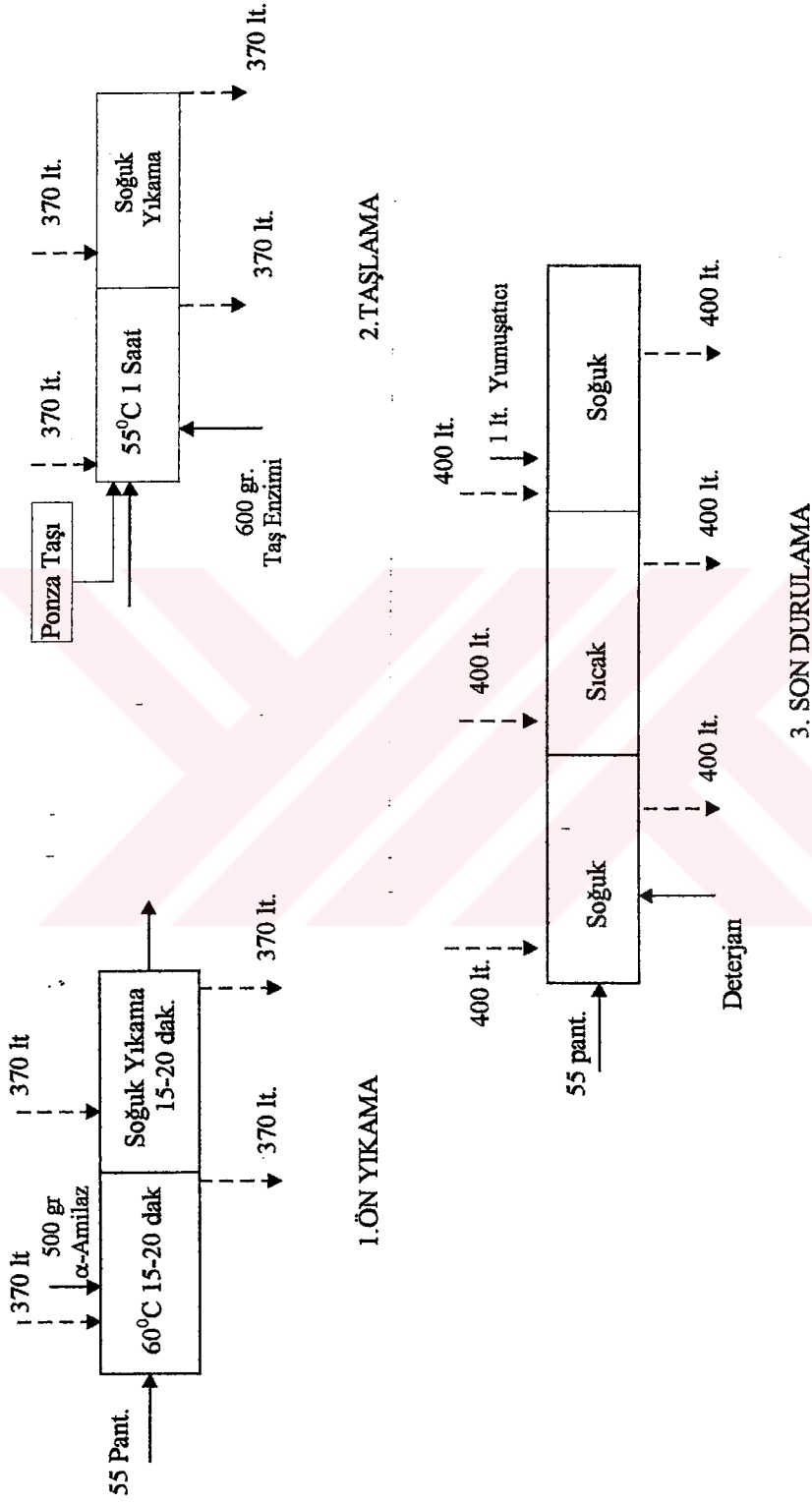
Tesis III' e ait ön yıkama işleminde ise atıksu 2 defa 370' er litre olmak üzere boşaltılmaktadır. Ön yıkamada da amilaz enzimi Tesis I' e benzer olarak yüksek



Şekil 3.1 TESİS I proses akım şeması (Stone Wash)



Şekil 3.2 TESİS II proses akım şeması (Stone Wash)



Şekil 3.3 TESİS III proses akım şeması (Stone Wash)

sıcaklıkta kullanılmaktadır. Taşlama işleminde atıksu 3 kez kaynaklanmakta ve kimyasal madde olarak taş enzimi, ponza taşı ile birlikte kullanılmaktadır. Son durulama aşamasında da atıksu 3 defa (400' er lt) oluşmakta ve kimyasal madde olarak deterjan, yumuşatıcı kullanılmaktadır.

Fabrikada proseslerden kaynaklanan atıksular kanallar yardımıyla sadece proses atıksularının biriktiği bir fosseptikte toplanmaktadır. Atıksu, vidanjörler yardımıyla belediyeye ait arıtma tesisine götürülmektedir. Mutfak ve tuvaletlerden kaynaklanan atıksular ayrı bir fosseptikte toplanmaktadır

İncelenen 3 tesisin kapsamında, ön yıkama, taşlama, son durulama kademelerinde oluşan atıksuların toplam atıksuya göre oranları Tablo 3.1' de verilmektedir.

Tablo 3.1 İşlemlerin toplam atıksuya göre debi fraksiyonları

Tesis Proses	TESİS I	TESİS II	TESİS III
I. Yıkama	% 25	% 24	% 28
Taşlama	% 36	% 24	% 28
Son Durulama	% 39	% 52	% 44
Toplam Debi (lt / 55 pantolon)	3050	3080	2680

BÖLÜM IV

KAVRAMSAL YAKLAŞIM

4.1 ATIKSU KARAKTERİZASYONU

4.1.1 Konvansiyonel Atıksu Karakterizasyonu

Biyolojik arıtma sistemlerinde verim, giderimi istenen organik maddenin giriş ve çıkış konsantrasyonlarının ölçülmesiyle hesaplanır. Organik maddenin kompleks ve ölçüm yöntemlerinin kısıtlı olmasından dolayı, giderilmesi amaçlanan bu maddelerin konsantrasyonlarının bireysel ölçülmesi oldukça zordur.

Biyokütle tarafından metabolize edilen organik maddelerin kolay bir şekilde ölçülebilmesi için bu maddelerin kollektif olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı metabolize edilecek olan organik maddelerin ölçümünde Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI_5), Toplam Organik Karbon (TOK), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOD) gibi spesifik olmayan analiz metodları kullanılabilir.

Toplam Organik Karbon (TOK) deneyi; atıksu içinde bulunan organik maddenin oksidasyonu ile ortaya çıkan karbondioksit gazının standart NaOH (kostik) çözeltisinde tutulup titrimetrik yöntemlerle ölçülmesi esasına dayanır. Bu yöntem iki dezavantaja sahiptir. Bunlardan birincisi biyolojik arıtmaya girecek organik maddenin oksidasyon kademesi hakkında bir bilgi vermemektedir. İkincisi ise, biyolojik olarak metabolize edilebilen ve edilemeyen organik maddeler arasında bir ayırım yapamaz.

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI_5) deneyi; atıksu ortamındaki biyolojik olarak ayrıştırılabilen organik maddelerin aerobik heterojen mikrobiyal topluluk tarafından stabilize edilmeleri için gerekli olan oksijen miktarının ölçülmesi esasına

dayanmaktadır. BOİ₅ deneyi, organik maddenin biyolojik olarak yükseltgenmesinin 5 günde tamamlandığı varsayıldığından, atıksuyun organik madde içeriğini tamamen yansıtmaz. Ayrıca, deneyde kullanılan aşı mikroorganizmanın atıksuya aklimasyon olmamasından dolayı ve atıksuyun içinde bulunan mikroorganizmalar üzerinde inhibitör özellikteki maddelerin bulunması negatif hataya sebep olmaktadır. Bununla birlikte, deney sıcaklık ve ortam özelliklerine göre değiştiğinden, biyolojik arıtma sistemlerinin dizayn ve işletmesinde kullanırlılığı azdır.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) deneyi; atıksudaki bir maddenin organik kısmının düşük pH ve kaynama sıcaklığında iki saat süreyle kuvvetli bir oksitleyici tarafından yükseltgenmesi esasına dayanır. Oksitlenen organik madde de oksijen eşdeğeri cinsinde ölçülmektedir. KOİ deneyinin dezavantajı organik maddenin mikroorganizmalar tarafında biyolojik olarak ayrıştırılıp ayrıştırılamayacağı konusunda bilgi vermemektedir. Biyolojik olarak inert olarak adlandırılan bazı maddelerin Cr^{6+} yı indirgemeleri pozitif hataya, biyolojik olarak ayrıştırılabilen bazı aromatik yapıdaki hidrokarbonların Cr^{6+} ile reaksiyona girmemeleri negatif hataya neden olmaktadır.

Biyolojik arıtma sistemleri dizaynında ve deneysel çalışmalarda genellikle Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) deneyi kısa sürdüğünden, substrat biyokütle ve oksijen arasındaki elektron alış verişini ve organik madde içeriğini verimli olarak yansıttığından diğerlerine göre tercih edilmektedir.

4.1.2 Arıtılabilirlik Bazlı Atıksu Karakterizasyonu

Yakın geçmişte, yalnız tekli substrat ve biyokütle üzerine kurulmuş olan iki bileşenli aktif çamur modelleri, artık yerini aktif çamurun yapısını daha güvenilir yansıtan çok bileşenli modellere bırakmaktadır.

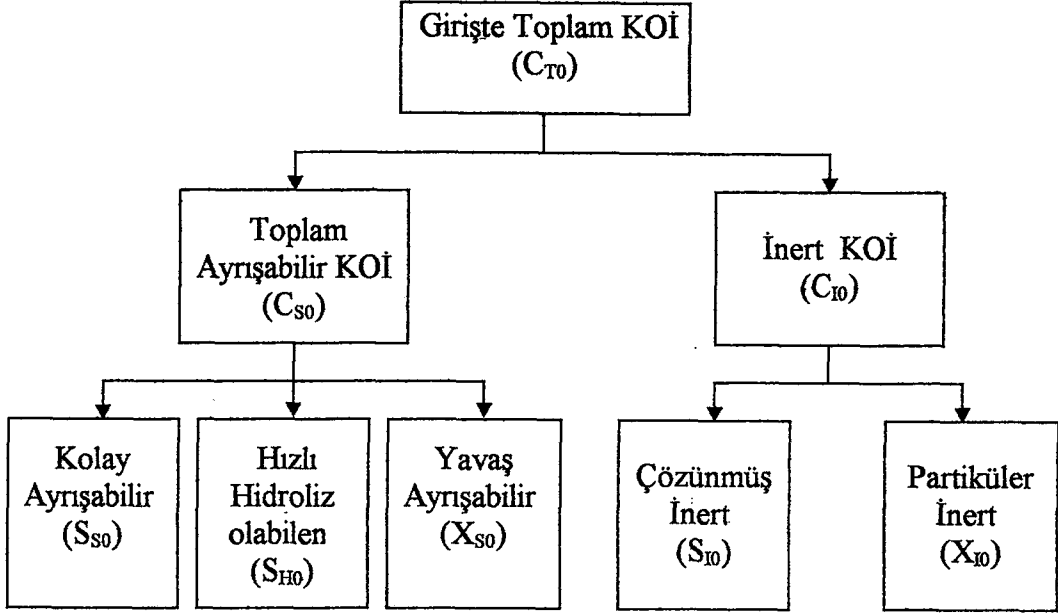
Biyolojik olarak ayrışabilir ve inert maddeler arasında bir ayırım yapamamasına karşın, biyokütle ve elektron eşdeğeri cinsinden çözünmüş oksijen arasında uygun ilişkiler kurulabilmesini sağladığından, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) parametresi fraksiyonların belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Organik karbonu karakterize eden KOİ parametresi, biyolojik olarak farklı ayrışabilme özellikleri gösteren kısımlardan oluşmuştur. Bu durumda, toplam KOİ, C_{TO} , toplam ayrışabilir ve inert KOİ olarak iki kısma ayrılmaktadır. Biyolojik olarak ayrışamayan ya da inert KOİ, S_{IO} , reaktördeki biyokimyasal reaksiyonlardan etkilenmeksizin biyolojik arıtmaya girdiği gibi çıkarken, partiküler inert KOİ, X_{IO} , aktif çamur tarafından bünyesine alınır ve birikime uğrar, atılan çamur ise sistemden ayrılır.

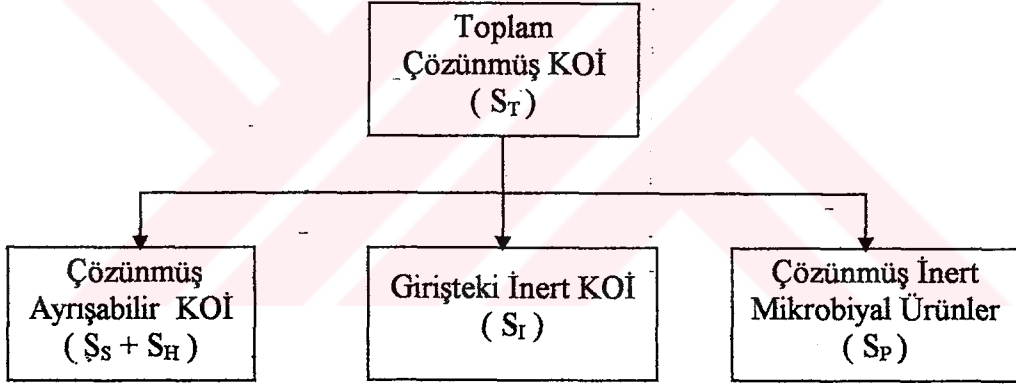
Biyolojik ayrışabilir KOİ; kolay ayrışabilir KOİ, S_{SO} ve yavaş ayrışabilir KOİ, X_{SO} ' den oluşmaktadır. Bu iki bileşen farklı biyolojik ayrışma hızlarına sahiptir. Her bir fraksiyon kendi içinde çok sayıda farklı biyolojik ayrışma hızlarına sahip fraksiyonlardan oluşup, bu farklılık dar bir aralıkta gerçekleştiğinden iki ana bileşen olarak tanımlanmıştır (DOLD ve diğ. 1980)

DOLD ve MARAIS (1986) tarafından önerilen modelde partiküler organikler olarak tanımlanan, biyolojik olarak yavaş ayrışabilir kısım, partikül boyutuna göre çözünmüş, kolloidal ve kompleks yapıda organik yapıdaki maddelerden oluştuğu kabul edilmiştir. Bu maddelerin kullanılabilmesi için hücre dışı hidrolize uğraması gereklidir. Hidroliz, biyolojik olarak yavaş ayrışan organik maddelerin kullanım hızından dolayı hız sınırlayıcı adımı oluşturmaktadır. Atıksuda bulunan farklı yapıdaki maddeler için hidroliz hızının tek bir değeri bu bileşenin karakterizasyonunu zorlaştırmaktadır. Bu bileşenle ilgili yeni yaklaşım, hızlı hidroliz olabilen KOİ, S_{HO} ve yavaş hidroliz olabilen KOİ, X_{SO} şeklindedir (HENZE 1992); (ORHON ve ARTAN 1994a). Bu bileşenler Şekil 4.1' de gösterilmektedir.

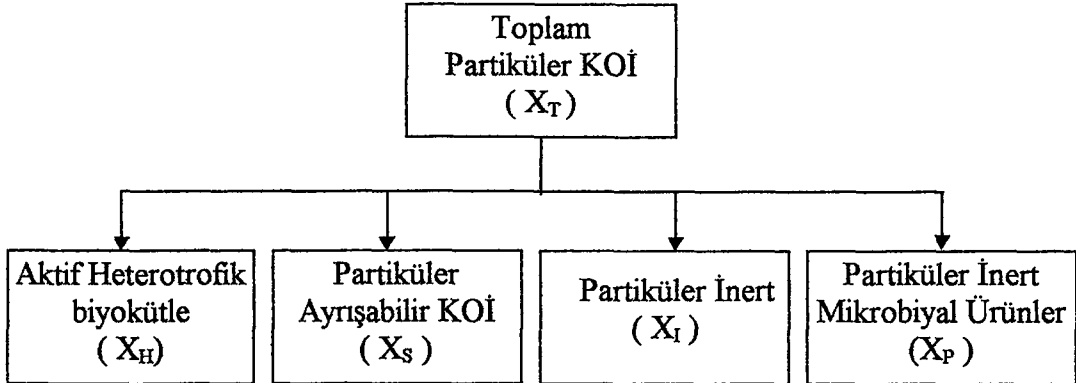
Biyolojik arıtmada çıkış akımında, giriş akımından farklı bir KOİ yapısı görülmektedir. Çözünmüş KOİ, S_T , atıksudan kaynaklanan ve sisteme girdiği gibi çıkan biyolojik olarak ayrışmayan kısım, S_I , biyolojik reaksiyonlardan kalan az miktarda biyolojik olarak ayrışabilir KOİ ve kalıcı çözünmüş KOİ, S_P 'yi içermektedir (Şekil 4.2a). Partiküler KOİ ise çıkış akımında 4 fraksiyona sahiptir (Şekil 4.2b). Bunlar, reaksiyonu gerçekleştiren aktif heterotrofik biyokütle X_H , partiküler yavaş ayrışabilir KOİ X_S , reaksiyona uğramadan çıkan girişteki partiküler inert X_I , ve reaksiyon sırasında oluşan partiküler inert mikrobiyal ürünler (X_P) dir.



Şekil 4.1 Atıksudaki (Girişteki) toplam KOİ fraksiyonları



(a) Çözünmüş KOİ Bileşenleri



(b) Partiküler KOİ Bileşenleri

Şekil 4.2 Çıkış akımındaki KOİ fraksiyonları dağılımı

4.2 PROSES KİNETİĞİ

Aktif çamur prosesinde amaç, birinci aşamada atıksudaki organik maddenin bakteri kültürü tarafında metabolize edilmesi ve ikinci aşamada ise bakteri floklarının çöktürülmesiyle kirletici özellikteki organik maddenin su ortamından giderilmesi esasına dayanmaktadır.

Çoğalma

Arıtma işleminde yer alan bakteri kültürünün çoğalması ve organik maddenin giderim mekanizması kompleks bir yapıdadır. Konvansiyonel reaksiyon kinetiğinde iki temel proses yer almaktadır. Bunlar Mikrobiyal Çoğalma ve Ölümdür. Çoğalma prosesinde kullanılan en yaygın model Monod modelidir(METCALF, EDDY, 1981). Buna göre, mikroorganizmaların çoğalma hızı;

$$\frac{dX}{dt} = \mu \cdot X \quad (4.1)$$

denklemleri ifade edilmiştir. Bu denklemlerde;

μ : Spesifik Çoğalma Hızı

X : Biyokütle Konsantrasyonu

Spesifik çoğalma hızı (μ) ;

$$\mu = \mu_{\max} \frac{S}{K_s + S} \quad (4.2)$$

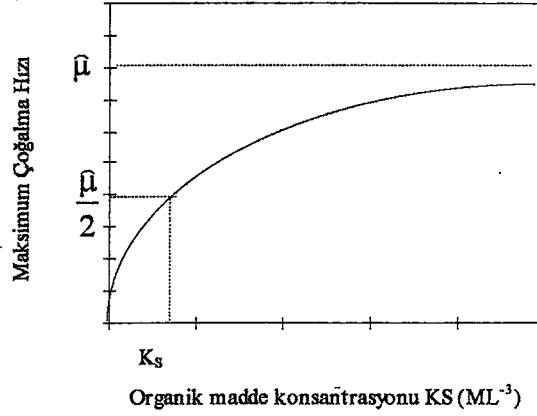
denklemleri ifade edilmektedir. Burada;

$\mu_{\max}$: Maksimum spesifik çoğalma hızı

S : Substrat konsantrasyonu

K_s : Yarı doygunluk sabiti

Şekil 4.3' te Monod denkleminin grafiği görülmektedir. Yarı doygunluk sabiti, K_s , maksimum hızın yarısına eşit hızdaki substrat konsantrasyonudur.



Şekil 4.3 Spesifik çoğalma hızı ile organik madde konsantrasyonu arasındaki ilişki

Substrat gideriminde üç ardışık süreç yer almaktadır.

1. Hücrenin substrat ile karşılaşması
2. Substrat molekülünün hücre içine taşınması
3. Hücre içinde substratın kullanılması

Bu mekanizma çerçevesinde bakteri hücresinin substratı metabolize edebilmesi için hücre çeperinden içeri taşınması gerekmektedir. Hücre içine taşınamayan kompleks yapıdaki moleküller de hücre içine taşınabilecek yapıdaki forma dönüştürülüp hücre içine alınır. (EKAMA ve MARAIS, 1984)

Denklem 4.1 ve 4.2 birleştirildiğinde;

$$\frac{dX}{dt} = \mu \frac{S}{K_s + S} X \quad (4.3)$$

denklemini elde edilir.

Çoğalma ifadesi, substrat giderimi ve bakteriyel çoğalma ifadeleriyle birlikte düzenlenirse;

$$\frac{dX}{dt} = -Y \frac{dS}{dt} \quad (4.4)$$

Denklemdaki Y dönüşüm oranı, giderilen birim substrat başına üreyen biyokütle (mg KOİ / mg UAKM) miktarını göstermektedir.

Organik madde (substrat) giderim hızı Monod denklemi ile ifade edildiğinde;

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\mu}{Y_H} \cdot \frac{S}{K_s + S} \cdot X \quad (4.5)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Bozunma

Aktif çamur sistemlerinde biyokütle substratı kullanarak elde ettiği enerjinin bir kısmını çoğalma, aktif transport, hareket, hücre organellerinin yenilenmesi için kullanır. Bu sebeplerden dolayı daima gerçek dönüşüm oranının belirttiği değerden daha az biyokütle gözlenir. Bakım ihtiyacı yanında, ölüm hücre erimesi, protozoa gibi bakterileri yiyerek çoğalan organizmaların etkisi “Biyokütle Kaybı” olarak nitelendirilir.

Biyokütlenin bozunma kinetiği;

$$\frac{dX}{dt} = -k_d \cdot X \quad (4.6)$$

Bu denklemde k_d (T^{-1}) bozunma katsayısıdır.

Literatürde biyokütle kaybını matematiksel model olarak ifade eden üç model bulunmaktadır.

1. Klasik Model

2. Ölüm Yenilenme Modeli

3. İçsel Solunum Modeli

Bu çalışmada içsel solunum modelinin kullanılması tercih edilmiştir.

4.3 İÇSEL SOLUNUM MODELİ

İçsel solunum modeli yaklaşımında, atıksudaki organik madde, çözünmüş ve partiküler formda biyolojik olarak parçalanabilen (S_s ve X_s) ve biyolojik olarak ayrışamayan (S_i ve X_i) maddeler olarak sınıflandırılmıştır. Reaktörde, aktif biyokütle olarak X_H , biyokütlenin faaliyeti sonucu oluşan mikrobiyal çözünmüş madde (S_p) ve partiküler ürünler (X_p) bulunmaktadır. Çoğalmada, aktif biyokütle üremesi S_s üzerinden olmaktadır. Yavaş hidrolize olan X_s , S_s formuna dönüştükten sonra reaksiyona girmektedir. Başlangıçta S_s in bir kısmı (α_D) mikrobiyal çözünmüş ürünlere dönüşmektedir. Modelde aktif biyokütlenin f_{EX} kadarının partiküler mikrobiyal ürüne ve f_{ES} kadarının da çözünmüş mikrobiyal ürüne dönüştüğü kabul edilir.

Çoğalma S_s üzerinden olacağından ;

$$\frac{dS_s}{dt} = -\frac{\mu}{Y_H} \frac{S_s}{K_s + S_s} X_H \quad (4.7)$$

denklemleri ifade edilir.

Çoğalma sırasında oluşan çözünmüş inert ürün (S_p);

$$\frac{dS_p}{dt} = -\alpha_D \frac{\mu_H}{Y_H} \frac{S}{K_s + S} X_H \quad (4.8)$$

denklemleri gösterilmektedir. α_D , çoğalma bazlı çözünmüş inert ürün oluşumu katsayısıdır.

Aktif biyokütlenin azalması birinci dereceden hız ifadesi ile tanımlanabilir;

$$\frac{dX_H}{dt} = -b_H \cdot X_H \quad (4.9)$$

b_H : Aktif biyokütlenin içsel solunum katsayısı (1/gün)

Çözünmüş ve partiküler mikrobiyal ürünler heterotofik bozunmaya bağlı olacağından aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilirler. Bozunma mekanizmasında;

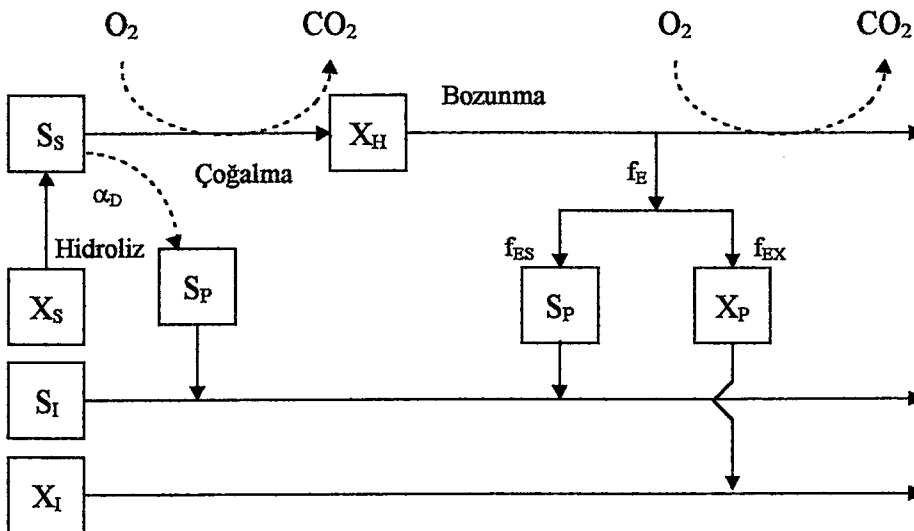
$$\frac{dX_P}{dt} = -f_{EX} b_H \cdot X_H \quad (4.10)$$

$$\frac{dS_P}{dt} = -f_{ES} b_H \cdot X_H \quad (4.11)$$

f_{EX} : Endojen biyokütlenin partiküler inert ürüne dönüşen kısmı

f_{ES} : Endojen biyokütlenin çözünmüş inert ürüne dönüşen kısmı

Çözünmüş inert ürüne dönüşen kısım çoğalma ve bozunma mekanizmalarından baskın olanına göre değerlendirilmelidir. Bu doğrultuda yapılan ihmaller sonucu etkilememektedir. Şekil 4.4' te, içsel solunum modeli şematik olarak gösterilmiştir. Tablo 4.1'de de proses kinetiği verilmiştir.



Şekil 4.4 İçsel solunum modelinin şematik gösterimi

Tablo 4.1 İçsel Solunum Modelinde Karbon Giderim Mekanizmasının Stokiyometrisi ve Kinetiği

Bileşen →	1	2	3	4	5	6	Proses Hızı $ML^{-3}T^{-1}$
Proses →	S_s	X_s	X_H	X_P	S_P	S_0	
Çöğalma	$1 - \frac{1}{Y_H}$		1		α_D	$-\frac{1 - \alpha Y_H - Y_H}{Y_H}$	$\mu \frac{S_s}{K_s + S_s} X_H$
Hidroliz	1	-1					$k_h \frac{X_s/X_H}{(K_X + X_s/X_H)} X_H$
Ölüm			-1	f_{EX}	f_{ES}	$-(1 - f_{EX} - f_{ES})$	$b_H X_H$
Parametre, ML^{-3}	KOİ	KOİ	Hücre KOİ	KOİ	KOİ	O_2	

BÖLÜM V

DENEYSEL YAKLAŞIM

5.1 KOİ BİLEŞENLERİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK ATIKSU KARAKTERİZASYONU

Bölüm 4’ de belirtildiği gibi atıksuda S_I , S_S , X_S , S_H , X_I fraksiyonları bulunmaktadır. Aşağıda bu fraksiyonların belirlenmesine ait yöntemler açıklanmaktadır.

5.1.1 Çözünmüş ve Partiküler İnert Madde (S_I , X_I) Belirleme Yöntemleri

Arıtma tesisinden çıkan arıtılmış atıksuda, biyokütle tarafından üretilen çözünmüş, partiküler formda (S_P , X_P) ürünler ve arıtma tesisine giren ayrışmayan çözünmüş, partiküler inert (S_I , X_I) madde bulunmaktadır. Buna bağlı olarak arıtma tesisinin arıtma verimi büyük ölçüde değişmektedir.

Özellikle kuvvetli karakterdeki (yüksek KOİ değerine sahip) atıksularda çözünmüş inert KOİ değeri endüstrinin sağlaması gereken deşarj limitlerine ulaşmasını engellemektedir (GERMİRLİ ve diğ., 1990).

Literatürde çeşitli türdeki atıksular üzerinde yapılan inert fraksiyonlar, araştırmacılar tarafından incelenmiştir. HENZE ve diğ. (1987) belli bir çamur yaşına sahip kesikli reaktörden alınan numunelerde değeri nihai çözünmüş kalıcı KOİ, S_I ’ ya eşit olduğu varsayılan değerler saptamıştır. EKAMA ve diğ. (1986) çamur yaşı 10 ile 20 gün arasında olan aktif çamur sistemlerinde çıkıştaki çözünmüş KOİ nin girişteki inert KOİ’ ye eşit olacağını ifade etmektedir. Ancak yapılan bu çalışmalar bakteriler tarafından üretilen inert ürünleri (S_P) gözönüne almamış olmaktadır. Task Grup tarafında önerilen metoda göre inert fraksiyonların (S_I , X_I , S_P , X_P) belirlenmesinde

Y_H , b_H , f_{EX} kinetik sabitlerine ihtiyaç duymaktadır. ORHON ve diğ. (1994a) tarafından önerilen diğer bir yöntemde de toplam atıksu ve az miktarda biyokütle ilavesi yapılan kesikli reaktörde yürütülen deney metodunda da yukarıda ifade edilen 3 kinetik sabite ihtiyaç duyulmaktadır.

Giriş atıksuyunda çözünmüş ve partiküler inert maddeleri belirleyen sadece deneysel ölçümlere dayalı yeni bir metod önerilmiştir (ORHON ve diğ 1994a); (KAPPELER ve GUJER 1992). Atıksuyun partiküler KOİ' sinin yüksek olması durumunda kullanılması önerilmektedir.

Bu yöntemde girişteki ve reaksiyon sırasında oluşan çözünmüş inert organikler ayrı olarak tanımlanmalı ve partiküler inert madde tayininde S_P girişiminden kaçınılmalıdır. Ayrıca Y_H , b_H ve f_{EX} gibi diğer stokiometrik ve kinetik sabitlere ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu deneysel yaklaşım, çözünmüş ve partiküler mikrobiyal ürünleri (S_P , X_P) ve girişteki biyolojik ayrışabilir KOİ (C_{S0})' nin bir fraksiyonu olarak kabul edilen X_P ' yi kullanır. Deneysel çalışmada biri süzölmüş (S_{T0}) diğeri toplam atıksu, (C_{T1}) reaktöründen oluşmaktadır. İki reaktörde de biyolojik olarak ayrışabilir tüm substratın kullanıldığı ve tüm biyokütlenin mineralize olduğuna emin olunan, bununla birlikte KOİ ölçümlerinin değişmediği bir eşik değere ulaşınca kadar yeterince uzun bir süre toplam ve çözünmüş KOİ değerleri izlenir. Her iki reaktöre önceden aklime olmuş çok az miktarda (10-50 mg UAKM/l) biyokütle ilave edilir (ORHON ve diğ. 1994a).

Toplam atıksu için (1. Reaktör) deneyin başlangıcında KOİ içeriği,

$$C_{T0} = S_{S0} + S_I + X_{S0} + X_I \quad (5.1)$$

dir. Deney sonucunda;

$$C_{T1} = S_{P1} + S_I + X_{P1} + X_I \quad (5.2)$$

bileşenleri kalmaktadır. Deney süresince S_s , X_H ve X_s ' in tamamen tükendiği kabulü yapılmıştır. Buna göre toplam KOİ giderimi ΔC_{T1} ;

$$C_{S0} = S_{S0} + X_{S0} \quad (5.3)$$

$$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1} = S_{S0} + X_{S0} - X_{P1} - S_{P1} \quad (5.4)$$

şeklinde yazılabilir. Reaksiyon süresince oluşan çözünmüş ve partiküler mikrobiyal ürün, biyokütle tarafından tüketilen C_{S0} ' ın bir fraksiyonu olarak;

$$X_{P1} = Y_{PX} C_{S0} \quad (5.5)$$

ve

$$S_{P1} = Y_{PS} C_{S0} \quad (5.6)$$

şeklinde gösterilirse (5.4) eşitliği,

$$\Delta C_{T1} = C_{S0} - X_{P1} - S_{P1} = (1 - Y_{PX} - Y_{PS}) C_{S0} \quad (5.7)$$

değerini alır.

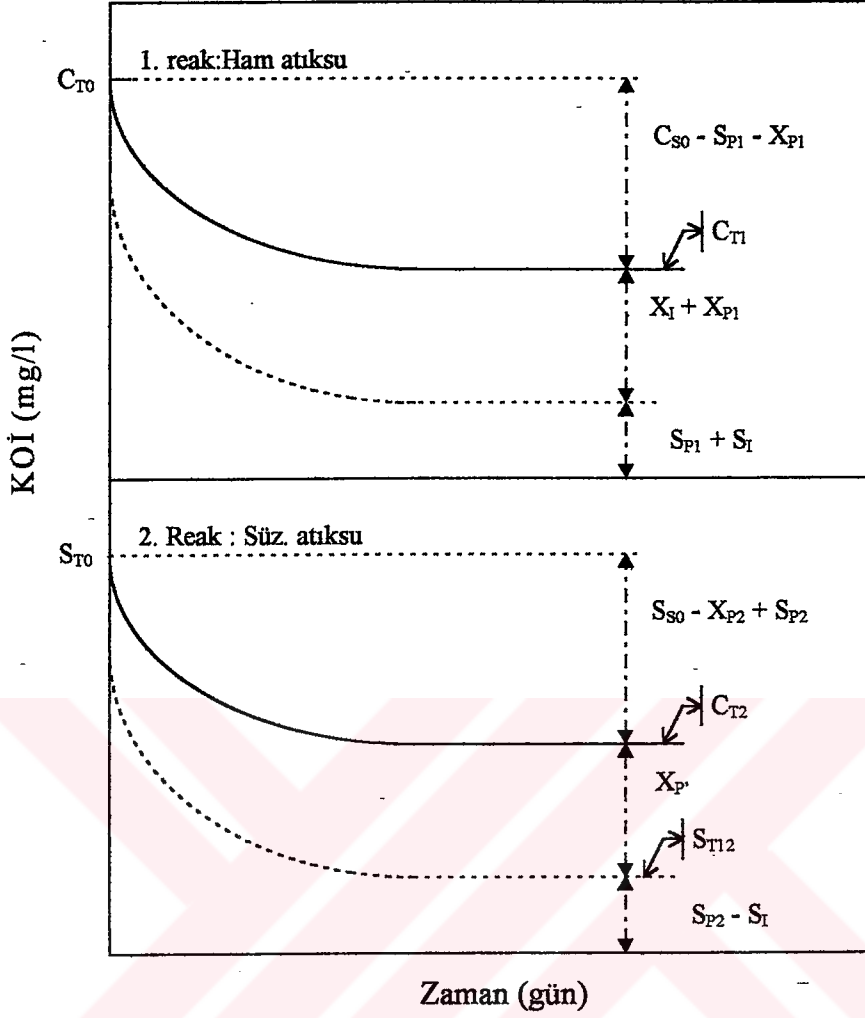
Toplam atıksu için (1. Reaktör) deneyin başlangıcında KOİ içeriği;

$$S_{T0} = S_{S0} + S_I \quad (5.8)$$

den oluşmaktadır. Reaksiyon sonunda;

$$C_{T2} = S_{P2} + S_I + X_{P2} \quad (5.9)$$

$$S_{T2} = S_{P2} + S_I \quad (5.10)$$



Şekil 5.1 İnerit KOİ profilleri

denklemleri yazılabilir. İkinci reaktörde (süzülmüş atıksu) de KOİ giderimi,

$$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2} = S_{S0} - S_{P2} - X_{P2} \quad (5.11)$$

ve birinci (toplam atıksu) reaktörde ifade edildiği gibi;

$$X_{P2} = Y_{PX} S_{S0} \quad (5.12)$$

ve

$$S_{P2} = Y_{PS} S_{S0} \quad (5.13)$$

$$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2} = (1 - Y_{PS} - Y_{PS}) C_{S0} \quad (5.14)$$

(5.5) ve (5.12) denklemleri kullanılarak, toplam atıksu için mikrobiyal partiküler ürün X_{P1} ,

$$X_{P1} = X_{P2} \frac{C_{S0}}{S_{S0}} \quad (5.15)$$

ifadesi oluşturulabilir. Buna bağlı olarak (5.16) ve (5.23) denklemleri kullanılarak,

$$\frac{X_{P1}}{X_{P2}} = \frac{\Delta C_{T1}}{\Delta C_{T2}} \quad (5.16)$$

hesaplanır. Toplam atıksuda inert partiküler ve çözünmüş madde sırasıyla,

$$X_I = C_{T1} - S_{T1} - X_{P1} \quad (5.17)$$

veya

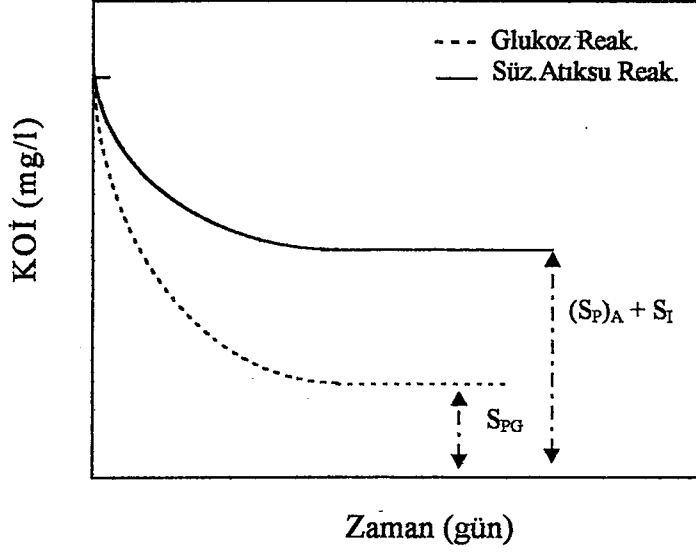
$$X_I = C_{T1} - S_{T1} - (C_{T2} - S_{T2}) \frac{\Delta C_{T1}}{\Delta C_{T2}} \quad (5.18)$$

$$S_I = S_{T1} - (S_{P2} \frac{\Delta C_{T1}}{\Delta C_{T2}}) - \quad (5.19)$$

denkleminde hesaplanabilir.

Atıksuyun partiküler KOİ' sinin çözünmüş KOİ' sine yakın olması halinde GERMİRLİ ve diğ. (1991) tarafından önerilen metod kullanılmaktadır.

Deneylerde kullanılan biyokütlenin alıştırılma işlemi doldur-boşalt reaktörlerde, alışmış mikroorganizma ve besin maddesi ilavesiyle yürütülmektedir. Biyokütlenin alıştırılması % 50 glukoz çözeltisi ve % 50 atıksu kullanılarak gerçekleştirilir. Bu metodda daha önceden glukoz-atıksu karışımına alıştırmış biyokütle ile aşılana bir süzölmüş atıksu, diğeri glukoz ile beslenen iki aerobik kesikli reaktör kullanılır ve çözünmüş KOİ değerleri zamana karşı izlenir (Şekil 5.2). Çözünmüş KOİ profili minimuma ulaştığında, arada farktan çözünmüş inert madde S_I belirlenir.



Şekil 5.2 Karşılaştırmalı metoda göre KOİ profilleri

Deneyde aynı KOİ değeriyle başlayan iki reaktör kararlı hale geldiğinde;

$$(S_I)_{\text{Atıksu}} = (S_I + S_P)_{\text{Atıksu}} - (S_P)_{\text{Glukoz}} \quad (5.20)$$

sonucuna varılır. Bu yöntemde,

$$(S_P)_{\text{Atıksu}} \cong (S_P)_{\text{Glukoz}} \quad (5.21)$$

kabulü yapılmaktadır.

Tekstil endüstrisinin çözünmüş inert KOİ değerlerine ait literatürdeki değerleri Tablo 5.1' de verilmektedir.

5.1.2 Kolay Ayrışabilir KOİ, S_{S0} Belirleme Yöntemi

Kolay ayrışabilir KOİ, biyokütle tarafından doğrudan tüketilen aminoasitler, adsorblanan uçucu yağ asitleri, basit hidrokarbonlar ve alkollerini içermektedir. Kullanılan modellerde kolay ayrışabilir KOİ konsantrasyonu, heterotrofik çoğalma için hız sınırlayıcı olarak tanımlanmaktadır. Kolay ayrışabilir KOİ, atıksuyun toplam KOİ' sinin bir fraksiyonu (f_{SS}) olarak ifade edilmektedir.

Tablo 5.1 Tekstil endüstrisine ait çözünmüş inert KOİ değerleri

	S_{T1} (mgKOİ/l)	S_{I1} (mgKOİ/l)	Y_{SP}	S_{I1}/S_{T1}	KAYNAKLAR
Dokuma Kumaş	1176	90	0.044	0.077	(ORHON ve diğ., 1992)
Örgü Kumaş	800	88	0.040	0.11	(ORHON ve diğ., 1992)
Örgü Kumaş	535	117	0.088	0.218	(ORHON ve diğ., 1992)
Pamukve Sentetik	1000	190	0.083	0.19	(GERMİRLİ ve diğ., 1992)
Örgü Kumaş	686	150	0.064	0.22	(EREMEKTAR ve diğ., 1996)
Organize Tekstil sanayii atıksuyu	710	26	0.058	0.04	(UBAY ÇOKGÖR, 1997)
	470	12	0.026	0.026	(UBAY ÇOKGÖR, 1997)
	560	21	0.038	0.038	(UBAY ÇOKGÖR, 1997)

Respirometrik yöntemler, organik maddenin bir elektron transfer edilmesiyle bu elektronu alacak elektron alıcısı miktarının deneysel olarak belirlenmesi esasına dayanır. Buna göre elektron alıcısı (O_2) tüketim hızı, atıksudaki organik maddenin hidroliz hızına bağlı olarak yavaşlamaktadır.

En genel halde e^- alıcısı;

$$\frac{e^- \text{ alıcısı miktarı}}{\Delta t} = - (1 - f_x Y) \frac{(C_{s1} - C_s)}{\Delta t} - (1 - f_E) \cdot b \cdot f_x \cdot X \quad (5.22)$$

denkleminle ifade edilmektedir. Denklemin sağ tarafındaki ilk terim çoğalma, ikinci terim içsel solunum ifadesidir.

Denklemden;

Y : Dönüşüm oranı (mg UAKM/mg KOİ)

b : İçsel solunum hızı (1/gün)

f_E : İnert biyokütle fraksiyonu

f_x : KOİ/UAKM oranı

X : Aktif biyokütle konsantrasyonu (mg UAKM/l)

C_{S1} : Giriş akımında biyolojik arıtılabilen organik madde konsantrasyonu (mg KOİ/l)

C_S : Çıkış akımında biyolojik arıtılabilen organik madde konsantrasyonu (mg KOİ/l)

dur. Oksijenin zamanla değişimi;

$$\frac{\Delta S_o}{\Delta t} = -(1-Y_H) \frac{(S_{T0} - S_T)}{\Delta t} - (1-f_E).b_H.X_H \quad (5.23)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Bu denklemde X_H aerobik solunum yapan heterotrofik aktif biyokütleyi; S_o oksijen konsantrasyonunu göstermektedir. Yukarıda açıklanan teoriden hareketle, EKAMA ve MARAIS (1986) tarafından aerobik ve anoksik koşullarda, kesikli reaktörlerde zamana karşı Oksijen Tüketim Hızının (OTH) esas alan respirometrik bir yöntem geliştirilmiştir.

Heterotrofik mikroorganizmaların çoğalmasının kolay ayrışabilen substrat üzerinde gerçekleştiği kabulü ile;

$$\frac{dX_H}{dt} = \mu_H X_H \quad (5.24)$$

$$\frac{dX_H}{dt} = Y_H \frac{dS_s}{dt} \quad (5.25)$$

denklemlerini (5.32) ifadesiyle birlikte kullanarak;

$$\frac{\Delta S_o}{\Delta t} = - \frac{(1-f_X Y_H)}{Y_H} \mu_H X_H - (1-f_E).b_H.f_X.X_H \quad (5.26)$$

denklemini elde edilir. Bu yöntemde Oksijen Tüketim Hızı (OTH) profilinin S_s üzerinde çoğalma süresince yatay olarak kaldığı; S_s ' in tükenmesine yakın zamanla azaldığı ve hidroliz safhasında ikinci bir plato yaptığı gözlenmektedir. OTH profili üzerinde proses bileşenlerinin etkisi Şekil 5.3' de gösterilmektedir.

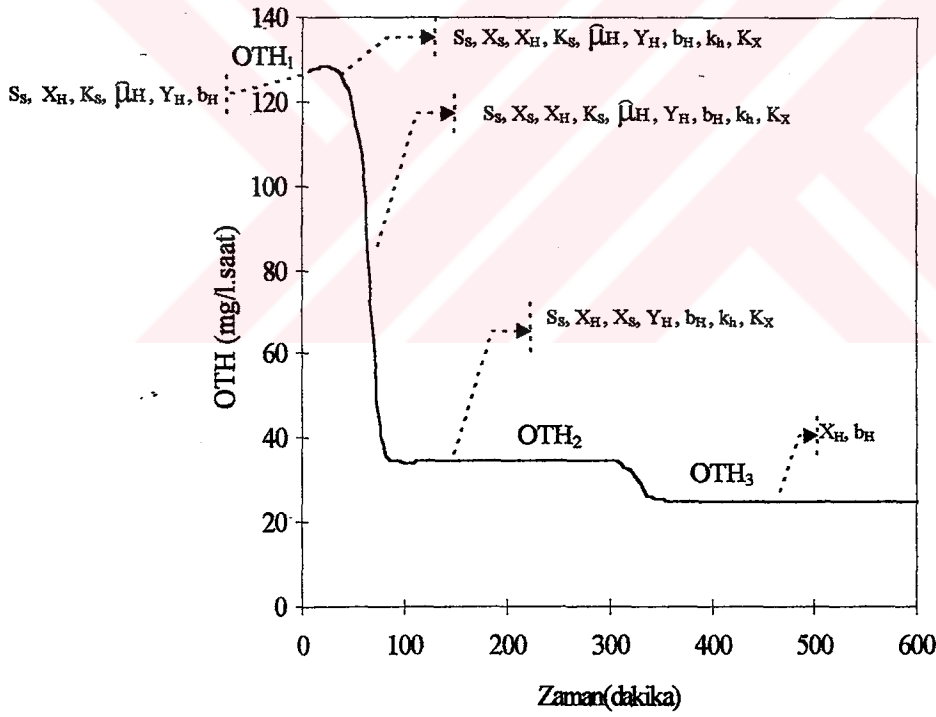
Başlangıçta, atıksuda mevcut olan kolay ayrışabilir substratın Δt süresince tamamen kullanıldığı kabul edilerek toplam oksijen tüketimi denklem 5.28 şeklinde yazılabilir;

$$O.T. = (1 - f_X Y_H) \int_0^{\Delta t} \frac{dS_s}{dt} \Delta t \quad (5.27)$$

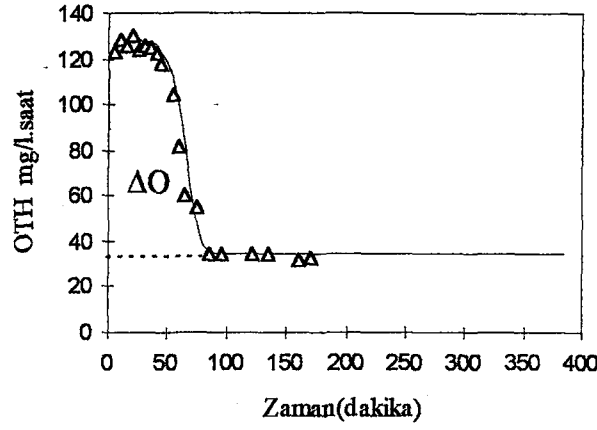
Bu durumda;

$$S_{s0} = \frac{\Delta O}{1 - f_X Y_H} \quad (5.28)$$

denklemini elde edilir. ΔO alanı göstermektedir (Şekil 5.4).



Şekil 5.3 Bileşenlerin OTH Profiline etkisi (UBAY ÇOKGÖR, 1997)



Şekil 5.4 OTH grafiği ile S_{s0} belirlenmesi

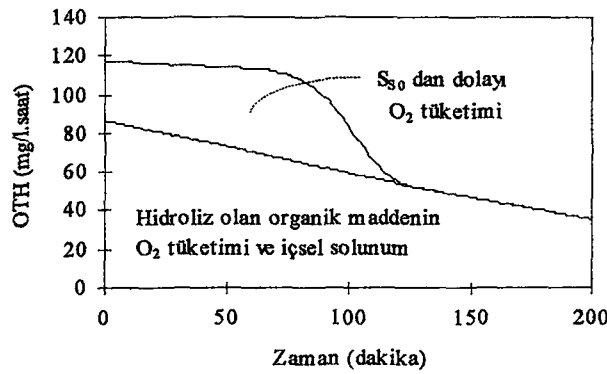
Aerobik ortamda Oksijen Tüketim Hızı (OTH) ölçümü ile S_{s0} belirlenmesine yönelik çalışmalardan bir diğeri, KAPPELER ve GUJER (1992)' e aittir. Kesikli deney düzeneğinde belirli bir atıksu/biyokütle oranında , 3-4 saat süresince OTH daki azalma gözlenmektedir (Şekil 5.5). Atıksudaki kolay ayrışabilir organik madde;

$$S_{s0} = \frac{1}{1 - Y_H} \left[\int r_{O_2, T} - \int r_{O_2, REF} \right] \quad (5.29)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Denklemden;

$r_{O_2, T}$: Toplam oksijen Tüketim Hızı

$r_{O_2, REF}$: Hidroliz ve İçsel solunuma bağlı olarak OTH Referans Düzeyi'dir.



Şekil 5.5 OTH profili ile S_{s0} belirleme

Literatürde tekstil atıksuyu üzerinde yürütülen çalışmalar sonunda endüstrilere ait girişteki kolay ayrışan organik madde (S_{S0}) konsantrasyonları Tablo 5.2' de verilmiştir.

Tablo 5.2 Tekstil endüstrisi atıksuyunda S_{S0} konsantrasyon ve fraksiyonları

KOİ	C_{T0}	S_{S0}	S_{S0}/C_{T0}	KAYNAK
Tekstil	1075	145	0.135	(UBAY ÇOKGÖR, 1997)
sanayii	935	135	0.144	(UBAY ÇOKGÖR, 1997)
atıksuyu	785	152	0.194	(UBAY ÇOKGÖR, 1997)

5.1.3 X_S Belirleme Yöntemi

Atıksudaki ayrışabilir organik maddenin yavaş ayrışan organik madde (X_S) ve kolay ayrışabilir organik maddeden (S_S) oluştuğu bir önceki bölümde belirtilmişti. Çözünmüş ve partiküler formda olan bazı yüksek molekül ağırlıklı organik moleküller X_S kapsamında ele alınmaktadır. Bunun dışında atıksuda bulunan X_{S0} formu, çözünmüş S_{H0} ve partiküler X_{S0} olarak ifade edilebilir (ORHON ve ARTAN, 1994a).

Giriş akımında toplam (ham) atıksuda;

$$\dot{C}_{T0} = S_{S0} + S_{H0} + S_{I0} + X_{S0} + X_{I0} \quad (5.30)$$

süzülmüş atıksuda da;

$$S_{T0} = S_{S0} + S_{H0} + S_{I0} \quad (5.31)$$

KOİ fraksiyonları bulunmaktadır.

S_{S0} : Kolay ayrışabilir çözünmüş organik madde

S_{H0} : Yavaş ayrışabilir çözünmüş organik madde

S_{I0} : Çözünmüş inert organik madde

X_{S0} : Yavaş ayrışabilir partiküler organik madde

X_{10} : Partiküler inert madde

den oluşmaktadır.

Bu bağıntılar yardımıyla atıksulardaki yavaş ayrışan organik madde bileşenleri belirlenebilir.

5.2 KİNETİK VE STOKİOMETRİK KATSAYILAR

Havalı aktif çamur sistemlerinin dizaynı ve işletmesinde istenen şartların sağlanması için biyokütle ya da atıksuya ait kinetik ve stokiometrik katsayıların belirlenmesi gerekmektedir. İlgili kinetik parametreler ve stokiometrik katsayılar aşağıda belirtilmiştir:

Kinetik parametreler:

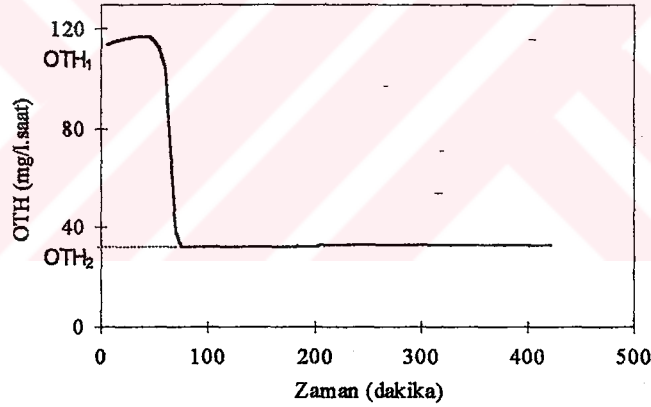
- Maksimum çoğalma hızı, μ_H
- İçsel solunum hızı, b_H
- Yarı doygunluk sabiti, K_S
- Hidroliz yarı doygunluk sabiti, K_X
- Hidroliz katsayısı, k_h

Stokiometrik katsayılar:

- Heterotrofik dönüşüm oranı, Y_H
- İçsel biyokütlenin çözünmüş inert ürün fraksiyonu, f_{ES}
- İçsel biyokütlenin partiküler ürün fraksiyonu, f_{EP}
- Çoğalma kökenli çözünmüş inert ürün oluşum katsayısıdır, α_D

• Maksimum Çoğalma Hızı, μ_H Belirleme Yöntemi

Bu çalışmada kullanılan, respirometrik yöntemle maksimum çoğalma hızının belirlenmesi, hızlı ayrışabilen çözünmüş organik maddelerin tamamının bu hız sabiti ile giderildiği kabulüne dayanmaktadır. EKAMA ve diğ. (1986) tarafından önerilen bu yöntemde kolay ayrışan maddenin kısıtlayıcı olmadığı halde çoğalma maksimum hızla olmakta ve başlangıçta hızlı bir oksijen tüketimi görülmektedir (OTH_1). Biyokütle çoğalması kolay ayrışan organik madde yanında yavaş ayrışan organik maddenin hidrolizine bağlı olarak değişebilmektedir. Kolay ayrışan organik maddenin tükenmesi ile oksijen tüketim hızı OTH_1 ' den, hidroliz mekanizmasının etkili olduğu OTH_2 değerine düşmektedir (Şekil 5.6). Maksimum çoğalmada içsel solunumda kaynaklanan oksijen tüketimi kolay ayrışan organik maddenin oksijen tüketimi yanında ihmal edilecek seviyededir.



Şekil 5.6 OTH profili

Bu esaslardan hareketle aerobik koşullarda maksimum çoğalma hızı,

$$\mu_H = \frac{Y_H}{1 - f_X Y_H} \cdot \frac{OTH_1}{X_{H0}} \quad (5.32)$$

formülüyle hesaplanabilir. Bu bağıntıda aktif biyokütle X_{H0} konsantrasyonunun değişimleri gözönüne alınmamıştır. Aktif biyokütle, deney başlangıcında aşıl原因

toplam biyokütle konsantrasyonunun bir f_a fraksiyonudur. Hacim düzeltmesini de dikkate alarak X_{HI} konsantrasyonu,

$$X_{HI} = \frac{f_a X_T V_{ml}}{V_{ww} + V_{ml}} \quad (5.33)$$

şeklinde yazılabilir. Aktif fraksiyonun belirlenmesinde ampirik ifadeler kullanılmaktadır. Çamur yaşına bağlı olarak bu ifadeler,

$$f_a = 1.41 (\theta_X)^{-0.53} \quad (\text{Ham atıksu için})$$

$$f_a = 1.57 (\theta_X)^{-0.43} \quad (\text{Çökelmiş atıksu için})$$

ampirik ifadeleriyle hesaplanabilmektedir. Buna ek olarak deneyde besimaddesi / biyokütle oranı (F/M) da;

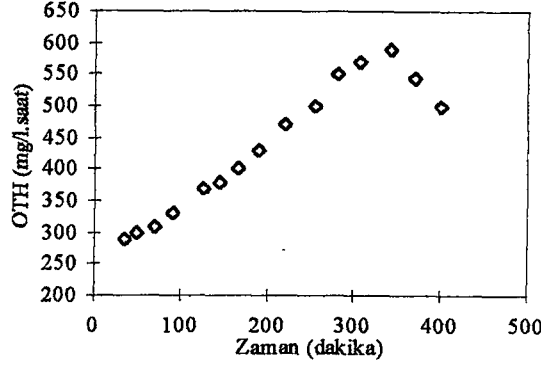
$$F / M = (1.0 - 1.5).f_a \text{ (mg COD/mg VSS)}$$

olarak belirtilmiştir.

HENZE (1986)' nin çalışmasında aktif biyokütlenin miktarını belirleyebilmek için, 20 °C deki elektron transfer hızının $1e^-$ eşdeğer/gr UAKM.gün olduğu ve 1 elektron eşdeğeri substrata karşılık 8 gr oksijen harcadığı esasına dayanarak Y_H' ın 0.6 gr KOİ/gr KOİ değeri için, 133 mg O_2 /gr UAKM.saat birim değeri hesaplanmıştır.

Heterotrofik biyokütlenin maksimum çoğalma hızının belirlenmesi için önerilen diğer bir yöntem KAPPELER ve GUJER, (1992)'e aittir. Bu yöntem biyokütle konsantrasyondan bağımsız sonuç vermektedir. Kesikli yürütülen bu deneyde çok düşük konsantrasyonlarda biyokütle aşıl原因arak (yüksek F/M) ve nütrient eksikliği giderilerek, havalı ortamda zamana karşı oksijen tüketim hızlarının (OTH) ölçülmesi esasına dayanır. Deneyin ilk periyodunda çoğalma kolay ayrıışan organik madde üzerinde olduğundan çok hızlı yürümekte, düşük mikroorganizma konsantrasyonları ile deneye başlandığından, çoğalan biyokütle miktarına bağlı olarak artan oksijen

tüketim hızları (OTH) elde edilmektedir. Çoğalma, kolay ayrışan organik madde tükendiğinde hidroliz mekanizmasına bağlı olarak yürümektedir (Şekil 5.7)



Şekil 5.7 Yüksek F/M oranında elde edilen OTH profili

Başlangıç anında ölçülen OTH kolay ayrışan organik maddenin ve aktif biyokütlenin bir fonksiyonudur. Bu durumda başlangıç ve (t) anında OTH değerleri,

$$OTH_0 = \frac{1 - Y_H}{Y_H} \cdot \mu_H \cdot X_{H0} + (1 - f_E) \cdot b_H \cdot X_{H0} \quad (5.34)$$

$$OTH_t = \frac{1 - Y_H}{Y_H} \cdot \mu_H \cdot X_H + (1 - f_E) \cdot b_H \cdot X_H \quad (5.35)$$

şeklinde yazılabilir.

Bu iki denklemin ortak kullanımıyla;

$$\ln \left(\frac{OTH_0}{OTH_t} \right) = \frac{\left(\frac{1 - Y_H}{Y_H} \mu_H + (1 - f_E) \cdot b_H \right) \cdot X_{H0}}{\left(\frac{1 - Y_H}{Y_H} \mu_H + (1 - f_E) \cdot b_H \right) X_H} \quad (5.36)$$

$$\ln \left(\frac{OTH_0}{OTH_t} \right) = \frac{X_{H0}}{X_H} \quad (5.37)$$

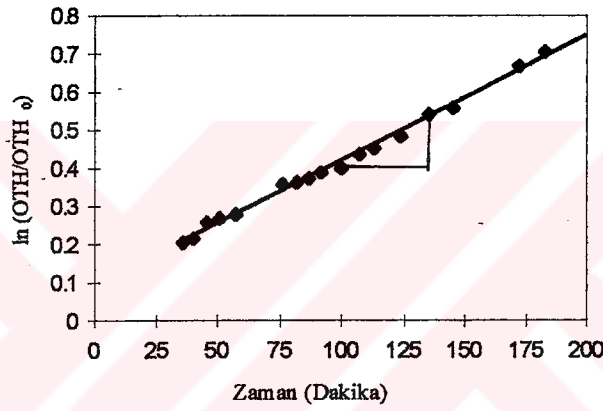
çözümü elde edilir. Biyokütlenin net çoğalması,

$$X_H = X_{H0} \cdot e^{-(\mu_H - b_H)t} \quad (5.38)$$

şeklinde ifade edilerek bu eşitlik eşitliği, denklem (5.39)' da yerine konulduğunda ;

$$\ln \left(\frac{OTH_t}{OTH_0} \right) = (\mu_H - b_H) \cdot t \quad (5.39)$$

denklemini elde edilmektedir. Elde edilen bu bağıntı grafik olarak eğimi $\mu_H - b_H$ olan doğruyu vermektedir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 OTH Profili ile $\mu_H - b_H$ ' in belirlenmesi

Bu yöntem ile net maksimum çoğalma hızı bulunduğundan μ_H ve b_H ' in belirlenmesi için yaklaşık b_H/μ_H oranının % 5 olduğu kabul edilmektedir. Bu durumda maksimum çoğalma hızı,

$$\mu_H = 1.05 (\mu_H - b_H) \quad (5.40)$$

ifadesi ile hesaplanabilmektedir.

Toplam biyokütlenin aktif fraksiyonu (f_a)' nun belirlenebilmesi için KAPPELER ve GUJER, (1992); EKAMA ve MARAIS, (1986) deneylerinin paralel yürütülmesi önerilmiştir (SÖZEN, 1995). Oksijen tüketimi ölçümüne dayanan her iki yöntemin

farkı, değişik başlangıç koşullarıdır. Aşılama da aynı biyokütle kullanıldığı için aktif kısmın her iki reaktörde de aynı olamsı beklenmektedir. Maksimum çoğalma hızının bulunması ile ilgili önerilen yöntemde, deneye çok düşük biyokütle konsantrasyonlarında başlanmasına rağmen içsel solunumdan kaynaklanan O_2 tüketimi değerlendirmeye alınmamaktadır. EKAMA ve MARAIS (1986) yönteminde içsel solunumdan kaynaklanan elektron alıcısı (O_2) tüketimi dahil edilmemektedir. Bu sebepten dolayı KAPPELER ve GUJER (1992) yönteminde de içsel solunum ihmal edilip maksimum çoğalma hızları eşitlenerek aktivite katsayısı,

$$f_a = \frac{Y_H}{1 - f_k Y_H} \frac{OTH_1}{\mu_H X_T} \quad (5.41)$$

formülüyle hesaplanabilir. Formülde X_T , başlangıçtaki UAKM bazında ölçülen biyokütle konsantrasyonunu göstermektedir. Heterotrofik dönüşüm oranı Y_H , mgUAKM /mgKOİ olarak değerlendirilmelidir.

• İçsel Solunum Hızı b_H , Belirleme Yöntemi

Kinetik parametrelerde içsel solunum hızı, b_H ın belirlenmesi için biyokütle miktarı yüksek tutularak başlangıç OTH değerinin % 5' i elde edilinceye kadar ölçümlerin sürdürülmesiyle bulunmaktadır. Bu durumda çoğalma prosesi ihmal edilmiş, Oksijen tüketim hızının yalnızca içsel solunum (bozunma) prosesine bağlı olarak değiştiği kabul edilmektedir. Bu kabule göre oksijen tüketim hızı;

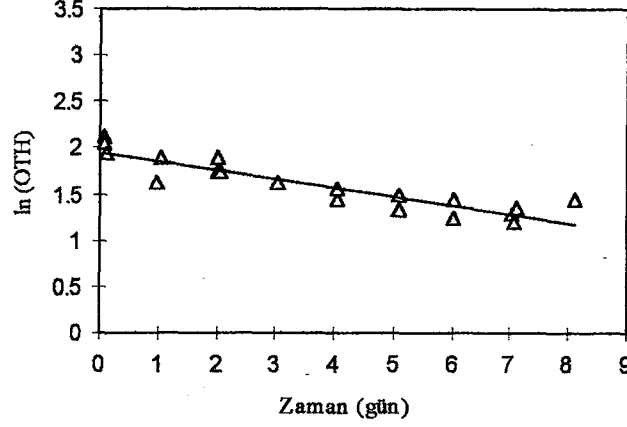
$$\frac{dS_o}{dt} = - (1 - f_E) \cdot b_H \cdot f_X \cdot X_H \quad (5.42)$$

$$X_H = X_{H0} \cdot e^{-(b_H)t} \quad (5.43)$$

denklemleri kullanılarak;

$$\ln OTH = [\ln(- (1 - f_E) \cdot b_H \cdot f_X \cdot X_H) - b_H \cdot t] \quad (5.44)$$

sonucuna varılır. Zamana karşı çizilen $\ln(OTH)$ değerleri bir doğruyu ifade etmektedir. Doğrunun eğimi de içsel solunum hızını, b_H (1/gün) vermektedir. Deney süresince nitrifikasyondan dolayı meydana gelen oksijen kullanımını engellemek için nitrifikasyon inhibitörü kullanılmalıdır (HENZE ve diğ., 1987).



Şekil 5.9 İçsel solunum hızı, b_H 'ın belirlenmesi

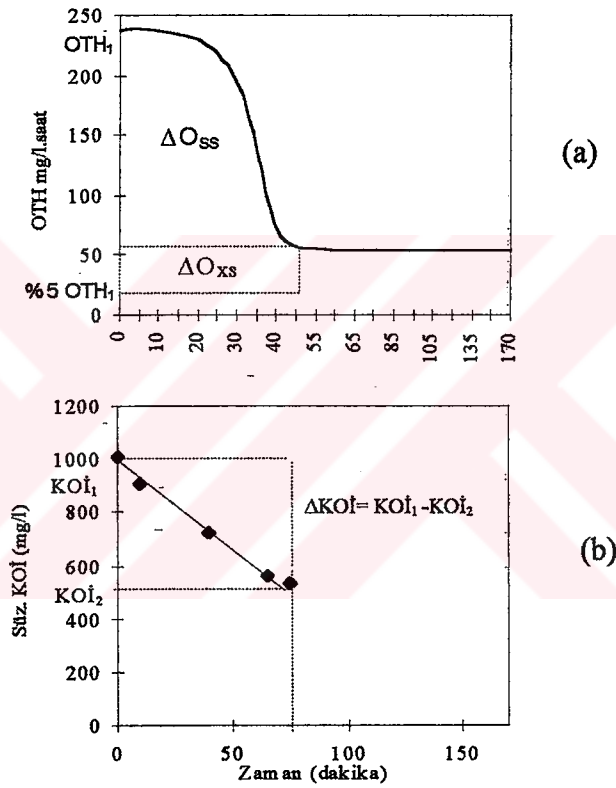
• Heterotrofik Dönüşüm Oranı, Y_H Belirleme Yöntemi

Arıtma tesisi tasarımında çamur yaşı (θ_x) ve günlük oksijen ihtiyacının hesaplanabilmesi için heterotrofik dönüşüm oranının bilinmesi gereklidir. Bu çalışmada kullanılan bu yöntem EKAMA ve MARAIS; KAPPALER ve GUJER önerdiği yöntemlerle birlikte yürütülebilmektedir (UBAY ÇOKGÖR, 1995). Bu yöntem EKAMA ve MARAIS (1986) tarafından ifade edilen, substrattan 1 e⁻ transferiyle bu elektronu alacak elektron alıcısının, deneysel olarak belirlenmesi esasına dayanmaktadır.

Kolay ayrışabilir organik maddenin (S_s) belirlenmesi işleminde ölçülen oksijen tüketim hızına (OTH) paralel olarak, süzölmüş KOİ değerleri bulunmaktadır. Oksijen tüketim hızları OTH_1 ' den OTH_2 değerine düştüğünde kolay ayrışan organik maddelerin tükendiği, çoğalma prosesinin yavaş ayrışan organik maddenin (S_H) hidroliz hızına bağlı olarak devam ettiği kabul edilmiştir. Bu aşamada içsel solunum fazını karakterize eden bir üçüncü seviye OTH değerinin bilinmesi gerekmektedir. KAPPELER ve GUJER (1992) tarafından maksimum çoğalma hızı, μ_H 'ın

belirlenmesi için önerilen yöntemde μ_H ve b_H ' in ayrı ayrı belirlenmesi için yaklaşık olarak b_H/μ_H oranının %5 olduğu kabul edilmektedir. Bu yöntemde de içsel solunum fazını karakterize eden OTH değeri, başlangıç OTH₁ değerinin %5' i kadar alınmıştır.

OTH ölçümleriyle aynı zaman dilimlerinde alınan süzölmüş KOİ numunelerinde yürütülen deneylerde aşağıda verilen grafikleri elde etmek mümkündür (Şekil 5.10a), (Şekil 5.10b).



Şekil 5.10 Heterotrofik Dönüşüm Oranı, Y_H Bulunması

a) OTH Profili b) Süzölmüş KOİ profili

Heterotrofik dönüşüm oranı;

$$Y_H = 1 - \left(\frac{\Delta O_{ss} + \Delta O_{xs}}{\Delta KOİ} \right) \quad (5.45)$$

formülüyle bulunur.

• **Hidroliz Sabiti, k_h ve Hidroliz Doygunluk Sabiti K_X in Belirlenmesi**

Ayrışabilir organik maddenin yavaş ayrışabilir organik madde ve kolay ayrışabilir organik maddeden oluştuğu önceki bölümlerde bahsedilmişti. Yavaş ayrışabilir organik maddenin, kolay ayrışabilir organik maddeye dönüşmesi sürecinde etkili olan k_h ve K_X parametreleri, pratikte, arıtma tesislerinin tasarımında ve istenen şartların sağlanmasında önem taşımaktadır. Bu çalışmada, hidroliz sabiti k_h ve hidroliz doygunluk sabiti K_X deneysel olarak elde edilen OTH profilleriyle, deneylerden elde edilen verilerle çalıştırılan modelin karşılaştırılmasıyla bulunmuştur. Eğri uydurmayla (curve fitting) elde edilen sonuçlar modelleme ait bölümde ele alınmıştır. Eğri uydurma yöntemiyle hidroliz sabiti k_h ve hidroliz doygunluk sabiti K_X ve yarı doygunluk sabiti K_S de belirlenebilmektedir.

Tekstil endüstrisi atıksularında yürütülen çalışmalardan elde edilen KOİ bileşenleri, kinetik ve stokiometrik sabitler Tablo 5.3' te verilmiştir (UBAY ÇOKGÖR, 1997).

Tablo 5.3 Literatürde tekstil endüstrisi atıksularındaki deney sonuçları

Parametre	Ortalama	Aralık
C_{T0} (mgKOİ/l)	990	715-1265
S_{T0} (mgKOİ/l)	627	470-900
TKN (mg/l)	54	25-114
TP (mg/l)	7.9	3.5-22
S_{S0} (mg KOİ/l)	144	135-152
S_{T0} (mg KOİ/l)	20	12-26
S_{H0} (mg KOİ/l)	416	323-539
X_{S0} (mg KOİ/l)	352	225-465
S_{S0}/C_{T0}	0.158	0.135-0.194
S_{T0}/C_{T0}	0.023	0.021-0.028
S_{H0}/C_{T0}	0.445	0.345-0.501
X_{S0}/C_{T0}	0.374	0.287-0.5
Y_H (mgKOİ/mgKOİ)	0.62	-
μ_H (1/gün)	3.93	3.8-4
K_S (mg/l)	10	-
k_h (1/gün)	2	2-2.1
K_X (mgKOİ/mgKOİ)	0.34	0.30-0.35

BOLUM VI

MATERYAL VE METOD

6.1 DENEY PROGRAMININ HAZIRLANMASI

İncelenen tesisten kaynaklanan atıksular üzerinde konvansiyonel karakterizasyon ve biyolojik arıtilabilirlik bazlı karakterizasyon çalışması yürütülmüştür. Konvansiyonel karakterizasyon çalışması üç proses (Ön yıkama, taşlama ve son durulama) için tekil ve kompozit numuneler üzerinde yapılmıştır.

Taşlama (Stone Wash) prosesini oluşturan sırasıyla I. Yıkama, taşlama ve son durulama işlemlerinin atıksu oluşumu sırasında alınan numuneler, her bir adım için ayrı ayrı karıştırılarak hazırlanmıştır. Atıksu miktarları her bir kademede değişim göstermediği için eşit miktarlarda karıştırılmış ve karakterizasyon işlemine başlanmıştır.

Taşlama (Stone Wash) genelinde kompozit olarak hazırlanan atıksu, 15-20 gr/lt ponza taşı içermesi nedeniyle bir süre çökelmeye bırakılmıştır. Ayrılan üst faz arıtilabilirlik çalışmalarında kullanılmıştır.

Karakterizasyon çalışmasında, toplam ve süzölmüş KOİ, toplam fosfor, $\text{NH}_3\text{-N}$, pH, alkalinite, Cl^- , AKM, UAKM, S^{2-} , SO_4^{2-} , parametreleri ölçölmüştür.

Aklımasyon ve biyolojik arıtilabilirlik çalışması için taşlama (Stone Wash) prosesine ait her atıksu kaynağından ayrı ayrı toplanan numuneler, toplam oluşun atıksu miktarına oranlanarak karıştırılmıştır. İncelenen 3 ayrı tesis için bu oranlar Bölüm 3' te sunulmuştur.

Kompozit hazırlanmış atıksuda kolay ayrışabilir organik madde (S_s), heterotrofik dönüşüm oranı (Y_H), maksimum çoğalma hızı (μ_H), içsel solunum hızı (b_H) yanında atıksuyun inert fraksiyonu ile ilgili deneyler yürütülmüştür.

6.2 DENEY DÜZENEGİ

Çalışma kapsamında incelenen tekstil endüstrisi, aynı üretimi gerçekleştiren 3 alternatif sistemin karakterizasyon ve biyolojik arıtılabilirliği incelenmiştir.

• Aklimasyon

Respirometrik ölçümler ve diğer laboratuvar ölçekli deneylerde kullanılacak heterotrofik biyokütlenin, farklı karakterdeki bir reaktörden aşı çamuru alınarak incelenen atıksuya alıştırılma işlemine başlanmıştır. Laboratuvar şartlarında 3 litrelik doldur-boşalt reaktörlerde çamur yaşı (θ_x) 10 gün, F/M oranı 0.5 mg KOİ/mg UAKM-gün olacak şekilde iki ay süresince alıştırılarak deneysel çalışmalara hazırlanmıştır. Benzer şekilde atıksuyun inert fraksiyonlarının ölçülmesinde kullanılan biyokütle, aynı KOİ eşdeğerine sahip %50 glukoz ve %50 atıksu karışımıyla beslenmiştir. Atıksuda azot ve fosfor (besi maddesi) eksik olduğundan gereken miktar Çözelti A ve Çözelti B' den karşılanmıştır. Tamponlama özelliğine sahip Çözelti A ve çeşitli eser elementler içeren Çözelti B' den 1000 mg KOİ için 10 ml. konulmuştur (O' CONNOR, J.T., 1972), (Tablo 6.1).

Tablo 6.1 Çözelti A ve Çözelti B nin bileşenleri

Çözelti B	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	15 gr/lt
	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5 gr/lt
	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5 gr/lt
	$MnSO_4 \cdot 3H_2O$	0.5 gr/lt
	$CaCl_2$	2 gr/lt
Çözelti A	K_2HPO_4	320 gr/lt
	KH_2PO_4	160 gr/lt
	NH_4Cl	120 gr/lt

- **S_s Belirleme Deney Düzenegi**

Kolay ayrışabilen organik maddenin bulunması aerobik şartlar altında kesikli olarak çalıştırılan silindirik reaktörlerde gerçekleştirilmiştir. Gereken miktarda nütrient eklenerek ortamda 6-8 mg/l oksijen konsantrasyonu sağlanarak, zamana karşı OTH ölçümleri yapılmıştır. Difüzörlerle havalandırılıp manyetik karıştırıcıyla tam karışımı sağlanan reaktörlerden 50 ml. lik erlenlerde alınan numunelerde çözünmüş oksijen ölçümleri 4-5 saat sürdürülmüştür. Nitrifikasyondan kaynaklanan girişimleri engellemek için Formula 2533 (Hach Company) inhibitörü eklenmiştir. Yürütülen kesikli deneylerde F/M oranı 0.5-1.5 olarak ayarlanmıştır.

- **μ_H belirleme yöntemi**

Maksimum heterotrofik çoğalma hızının bulunmasına yönelik deneysel çalışmalar, F/M (KOİ/UAKM) oranı yaklaşık 5 olan, süzölmüş atıksu ve aklime olmuş biyokütle ile yürütölmüştür. Havalandırılan ve tam karışımı sağlanan reaktörlerden alınan numunelerde OTH ölçümleri yapılmış ve maksimum çoğalma hızları hesaplanmıştır. Biyokütlenin aktivitesinin bulunabilmesi için maksimum çoğalma hızı deneyi, S_s bulma deneyine paralel olarak yürütölmüştür.

- **b_H Belirleme Yöntemi**

İçsel solunum hızı b_H' ın belirlenebilmesinde 1 litre hacimde çalışılan ve 2000 -3000 mg/l UAKM aralığında biyokütle içerkli kesikli çalışan reaktörlerde 20 gün boyunca OTH ölçümleri yapılmıştır. Düşük miktarda besleme yapılp besi maddesi eklenmiş ve ölçümler başlangıçtaki OTH değerkinin 1/10' u elde edilinceye kadar sürdürölmüştür.

- **S_I Belirleme Düzeni**

Çözönmüş kalıcı KOİ, S_I nın belirlenmesinde süzölmüş atıksu ve aynı KOİ eşdeğerkinde hazırlanmış glukoz çözeltisi 1' er litrelik hacimde iki ayrı reaktöre konarak 30 mg/l UAKM konsantrasyonunu sağlayacak şekilde biyokütle ilavesi

yapılmıştır. Reaktörlere besi maddesi konarak havalandırılmış ve zamana karşı süzölmüş KOİ değeri 30-40 gün boyunca ölçölmüştür.

- **Analiz Yöntemleri**

Tüm analizler, Standart Metodlar' da (APHA, 1989) belirtildiğı şekilde yapılmıştır. Süzölmüş numunelerin elde edilmesi, AKM ve UAKM parametrelerinin bulunmasında Whatman GF/C cam elyaf filtre kullanılmıştır. Çözönmüş oksijen konsantrasyonu ölçümü "WTW OXI 2000" oksijenmetre ve buna bağılı "WTW P2000" yazıcı ile OXI 539 tarafından yapılmıştır.

BÖLÜM VII

DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

7.1 ATIKSU KARAKTERİZASYONU VE KİRLENME PROFİLİ

7.1.1 Konvansiyonel Atıksu Karakterizasyonu

Üretimin kademelerini oluşturan 1.yıkama, taşlama ve son durulama aşamalarından alınmış numuneler üzerinde yürütülen atıksu karakterizasyon sonuçları Tablo 7.1’ de verilmiştir.

Tablo 7.1 Tesis.I’ e ait tekil atıksu karakterizasyonu

Parametre (mg/l)	SET.1			SET.2		
	1.Yıkama	Taşlama	Son D.	1.Yıkama	Taşlama	Son D.
Toplam KOI	4640	2090	470	5900	2250	270
Süz. KOI	3960	1680	450	5800	2200	250
AKM	640	1240	410	800	1900	400
UAKM	470	250	120	100	480	90
TKN	70	45	13	70	35	7
NH ₃ -N	19	19	10	9	8	6
TP	10	60	39	4	6	30
pH	7.2	7.7	7.5	7.8	8.1	8.8
Deterjan	11	5	9	8	6	10
Alkalinite	760	520	720	700	440	560
Cl-	890	1000	800	740	700	660
SO ₄ ⁼	-	-	-	75	140	40
S ⁼	16	16	20	20	20	20
Q / Q _{TOPLAM}	0.25	0.36	0.39	0.25	0.36	0.39

Taşlama (Stone Wash) tekil numuneleri tabloda verilen debi oranlarıyla birleştirildiğinde Tesis I, Tesis II ve Tesis III’ e ait genel atıksu karakterizasyonu aşağıda verilmiştir (Tablo 7.2); (Tablo 7.3).

Tablo 7.2 Tesis I' e ait genel atıksu karakterizasyonu

Deney No	Top.KOI (mg/l)	Süz. KOİ (mg/l)	TKN (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TP (mg/l)	pH	Deterjan (mg/l)	Alkalinite (mg/l CaCO ₃)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁼ (mg/l)	S ⁼ (mg/l)	AKM (mg/l)	UAKM (mg/l)
SET1	2160	1730	40	14	38	7.2	8	620	840	-	16	620	160
SET2	2400	2000	25	7	10	8.6	7.8	560	670	90	20	800	100
SET3	1900	1460	19	4.2	6	8.9	23	880	250	100	35	220	90
SET4	1930	1680	26	9.8	30	7.2	24	530	749	130	16	514	146
SET5	1850	1550	52	15	15	7.3	-	650	990	-	-	-	-
SET6	1230	1000	23	6.3	12	8.9	-	532	-	-	-	-	-
Ortalama	1910	1570	31	9.4	18.5	8.0	15.7	628	699	106	21.8	538	124
Std. Sapma	392	336	12.5	4.4	12.6	0.8	9	132	278	20.8	9.03	243	35

Tablo 7.3 Tesis II ve Tesis III' e ait genel atıksu karakterizasyonu

Tesis No	Top.KOI (mg/l)	Süz. KOİ (mg/l)	TKN (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TP (mg/l)	pH	Deterjan (mg/l)	Alkalinite (mg/l CaCO ₃)	Cl ⁻ (mg/l)	AKM (mg/l)	UAKM (mg/l)
Tesis II	2400	1700	35	5.6	34	9.3	-	530	-	5000	680
Tesis III	1940	1650	32	1	35	8.93	4	440	400	350	100

Not: Tüm analizler, 6 saatlik çöktürme işleminden sonra yapılmıştır.

7.1.2 Kirlenme profili

Üretimde bir seferde 55 pantolon (yaklaşık 45 kg) işleminden geçirilmektedir. Tesis I, Tesis II, Tesis III, aynı hammaddede Taşlama (Stone Wash) prosesini uygulayan farklı üretim şekillerini göstermektedir.

İncelenen Tesis I, Tesis II, Tesis III' e ait kirlenme profili Tablo 7.4' de gösterilmiştir. kirlenme profilinde önem derecesine göre KOİ, toplam fosfor ve TKN parametreleri kullanılmıştır.

Tablo 7.4 Tesis I, Tesis II ve Tesis III' e ait kirlenme profilleri

Tesis	Parametre	Konsant. (mg/l)	Debi (Q) (dm ³ /pant.)	Debi (Q) (dm ³ / kg ürün)	Yük	
					(g /pant.)	(g/kg ürün)
Tesis I	Top KOİ	1850	55.45	67.77	102.582	125.374
	TKN	31			1.719	2.101
	TP	18.5			1.025	1.254
Tesis II	Top KOİ	2400	56.00	68.44	134.40	164.256
	TKN	35			1.960	2.395
	TP	34			1.904	2.327
Tesis III	Top KOİ	1940	48.73	59.55	94.536	115.527
	TKN	32			1.559	1.906
	TP	35			1.705	2.084

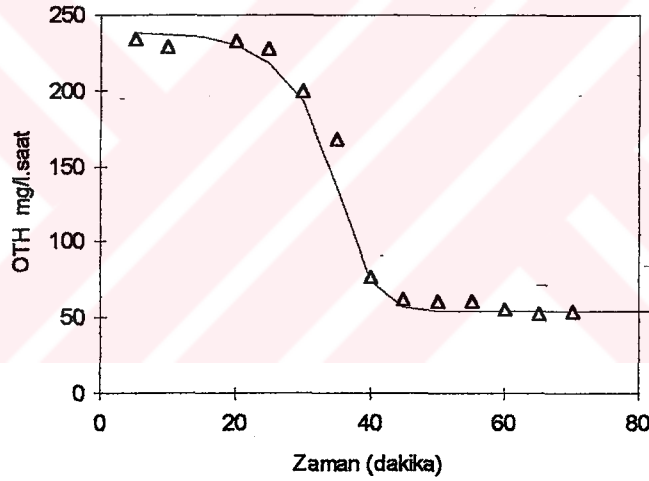
7.1.3 KOİ bileşenleri, kinetik ve stokiometrik katsayıların belirlenmesi

Taşlama (Stone Wash) yapan endüstriden alınan ve debi ağırlıklı kompozit olarak hazırlanan numunelerde deneyler yürütülmüştür. Tesis I'den (SET 5) alınan numunelerde yapılan deney sonuçları aşağıda verilmektedir. Tesis II ve Tesis III' e ait atıksulardan elde edilen grafikler Ekler bölümünde sunulmuştur.

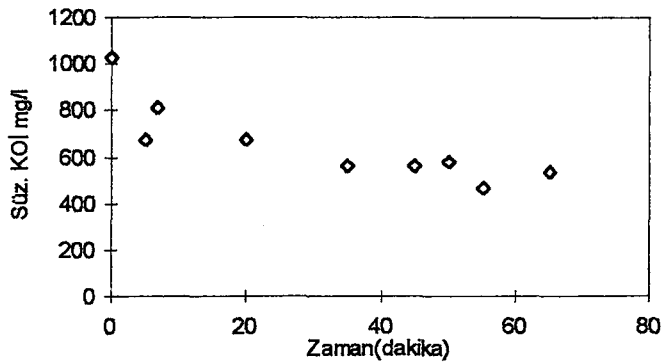
Yüksek askıda katı madde oluşturan ponza taşının, KOİ vermediği ve biyolojik reaksiyona girmediğinden KOİ bileşenlerinin belirlenmesinde yeralan girişteki partiküler inert madde, X_I ihmal edilmiştir.

Tesis I' e ait Deney Sonuçları

EKAMA ve MARAIS (1986), kolay ayrıışan organik madde (S_{s0}) deneyi çamur yaşı 10 gün olan biyokütle kullanılarak yürütülmüştür. Besi maddesi ihtiyacını karşılamak için 10' ar ml. Çözelti A ve Çözelti B konulup 0.67 F/M (grKOİ/grUAKM) oranını sağlayacak şekilde havalandırılarak OTH ölçümleri 2 saat boyunca sürdürülmüştür. Tesis I (Set 1)' e ait deney sonuçları ve hesaplama aşağıda verilmektedir. Atıksu hacmi 750 ml, aşı çamuru 100 ml. dir.



Şekil 7.1 Tesis I (Deney 1)' e ait S_s belirleme grafiği



Şekil 7.2 Tesis I (Deney 1)' e ait süzölmüş KOİ profili

Grafikler elde edilen değerlerden b_H sınırının 6.1 mg/l.saat olarak bulunması ile,

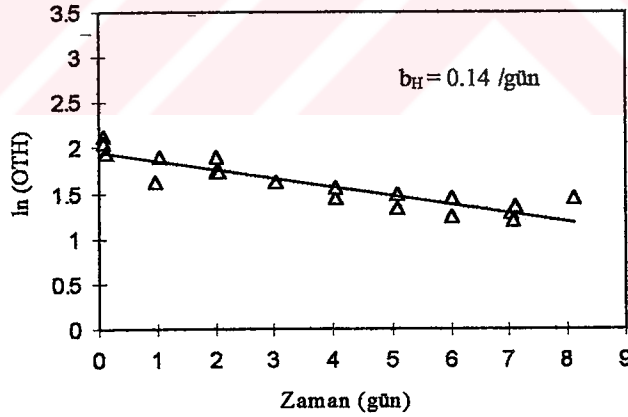
$$Y_H = 1 - \frac{\Delta O}{\Delta S} = 1 - \frac{131.413}{1001 - 585} = 0.68 \quad (7.1)$$

bulunur. Heterotrofik dönüşüm oranı, Y_H ' ı kullanarak,

$$S_{so} = \frac{88.84}{1 - 0.68} \cdot \frac{0.75 + 0.1 + 0.02}{0.75} = 322 \text{ mg/l} \quad (7.2)$$

bulunur.

İçsel solunum hızı (b_H) belirlenmesinde 3000 mg/l UAKM konsantrasyonu sağlayacak şekilde 1 litrelik hacimdeki reaktöre 10' ar ml besi maddesi içeren çözeltilerden ve 50 ml atıksu konularak 20 gün boyunca OTH değerleri ölçülmüştür. İlk OTH değerinin % 10' u elde edilinceye kadar bu ölçümler sürdürülmüştür.



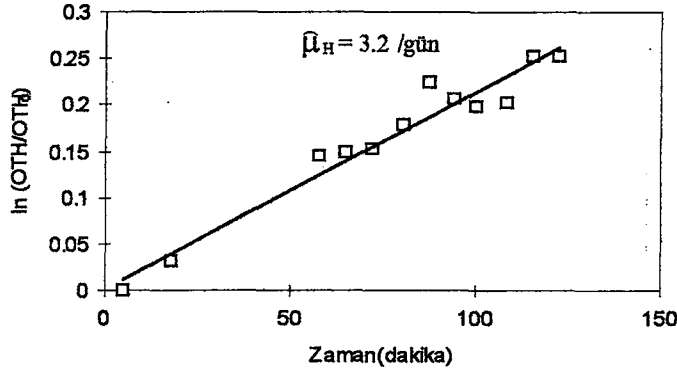
Şekil 7.3 Tesis I' e ait b_H belirleme grafiği

Elde edilen doğrunun eğiminden,

$$b_H = 0.14 /gün \quad (7.3)$$

bulunur .

Heterotrofik maksimum çoğalma hızı μ_H deneyi (KAPPELER ve GUJER 1992) biyokütle aktivitesinin belirlenebilmesi için S_{s0} deneyine paralel olarak yürütülmüştür. F/M oranı 8 (mg KOİ/ mg UAKM) olacak şekilde aş çamuru kullanılmıştır. Tesis I' e ait OTH profilinden maksimum çoğalma hızı hesaplanmıştır;



Şekil 7.4 Maksimum Çoğalma Hızı, μ_H belirleme grafiği

Grafikten, GUJER (1992) ve EKAMA ve MARAIS (1986) deney sonuçlarından biyokütle aktivitesi;

$$\mu_H - b_H = 3.03 /gün \quad (7.4)$$

bulunur. İçsel solunum hızı, b_H değeri denklem (7.4)' te yerine konursa;

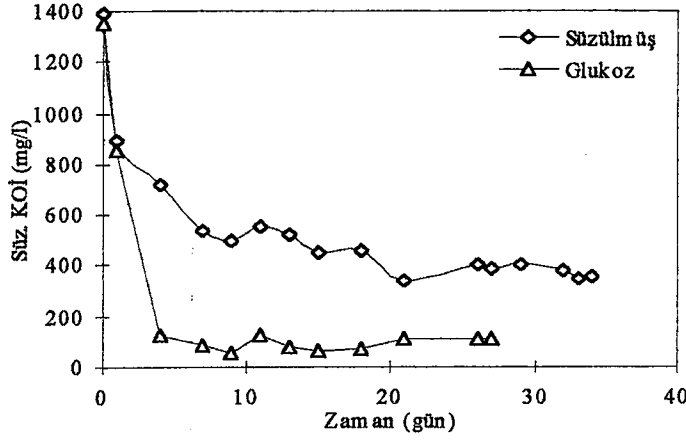
$$\mu_H = 3.2 /gün \quad (7.5)$$

olarak hesaplanır. Paralel olarak yürütülen S_s ve μ_H deneylerinden aktivite, f_a bulunur.

$$f_a = \frac{\frac{1 - Y_H}{1.48 \cdot Y_H} \cdot OTH_0 \cdot 24}{\mu_H \cdot X \cdot V_T} = \frac{\frac{1 - 0.68}{1.48 \cdot 0.68} \cdot 180 \cdot 24}{3.2 \cdot 2410 \cdot 0.86} = 0.95 \quad (7.6)$$

Girişteki çözünmüş inert madde (S_I)' nin bulunmasında karşılaştırmalı yöntem kullanılmıştır (GERMİRLİ, 1990). Deneyde hacmi 1.5 litre olan süzölmüş atıksu ve

glukoz çözeltisinin bulunduğu reaktörlere 30 mg/l UAKM konsantrasyonunu sağlayacak şekilde biyokütle aşılacaktır. Reaktörler havalandırılarak zamana karşı süzölmüş KOİ değerleri incelenmiştir.



Şekil 7.5 Tesis I' e ait girişteki çözölmüş inert KOİ, S_I belirleme grafiği

Tablo 7.5 Tesis I (SET 5)'e ait İnert çözölmüş KOİ analiz sonuçları

Zaman (gün)	Atıksu KOİ _{süz}	Glukoz KOİ _{süz}
0	1400	1392
1	890	1000
4	718	123
7	535	-
9	498	56
11	553	124
13	521	79
15	447	60
18	462	75
21	341	112
26	402	107
27	387	112
29	406	-
32	386	-
33	350	-
34	352	-

Grafikten, nihai çözünmüş KOİ ler arasındaki farktan,

$$S_I = 352 - 112 = 240 \text{ mg/l} \quad (7.9)$$

bulunur.

Tesis II' ye ait deney sonuçları

Tesis II' ye ait atıksu ile yürütülen deneylerde μ_H , 2.7/gün , heterotrofik dönüşüm oranı Y_H 0.68 (gr KOİ/gr KOİ), kolay ayrışan organik madde (S_{s0}) 330 mg/l, girişteki inert çözünmüş madde S_I , 100 mg/l olarak bulunmuştur. Aktivite katsayısı f_a , 0.93 olarak hesaplanmıştır.

Tesis III' ye ait deney sonuçları

Tesis III' e ait atıksu ile yürütülen deneylerde μ_H , 4.9/gün, kolay ayrışan organik madde S_{s1} , 400 mg/l. Aktivite katsayısı f_a , 0.55 olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda heterotrofik dönüşüm oranı Y_H , 0.68 olarak kabul edilmiştir.

Tablo 7.6 Üç tesis için yürütülen deney sonuçları

Tesis	Atıksu	C_T/X_T (g KOİ/gKOİ)	T °C	S_{SI} (mgKOİ/l)	S_{II} (mgKOİ/l)	μ_H (gün ⁻¹)	Y_H (mg KOİ/mgKOİ)	b_H (gün ⁻¹)	f_a -
Tesis 1	Ham	0.67	16	322	240	3.15	0.68	0.14	0.95
	Ham	1.34	16	325			0.68		0.95
Tesis 2	Süz	0.76	16	330	100	2.7	0.68		0.93
	Ham	1.10	16	340					0.60
Tesis 3	Süz	1.42	17	400	100*	4.9	0.68*		0.56
	Ham	1.66	17	425					0.50

* Kabul edilen

7.2 MODELLEME

Karbon giderimi ve stokiometrisi ve kinetiği içsel solunum modeli yaklaşımı çerçevesinde Tablo 6.'da gösterilmiştir. Atıksuda bulunan çözünmüş ve partiküler organik madde (S_s ve X_s) ve biyolojik olarak ayrışamayan (S_i ve X_i) olarak sınıflandırılır. Aktif biyokütlenin (X_H) faaliyeti sonucu, çözünmüş ve partiküler mikrobiyal ürünler (S_p ve X_p) oluşmaktadır. Modelde aktif biyokütlenin f_{EX} kadarının partiküler mikrobiyal ürüne ve f_{ES} kadarının da çözünmüş mikrobiyal ürüne dönüştüğü kabul edilmektedir. Girişteki partiküler inert maddeler ve oluşan ürünler biyokimyasal reaksiyona girmezler, sistemde birikirler ve ancak çamur atılmasıyla uzaklaştırılırlar (ORHON ve ARTAN, 1994). Biyokimyasal süreç sonucu oluşan çözünmüş mikrobiyal ürünün, bozunma mekanizmasına bağlı olduğu kabul edilmiştir.

Tablo-7.7 Modellemede kullanılan İçsel Solunum Modeli yaklaşımında karbon giderim mekanizmasının stokiometrisi ve kinetiği

Bileşen →	1	2	3	4	5	6	Proses Hızı
Proses ↓	S_s	X_s	X_H	X_p	S_p	S_o	$ML^{-3}T^{-1}$
Çoğalma	$-\frac{1}{Y_H}$		1		α_D	$-\frac{1-\alpha Y_H - Y_H}{Y_H}$	$\mu \frac{S_s}{K_s + S_s} X_H$
Hidroliz	1	-1					$k_h \frac{X_s/X_H}{(K_X + X_s/X_H)} X_H$
Ölüm			-1	f_{EX}	f_{ES}	$-(1 - f_{EX} - f_{ES})$	$b_H \cdot X_H$
Parametre ML^{-3}	KOİ	KOİ	Hücre KOİ	KOİ	KOİ	O_2	

Aktif çamur davranışının simülasyonu için bileşen arasında gerçekleşen bütün reaksiyonların dikkate alınması gerekmektedir. Yukarıda verilen matris yardımıyla model bileşenlerinin reaksiyon hız ifadeleri aşağıda verilmiştir.

$$\frac{dS_o}{dt} = -\frac{1 - Y_H}{Y_H} \cdot \mu_H \cdot \frac{S_s}{K_s + S_s} \cdot X_H - (1 - f_{EX} - f_{ES}) \cdot b_H \cdot X_H$$

$$\frac{dS_s}{dt} = -\frac{\mu_H}{Y_H} \cdot \frac{S_s}{K_s + S_s} \cdot X_H - k_h \cdot \frac{X_s/X_H}{K_X + X_s/X_H} \cdot X_H$$

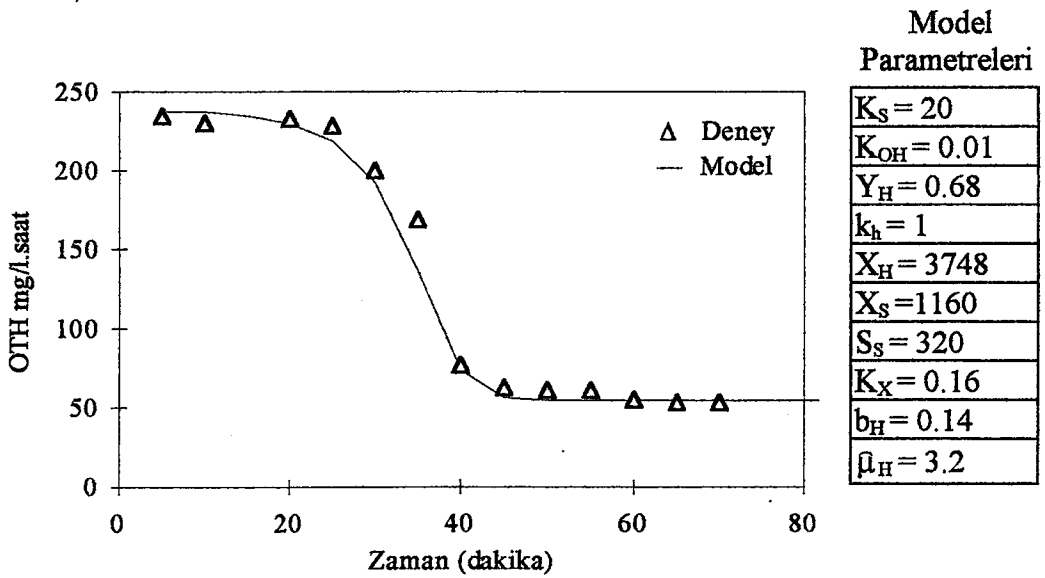
$$\frac{dX_H}{dt} = -\mu_H \cdot \frac{S_s}{K_s + S_s} \cdot X_H - b_H \cdot X_H$$

$$\frac{dX_s}{dt} = -k_h \cdot \frac{X_s/X_H}{K_X + X_s/X_H} \cdot X_H$$

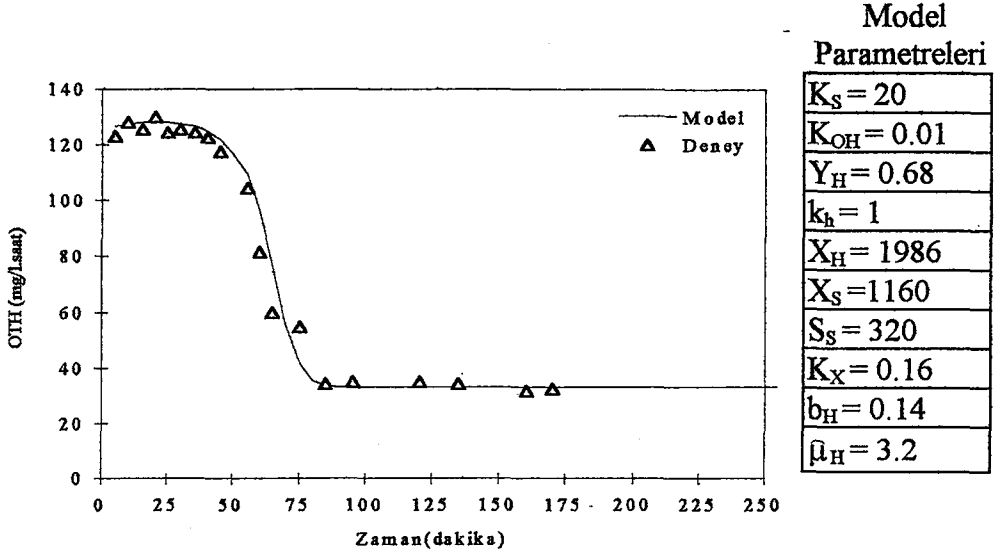
$$\frac{dX_P}{dt} = -f_{EX} \cdot b_H \cdot X_H$$

$$\frac{dS_P}{dt} = -f_{ES} \cdot b_H \cdot X_H$$

Tam karışımli kesikli bir reaktörde, yukarıdaki bileşenleri içeren denklemler BASIC programlama dili yardımıyla 4^o Runge-Kutta yöntemiyle çözülerek zamana karşı oksijen tüketim hızı profilleri elde edilir. Deneysel olarak elde edilmiş verilere uygulanan eğri uydurma (curve fitting) yöntemi ile deneysel olarak elde edilemeyen K_X , k_h , K_s parametreleri de belirlenebilir. İncelenen tesisler için uygulanan bu yöntem sonuçları aşağıda verilmiştir

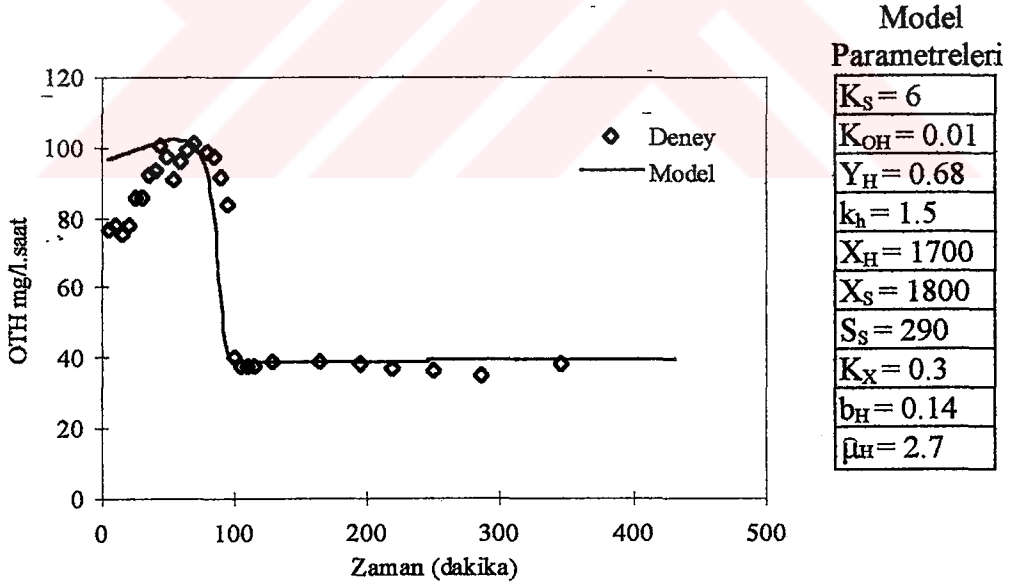


Şekil 7.6 Tesis I (Deney 1)' e ait deney ve model sonuçları

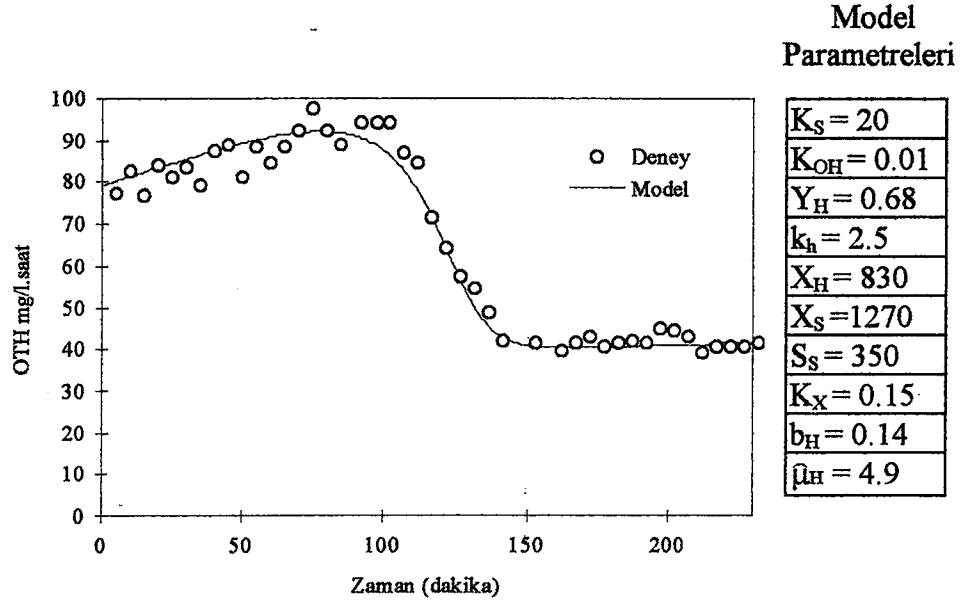


Şekil 7.7 Tesis I (Deney 2)' e ait deney ve model sonuçları

Tesis II ve Tesis III'e ait atıksudan elde edilen OTH profiline eğri uydurma prosedürü uygulandığı zaman aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 7.8 Tesis II' ye ait deney ve model sonuçları



Şekil 7.9 Tesis III' e ait deney ve model sonuçları

Eğri uydurma (curve fitting) işlemiyle tesisler için bulunan k_h , K_X ve K_S değerleri Tablo 7.8' de verilmektedir.

Tablo 7.8 İncelenen tesisler için modelden bulunan k_h , K_X ve K_S değerleri

TESİS	k_h (1 / gün)	K_X (mgKOİ /mg KOİ)	K_S (mg/l KOİ)
Tesis I	1	0.16	20
Tesis II	1.05	0.3	6
Tesis III	2.5	0.15	20

7.3 DEĞERLENDİRME

Biyolojik arıtma tesisinin verimli olarak işletilebilmesi için tasarımın uygun olarak yapılması gereklidir. Tasarımdan önce atıksu karakterinin ve miktarının zamana göre değişimi izlenmelidir. Atıksuyun KOİ bileşenleri, kinetik ve stokiometrik sabitlerin

belirlenmesi ve projelendirme sonrası arıtma tesisinin düzenli işletiletilmesiyle istenen deşarj standartları yakalanabilir.

Atıksular üzerinde yürütülen deneyler sonucunda tesislere ait KOİ fraksiyonları, kinetik ve stokiometrik katsayılar Tablo 7.9 ve Tablo 7.10' da verilmektedir.

Tablo 7.9 Atıksuların KOİ fraksiyonları

Tesis	Topl. C_{TO}	Süz. S_{TO}	S_{SO} (mgKOİ/l)	S_{HO} (mg KOİ/l)	X_{SO} (mgKOİ/l)	S_{IO} (mgKOİ/l)	$f_{SS} = S_{SO}/C_{TO}$	$f_{SI} = S_{IO}/C_{TO}$
I	1850	1550	325	995	300	230	0.175	0.124
II	2400	1700	330	1270	700	100	0.138	0.041
III	1940	1650	410	1140	290	100*	0.211	-

* kabul edilmiştir.

Tablo 7.10 Atıksulara ait kinetik ve stokiometrik katsayılar

Tesis	μ_H (1/gün)	b_H (1/gün)	Y_H (mgKOİ/mg KOİ)	K_S (mgKOİ/l)	k_h (1/gün)	K_X (mg KOİ/mgKOİ)
I	3.2	0.14	0.68	20	1	0.16
II	2.7		0.68	6	1.05	0.3
III	4.9		0.68*	20	2.5	0.15

* Kabul edilmiştir.

Bu çalışmada, jean (kot pantolon) yıkama yapan fabrikanın 3 farklı prosesinden (Tesis I, Tesis II, Tesis III) kaynaklanan atıksulardan kompozit olarak hazırlanan numunelerin KOİ bileşenlerinin, kinetik ve stokiometrik parametrelerin değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır.

Tesis I için yapılan konvansiyonel karakterizasyon çalışmasında toplam ve süzölmüş KOİ parametresi zamana göre değişiklik göstermektedir. Bu parametrenin ortalama değerinin, yine bu endüstrinin bulunduğu altkategorideki spesifik değerinden yüksek olduğu gözlenmiştir. Taşlama (Stone Wash) prosesinin önyıkama, taşlama, son

durulama adımlarından alınan tekil numularda yürütülen karakterizasyon çalışmasında KOİ yükünün büyük oranda ön yıkamadan kaynaklandığı belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasını oluşturan KOİ fraksiyonlarının belirlenmesinde de, su ve kimyasal madde kullanımına bağlı olarak farklılıklar gözlenmiştir. Atıksuyun yapısına bağlı olarak aynı biyokütleinin maksimum çoğalma hızı (μ_H)'nın farklılık gösterdiği saptanmıştır. Modelleme çalışmasıyla elde edilen sonuçlarda Tesis I ve Tesis III'ün yarı doygunluk sabiti (K_S) ve hidroliz yarı doygunluk sabit (K_X)'inin birbirine yakın değerde olduğu bulunmuştur.

Deneysel çalışmalardan elde edilen dönüşüm oranı Y_H , incelenen ilk 2 tesiste 0.68 mgKOİ/mgKOİ olarak belirlenmiştir. III. Tesiste ise dönüşüm oranı 0.68 alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Her üç tesiste S_{SO}/C_{T0} oranları sırasıyla 0.175, 0.138, 0.211 değerlerini almakta ve çok büyük bir yüzdeyi, yavaş ayrışabilir KOİ oluşturmaktadır. Yavaş ayrışabilir KOİ (X_S ve S_H)'nin girişteki toplam KOİ'ye oranları sırasıyla 0.7, 0.82 ve 0.73 değerlerini almaktadır. İncelenen atıksularda elde edilen S_I/S_T oranları tekstil endüstrisi atıksuları için literatürde verilen 0.026-0.22 değerleri arasında kalmaktadır. Elde edilen μ_H ve K_S literatürle karşılaştırıldığında, aralık olarak verilen değerler ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Literatürde evsel nitelikli atıksular üzerinde yapılan çalışmalarla, maksimum çoğalma hızı μ_H değerinin 2.7-6.5 /gün, yarı doygunluk sabiti K_S 'in 2.5-30 mg/l, hidroliz hız sabiti k_h 'in 1-5 /gün, hidroliz yarı doygunluk sabiti K_X 'in 0.01-0.8 mgKOİ/mgKOİ değerleri arasında olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada elde edilen μ_H , K_S , k_h ve K_X katsayılarının verilen bu aralıklar arasında kaldığı ve evsel nitelikli atıksuya benzer özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

BÖLÜM VIII

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada tekstil endüstrisi kapsamına kot yıkama tesisinden kaynaklanan atıksular üzerinde yürütülen deneyler ile genel atıksu karakterizasyonu, KOİ bileşenleri, stokiometrik ve kinetik katsayılar belirlenmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Yürütülen karakterizasyonu çalışmasında Tesis I' den kaynaklanan atıksuların toplam KOİ' sinin 1230-2400 arasında değiştiği, ve ortalama olarak 1910 mg/l değerini aldığı görülmektedir. Azot ve fosfor açısından değerlendirme yapıldığında toplam fosforun 6-38 mg/l aralığında, TKN' nin ise 19-52 mg/l gibi geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir. Genelde üç tip atıksuda da $\text{NH}_3\text{-N}$ ' nin biyolojik arıtma için gerekli konsantrasyonu sağlayamamakta ve $\text{NH}_3\text{-N/TKN}$ oranı 0.22-0.37 arasında değişim göstermektedir. Tesis II ve Tesis III' ten kaynaklanan atıksuların toplam KOİ, toplam fosfor, TKN konsantrasyonları Tesis I' den elde edilen değerlere paralellik göstermektedir.

Her üç atıksu numunesi üzerinde yürütülen deneysel çalışmalarda KOİ bileşenleri belirlenmiştir. Tesis I-II-III için, kolay ayrışan organik madde, S_{so} ' ın, atıksuyun toplam KOİ' sine oranı, sırasıyla 0.175, 0.138, 0.211 olarak bulunmuştur. Girişteki inert organik madde (S_i)' nin atıksuyun toplam KOİ' sine oranı Tesis I ve II için % 0.124 ve 0.041 olarak hesaplanmıştır. Yavaş ayrışabilir organik madde oranı ise 0.70, 0.73, 0.82 gibi yüksek değerlere sahiptir.

Heterotrofik dönüşüm oranı, Y_H değeri deneysel olarak 0.68 mgKOİ/mgKOİ bulunmuştur.

Kot yıkama tesisi atıksularında yürütülen deneylerde maksimum çoğalma hızı, μ_H 16-17°C sıcaklığında Tesis I-II-III için sırasıyla 3.2, 2.7, 4.9 /gün değerlerini almaktadır. Yarı doygunluk sabiti, K_s , I ve III no.lu tesis atıksuları için 20 mg/l bulunmuştur. Modelleme çalışmaları sonucunda, hidroliz sabiti, k_h , değerleri 1, 1.5, 2.5 /gün; hidroliz doygunluk sabiti K_X , sırasıyla 0.16, 0.3, 0.15 mgKOİ/mgKOİ değerlerini almaktadır.

Biyolojik arıtmada gerekli olan azotun atıksuda düşük konsantrasyonda bulunması, bunun yanında hidroliz olabilen organik madde fraksiyonunun yüksek olması tasarım ve işletme aşamasında gözönüne alınmalıdır. Yüksek konsantrasyonda askıda katı madde içermesi nedeniyle, taşıma işlemi yapan kot yıkama tesisi atıksularına, biyolojik arıtmaya sokulmadan önce önçöktürme işleminin uygulanması gereği ortaya çıkmıştır.

Arıtma tesisi tasarımından önce, son derece değişken bir yapıya sahip tekstil endüstrisi atıksularının laboratuvar ölçekli çalışmalarla biyolojik arıtılabilirliğinin incelenmesi, ve bununla birlikte arıtılabilirlik alternatiflerinin değerlendirilmesi şartı yerine getirilmelidir.

KAYNAKLAR

APHA, AWWA, WPCF, (1989), Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17.th Edition, American Public Health Association, Washington D.C.

ÇOKGÖR, Ubay, E., (1997) Aerobik ve Heterotrofik Sistemlerde Kinetik ve Stokiyometrik Katsayıların Belirlenmesi ve Modellemesi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

DOLD, P.L., EKAMA, G.A., MARAIS, G.V.R., (1980), A General model for the Activated Sludge Process, Prog. Wat. Technol. Vol12, pp. 47-77

DOLD, P.L., EKAMA, G.A., MARAIS, G.V.R., (1986), Evaluation of The Activated Sludge Model Proposed By The IAWPRC Task Group, Wat.Sci.Technol., Vol.18, No.6, pp. 63-90

EKAMA, G.A., DOLD, P.L., MARAIS, G.V.R., (1986), Procedures For Determining Influent COD Fractions and the Maximum Specific Growth Rate of Heterotrophs in Activated Sludge Systems, Wat. Sci. Tech., Vol. 18, pp. 91-114.

EPA, Textile Industry Catalogue (1978)

GERMİRLİ, F., (1990), The Incremental and Comparison Methods for the Assessment of Initial Soluble Inert COD, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

GERMİRLİ, F., ORHON, D., ARTAN, N., (1991), Assessment of the Initial Inert Soluble COD in Industrial Wastewaters, Wat.Sci.Tech., Vol.23, pp 1077- 1086

GERMİRLİ, F., ORHON, D., TUNAY, O., (1990a), Tekstil Endüstrisinde Atıksu Özelliklerini Etkileyen Faktörler - Örnek Tesislerde Uygulaması, İ.T.Ü. 2. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu 90, Bildiriler Kitabı, syf. 95-108, İstanbul, Eylül.

GERMİRLİ, F., TUNAY, O., ORHON, D., (1990b), An Overview of the Textile Industry in Turkey-Pollution Profiles and Treatability Characteristics, Wat.Sci.Tech. , Vol.22, No.9, p.p. 265 - 274.

GÖKNİL, H., TORÖZ, İ., ÇİMŞİT, Y., (1984) Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları Projesi, Tekstil Endüstrisi, İ.T.Ü. Çevre ve Şehircilik Uygulama Araştırma Merkezi, Aralık.

- HENZE, M., (1992), Characterization of Wastewater for Modelling of Activated Sludge Processes, Water Sci. Technol. Vol.25, No.6, pp. 1-15.
- HENZE, M., GRADY, C.P.L.Jr., GUJER, W., MARAIS, G.V.R., MATSUO, T., (1987), IAWPRC Task Group Report on Mathematical Modelling for Design and Operation of Biological Wastewater Treatment, Final Report.
- KAPPELER, J., GUJER, W., (1992), Estimation of Kinetic Parameters of Heterotrophic Biomass Under Aerobic Conditions and Characterization of Wastewater for Activated Sludge Modelling, Wat.Sci.Tech. ,Vol.25.pp.125 - 139.
- MONOD, J. (1949), The Growth of Bacterial Cultures, An Rev. Of Microbiol. 3:371.
- METCALF, EDDY, (1981), Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse, Mc Graw Hill, New York.
- O' CONNOR, J.T., (1972), Environmental Engineering Unit Operations and Unit Process Laboratory Manual; Association of Environmental Engineering Professors
- ORHON, D., ARTAN, N., Activated Sludge Systems, (1994), Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster Basel. 761018.
- ORHON, D., ARTAN, N., ATEŞ, E., (1994a), A Description of Three Methods for the Determination of the Initial Inert Particulate Chemical Oxygen Demand of Wastewater, J.Chem.Tech.Biotechnol. &1. , pp.73 - 80.
- ORHON, D., GERMİRLİ, F., MERİÇ, S., TÜNAY, O. (1996), Endüstriyel Atıksuların Ön arıtımında anlamlı Denetim parametreleri ve Kirlilik Katsayılarının Belirlenmesi, İSKİ
- SOLLFRANK, U., GUJER, W., (1991), Characterization of Domestic Wastewater for Mathematical Modelling of the Activated Sludge Process, Wat.Sci.Tech. Vol.23, p.p.1057 - 1066.
- SU KİRLİLİĞİ KONTROL YÖNETMELİĞİ, 1988 4.9.1998 tarihli ve 19919 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmıştır.

EKLER

EK A	Tesis I' e ait Deneysel Çalışma Sonuçları ve Grafiklerin Gösterimi	73
EK B	Tesis II' e ait Deneysel Çalışma Sonuçları ve Grafiklerin Gösterimi	77
EK C	Tesis III' e ait Deneysel Çalışma Sonuçları ve Grafiklerin Gösterimi	83
EK D	Model Programı	86

EK A

Tesis I' e ait Deneysel Çalışma Sonuçları ve Grafiklerin Gösterimi

Tesis I (Deney 1)

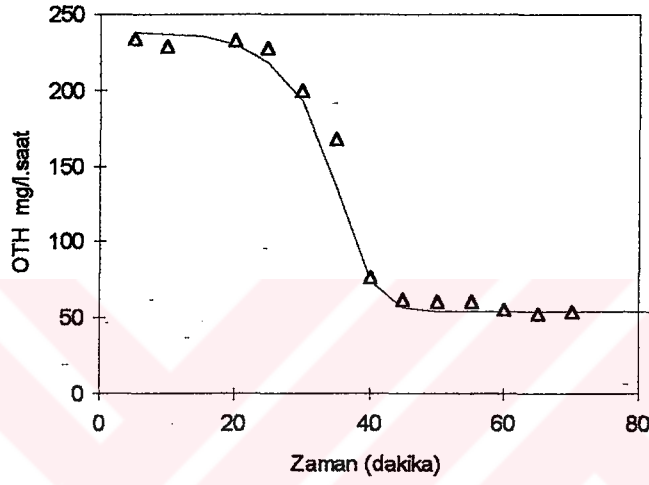
$$C_{T1}/X_{T1} = 0.67 \text{ mg KOİ / mg UAKM}$$

$$V_{ww} = 750 \text{ ml}$$

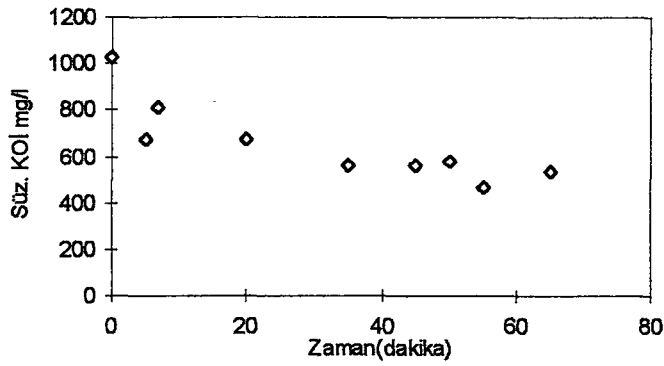
$$V_{ml} = 100 \text{ ml}$$

$$V_{\text{çöz}} = 20 \text{ ml}$$

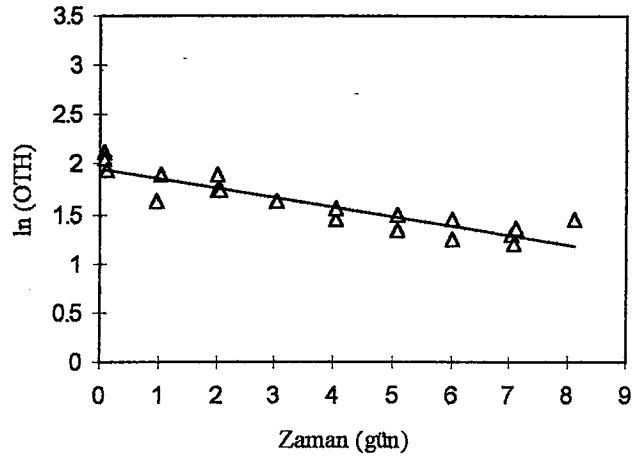
$$X_T = 2380 \text{ mg UAKM/l}$$



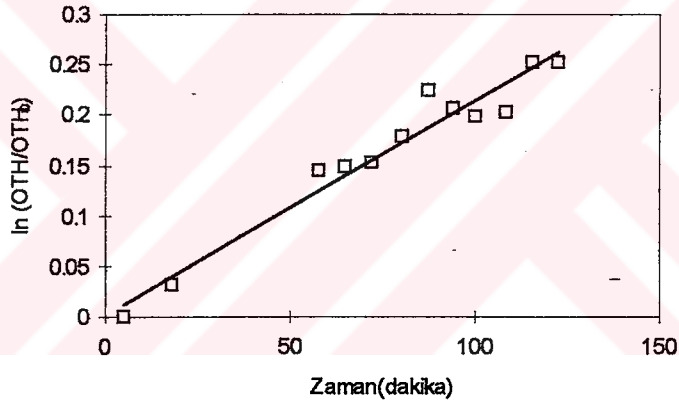
Şekil A.1 Tesis I (Deney 1)'e ait S_s belirleme grafiği



Şekil A.2 Tesis I (Deney 1)'e ait süzölmüş KOİ profili



Şekil A.3 Tesis I' e ait b_H belirleme grafiği



Şekil A.4 Tesis I' e ait $\mu_H - b_H$ grafiği

$$Y_H = 1 - \frac{\Delta O}{\Delta S} = 1 - \frac{131413}{1001 - 585} = 0.68$$

$$S_{s1} = \frac{88.84}{1 - 0.68} \cdot \frac{0.75 + 0.1 + 0.02}{0.75} = 322 \text{ mg/l}$$

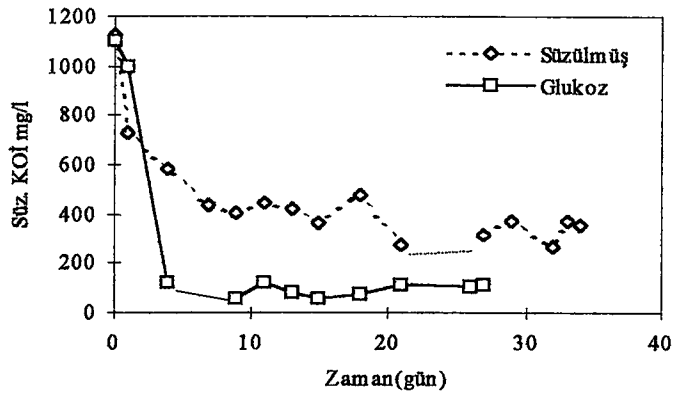
$$b_H = 0.14 \text{ /gün}$$

$$\mu_H = 3.15 \text{ /gün}$$

$$f_a = \frac{\frac{1-Y_H}{148 \cdot Y_H} \cdot OTH \cdot 24}{\mu_H \cdot X \cdot V_T} = \frac{\frac{1-0.68}{148 \cdot 0.68} \cdot 180 \cdot 24}{3.15 \cdot 2410 \cdot 0.86} = 0.95$$

Tablo A.1 Tesis I (SET 5)'e ait inert çözünmüş KOİ analiz sonuçları

Zaman (gün)	Atıksu KOİ _{SÜZ}	Glukoz KOİ _{SÜZ}
0	1400	1392
1	890	1000
4	718	123
7	535	-
9	498	56
11	553	124
13	521	79
15	447	60
18	462	75
21	341	112
26	402	107
27	387	112
29	406	-
32	386	-
33	350	-
34	352	-



Şekil A.5 Tesis I' e ait girişteki çözünmüş inert KOİ belirleme grafiği

$$S_I = 352 - 112 = 240 \text{ mg/l}$$

$$Y_{SP} = 0.08$$

EK B

Tesis II' ye ait Deneysel Çalışma Sonuçları ve Grafiklerin Gösterimi

Tesis I (Deney 2)

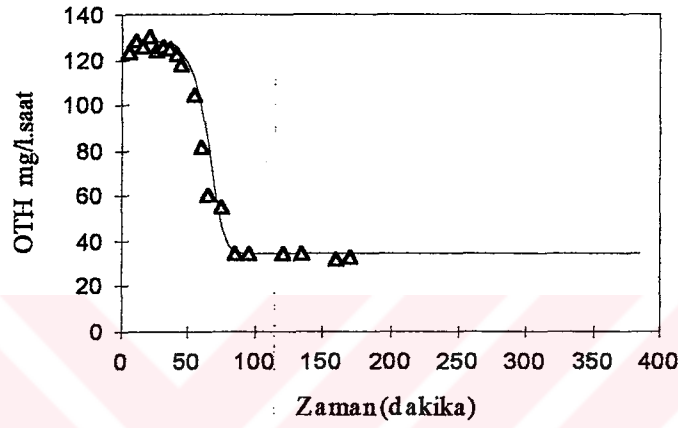
$$C_{T1}/X_{T1} = 1.34 \text{ mg KOİ / mg UAKM}$$

$$V_{ww} = 750 \text{ ml}$$

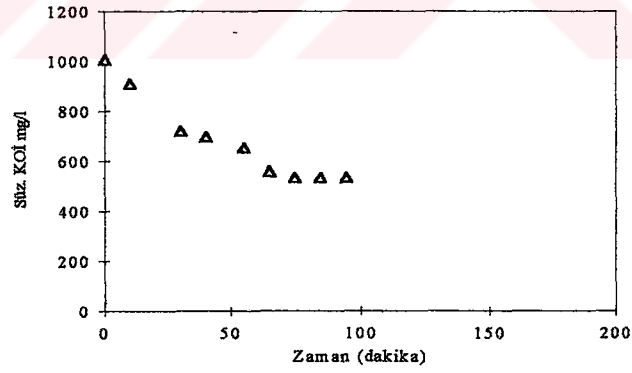
$$V_{ml} = 50 \text{ ml}$$

$$V_{\text{çöz}} = 20 \text{ ml}$$

$$X_T = 2430 \text{ mg UAKM/l}$$



Şekil B.1 Tesis I (Deney 2)' ye ait S_s belirleme grafiği



Şekil B.2 Tesis I (Deney 2)' ye ait süzölmüş KOİ profili

$$Y_H = 1 - \frac{127.625}{1001 - 600} = 0.68 \text{ mg KOİ/mg KOİ}$$

$$S_{s1} = \frac{96.58}{1 - 0.68} \cdot \frac{(0.75 + 0.05 + 0.02)}{0.75} = 330 \text{ mg KOİ/l}$$

$$f_{av} = 0.95$$

TesisII (Deney 1)

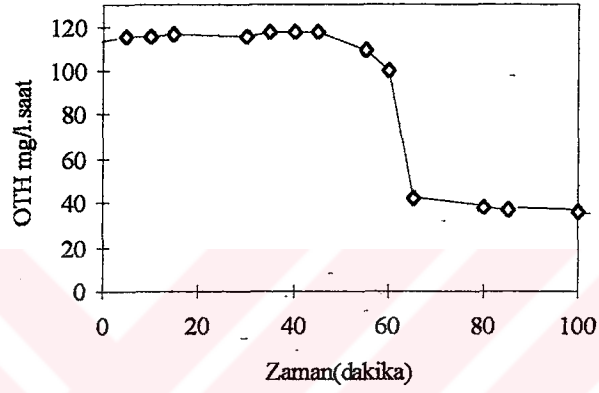
$$C_{T1}/X_{T1} = 0.76 \text{ mg KOİ / mg UAKM}$$

$$V_{ww} = 1000 \text{ ml (Süzülmüş atıksu)}$$

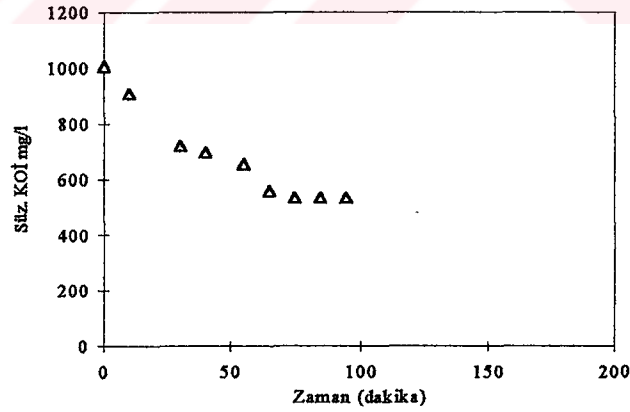
$$V_{ml} = 100 \text{ ml}$$

$$V_{\text{çöz}} = 40 \text{ ml}$$

$$X_T = 1473 \text{ mg UAKM/l}$$

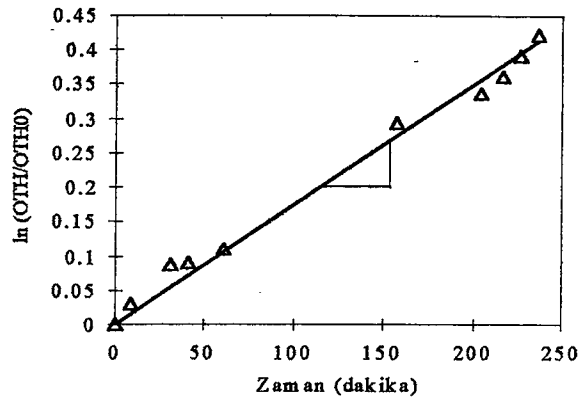


Şekil B.3 Tesis II'ye ait S_s belirleme grafiği (süzülmüş atıksu)



Şekil B.4 Tesis II' e ait süzülmüş KOİ profili

$$Y_H = 1 - \frac{136.32}{426} = 0.68 \text{ mg KOİ/mg KOİ}$$



Şekil B.5 Tesis II' ye ait $\mu_H - b_H$ grafiği

$$S_{SI} = \frac{92.63}{1-0.86} \cdot \frac{(1+0.1+0.04)}{1} = 330 \text{ mg KOİ/l}$$

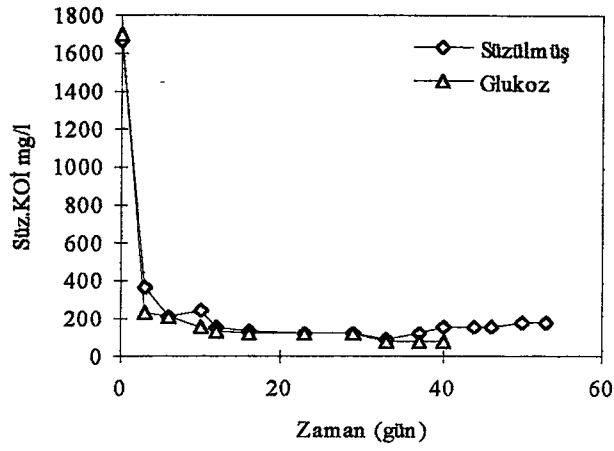
$$f_{av} = 0.93$$

$$b_H = 0.14 \text{ (kabul edildi)}$$

$$\mu_H = 2.7 \text{ /gün}$$

Tablo B.1. Tesis II'ye ait süzölmüş KOİ analiz sonuçları

Zaman (gün)	Atıksu KOİ _{süz}	Glukoz KOİ _{süz}
0	1670	1700
3	369	230
6	210	209
10	242	152
12	158	135
16	138	119
23	119	124
29	121	121
33	93	74
37	118	82
40	159	75
44	159	-
46	159	-
50	180	-
53	176	-



Şekil B.6 Tesis II'ye ait çözünmüş inert KOİ belirleme grafiği

$$S_I = 176 - 75 \cong 100 \text{ mg KOİ/l}$$

$$Y_{SP} = 0.044$$

TesisII (Deney 2)

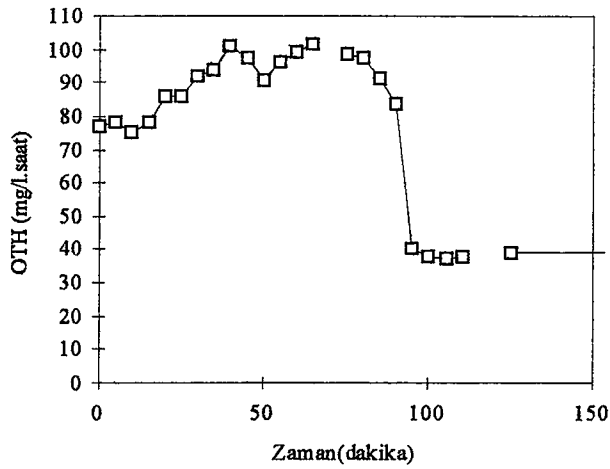
$$C_{T1}/X_{T1} = 1.10 \text{ mg KOİ / mg UAKM}$$

$$V_{ww} = 1000 \text{ ml (Ham atıksu)}$$

$$V_{ml} = 100 \text{ ml}$$

$$V_{\text{çöz}} = 40 \text{ ml}$$

$$X_T = 1473 \text{ mg UAKM/l}$$



Şekil B.7 Tesis II'ye ait S_s belirleme grafiği (ham atıksu)

$$S_{ss1} = \frac{95.43}{1-0.86} \cdot \frac{(1+0.1+0.04)}{1} = 340 \text{ mg KOI/l}$$

$$f_a = 0.60$$



EK C

Tesis III' e ait Deneysel Çalışma Sonuçları ve Grafiklerin Gösterimi

Tesis III (Deney 1)

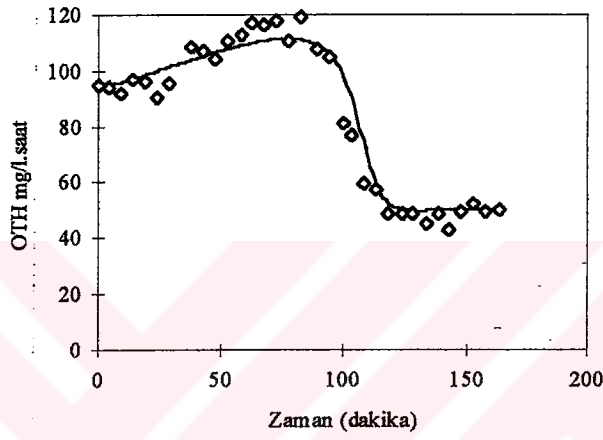
$$C_{T1}/X_{T1} = 1.42 \text{ mg KOİ / mg UAKM}$$

$$V_{ww} = 1000 \text{ ml (Süzülmüş atıksu)}$$

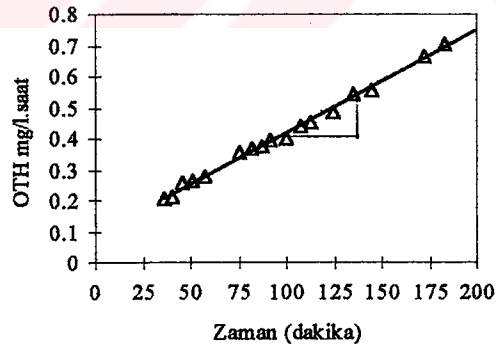
$$V_{ml} = 75 \text{ ml}$$

$$V_{\text{çöz}} = 100 \text{ ml}$$

$$X_T = 995 \text{ mg UAKM/l}$$



Şekil C.1 Tesis III'e ait S_s belirleme grafiği (Süzülmüş)



Şekil C.2 Tesis III' e ait $\mu_H - b_H$ grafiği

Kabuller:

$$Y_H = 0.68 \text{ mg KOİ / mg KOİ}$$

$$S_I = 100 \text{ mg/l}$$

$$b_H = 0.14 / \text{gün}$$

Hesap:

$$S_{s0} = \frac{111}{1 - 0.68} \cdot \frac{1 + 0.075 + 0.1}{1} = 400 \text{ mg/l}$$

$$\mu_H = 4.9$$

$$f_a = 0.55$$

Tesis III (Deney 2)

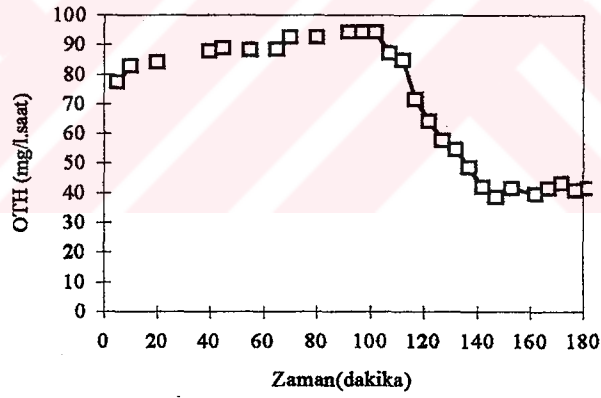
$$C_{T1}/X_{T1} = 1.66 \text{ mg KOİ / mg UAKM}$$

$$V_{ww} = 1000 \text{ ml (Ham atıksu)}$$

$$V_{ml} = 75 \text{ ml}$$

$$V_{\text{çöz}} = 100 \text{ ml}$$

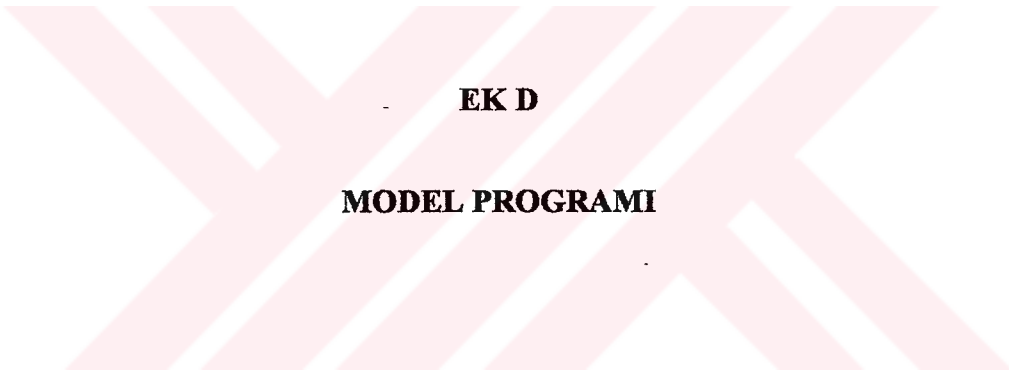
$$X_T = 995 \text{ mg UAKM/l}$$



Şekil C.3 Tesis III'e ait S_s belirleme grafiği (ham)

$$S_{s0} = \frac{1168}{1 - 0.68} \cdot \frac{1 + 0.075 + 0.1}{1} = 425 \text{ mg KOİ/l}$$

$$f_a = 0.50$$



EK D

MODEL PROGRAMI

MODEL PROGRAMI

```

OPEN "o", #1, "guc.son"
50 YH = .68: FP = .2: KS = 10: KOH = .01: BH = .12
60 KH = 1: MH = 5.15: KX = .1
85 SC = 10: KLA = 750:
90 PRINT
100 T = 0
145 TT = 10
146 BT = 5
150 SS = 300: SO = 7:
155 XH = 1500: XS = 1380: XP = 0:
180 PRINT
260 E1 = 1 / 6
270 PRINT
285 INPUT " DT (as second) = "; DT
290 H = DT / 86400!: PRINT "DT = ", DT; " second = "; H; " days"
293 PRINT
295 PRINT ; "T*1400  SS    XS    XH    XP    SO    OUR"
300 DEF FNSS (T, SS, XS, SO, XH) = -(MH / YH) * SS / (KS + SS) * SO / (KOH
+ SO) * XH + KH * (XS / XH) / (KX + XS / XH) * XH * SO / (KOH + SO)
310 DEF FNXS (T, XS, XH, SO) = -KH * (XS / XH) / (KX + XS / XH) * XH * SO
/ (KOH + SO)
320 DEF FNXH (T, SS, SO, XH) = MH * SS / (KS + SS) * SO / (KOH + SO) * XH
- BH * XH * SO / (KOH + SO)
330 DEF FNXP (T, XP, XH, SO) = FP * BH * XH * SO / (KOH + SO)
340 DEF FNSO (T, SO, SS, XH) = KLA * (SC - SO) - (1 - YH) / YH * MH * SS /
(KS + SS) * SO / (KOH + SO) * XH - (1 - FP) * BH * XH * SO / (KOH + SO)
430 PRINT
440 jj = BT * 60 / DT
450 FOR I = 1 TO (TT * 60 * 60 / DT)
455 IF SO < 0 THEN SO = 0
460 KA1 = FNSS(T, SS, XS, SO, XH) * H
470 KA2 = FNXS(T, XS, XH, SO) * H
480 KA3 = FNXH(T, SS, SO, XH) * H
500 KA5 = FNXP(T, XP, XH, SO) * H
510 KA6 = FNSO(T, SO, SS, XH) * H
580 TH2 = T + H / 2
590 SS2 = SS + .5 * KA1
600 XS2 = XS + .5 * KA2
610 XH2 = XH + .5 * KA3
630 XP2 = XP + .5 * KA5
640 SO2 = SO + .5 * KA6
645 IF SO2 < 0 THEN SO2 = 0
710 KB1 = FNSS(TH2, SS2, XS2, SO2, XH2) * H
720 KB2 = FNXS(TH2, XS2, XH2, SO2) * H
730 KB3 = FNXH(TH2, SS2, SO2, XH2) * H
750 KB5 = FNXP(TH2, XP2, XH2, SO2) * H
760 KB6 = FNSO(TH2, SO2, SS2, XH2) * H

```

```

830 SS3 = SS + .5 * KB1
840 XS3 = XS + .5 * KB2
850 XH3 = XH + .5 * KB3
870 XP3 = XP + .5 * KB5
880 SO3 = SO + .5 * KB6
885 IF SO3 < 0 THEN SO3 = 0
950 KC1 = FNSS(TH2, SS3, XS3, SO3, XH3) * H
960 KC2 = FNXS(TH2, XS3, XH3, SO3) * H
970 KC3 = FNXH(TH2, SS3, SO3, XH3) * H
990 KC5 = FNXP(TH2, XP3, XH3, SO3) * H
1000 KC6 = FNSO(TH2, SO3, SS3, XH3) * H
1070 TH = T + H
1080 SS4 = SS + KC1
1090 XS4 = XS + KC2
1100 XH4 = XH + KC3
1120 XP4 = XP + KC5
1130 SO4 = SO + KC6
1135 IF SO4 < 0 THEN SO4 = 0
1200 KD1 = FNSS(TH, SS4, XS4, SO4, XH4) * H
1210 KD2 = FNXS(TH, XS4, XH4, SO4) * H
1220 KD3 = FNXH(TH, SS4, SO4, XH4) * H
1240 KD5 = FNXP(TH, XP4, XH4, SO4) * H
1250 KD6 = FNSO(TH, SO4, SS4, XH4) * H
1320 SS = SS + E1 * (KA1 + 2 * KB1 + 2 * KC1 + KD1)
1330 XS = XS + E1 * (KA2 + 2 * KB2 + 2 * KC2 + KD2)
1340 XH = XH + E1 * (KA3 + 2 * KB3 + 2 * KC3 + KD3)
1360 XP = XP + E1 * (KA5 + 2 * KB5 + 2 * KC5 + KD5)
1370 SO = SO + E1 * (KA6 + 2 * KB6 + 2 * KC6 + KD6)
1431 IF SO < 0 THEN SO = 0
1432 IF XS < 0 THEN XS = 0
1440 T = T + H
1449 OUR = ((1 - YH) / YH * MH * SS / (KS + SS) * SO / (KOH + SO) * XH + (1
- FP) * BH * XH * SO / (KOH + SO)) / 24
1450 IF (I / (BT * 60 / DT) - INT(I / (BT * 60 / DT))) > 0 THEN 1540
1486 PRINT USING "###"; 1440 * T;
1487 PRINT #1, USING "###"; 1440 * T;
1495 PRINT USING "#####.###"; SS; XS; XH; XP; SO; OUR
1496 PRINT #1, USING "#####.###"; OUR
1530 jj = jj + (BT * 60 / DT)
1540 NEXT I
1550 END

```

ÖZ GEÇMİŞ

H.Güçlü İNSEL, 1974 yılında İstanbul’ da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Terakki Vakfı Özel Şişli Terakki Lisesinde tamamladı. 1991 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü kazandı. 1995 yılında Çevre Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans programına başladı. Öğrenimini aynı bölümde sürdürmektedir.

