

EVSEL ATIKSUYUN ARDIŞIK KESİKLİ B YOREAKTÖR İLE ARITILMASI: DENEYSEL VE MODELLEME

Duygu TOPALOĞLU, Turgay DERE, Recep İLERİ

Sakarya Üniv. Müh. Fakültesi, Çevre Mühendisliği
dygtopaloglu@yahoo.com

ÖZET

Bu çalışmada, Ardaşık Kesikli Reaktör (AKR) sistemi ile kentsel atıksuyun farklı reaksiyon sürelerinde (t_r) arıtma verimleri incelenerek, kentsel atıksular için optimum reaksiyon süresinin ve deneysel verilere göre AKR'nin modellenerek deneysel çalışmaya en uygun reaksiyon sabitinin (k) bulunması amaçlanmıştır. Çalışmalar sırasında; sıcaklık, pH, Askıda Katı Madde (AKM), İletkenlik, Çözünmüş Oksijen (ÇO), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI), Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI), Toplam Azot (TN), Toplam Fosfor (TP) gibi parametrelerin ölçümü yapılarak çalışma koşulları gözlemlenmiştir.

Çalışma kapsamında laboratuvar ölçekli bir AKR de beş farklı reaksiyon süresi için arıtma verimleri incelenerek, kentsel atıksular için optimum reaksiyon süresinin 1.5 saat, deneysel verilere en uygun reaksiyon sabitinin de $0,60 \text{ sa}^{-1}$ olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kentsel Atıksu, Ardaşık Kesikli Reaktör, Reaksiyon Süresi, Reaksiyon Sabiti, Deneysel ve Modelleme

ABSTRACT

In this study, sequencing batch reactor (SBR) treatment efficiencies were investigated in different reaction times for urban wastewater. Optimum reaction time was obtained and the most suitable reaction constant (k) was found according to experimental study by modelling of SBR. During this study, such as pH, suspended solids, conductivity, turbidity, colour, dissolved oxygen, BOD, COD, total phosphorus (TP) and total nitrogen (TN) parameters were measured to observe treatment efficiencies.

As part of this study, treatment efficiencies of SBR were observed for five different reaction times in a lab-scaled sequencing batch reactor. Optimum reaction time was obtained 1.5h and the most suitable reaction constant (k) according to experimental data and modelling was found 0.60 h^{-1} for urban wastewater treatment by SBR.

Keywords: Urban wastewater, Sequencing batch reactor, Reaction time, Reaction constant, Experimental and Modelling

1.Giriş

Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR), gerek endüstriyel ve gerekse evsel atıksuların arıtılmasında kullanılan ve son zamanlarda yaygınlaşan, havalandırma (reaksiyon) ve çökeltme işleminin tek tank içerisinde yapıldığı biyolojik arıtma sistemidir. Ardaşık Kesikli Biyoreaktör sistemi; beş farklı adımda tanımlanabilmektedirler. Bunlar sırasıyla doldurma/reaksiyon, reaksiyon, çökeltme, boşaltma ve

tekrar sisteme almadır. Her bir periyodun süresi, deneyimli operatörler tarafından ayrıntılı pilot tesis çalışmaları ve tecrübeleri temelinde belirlenmektedir.

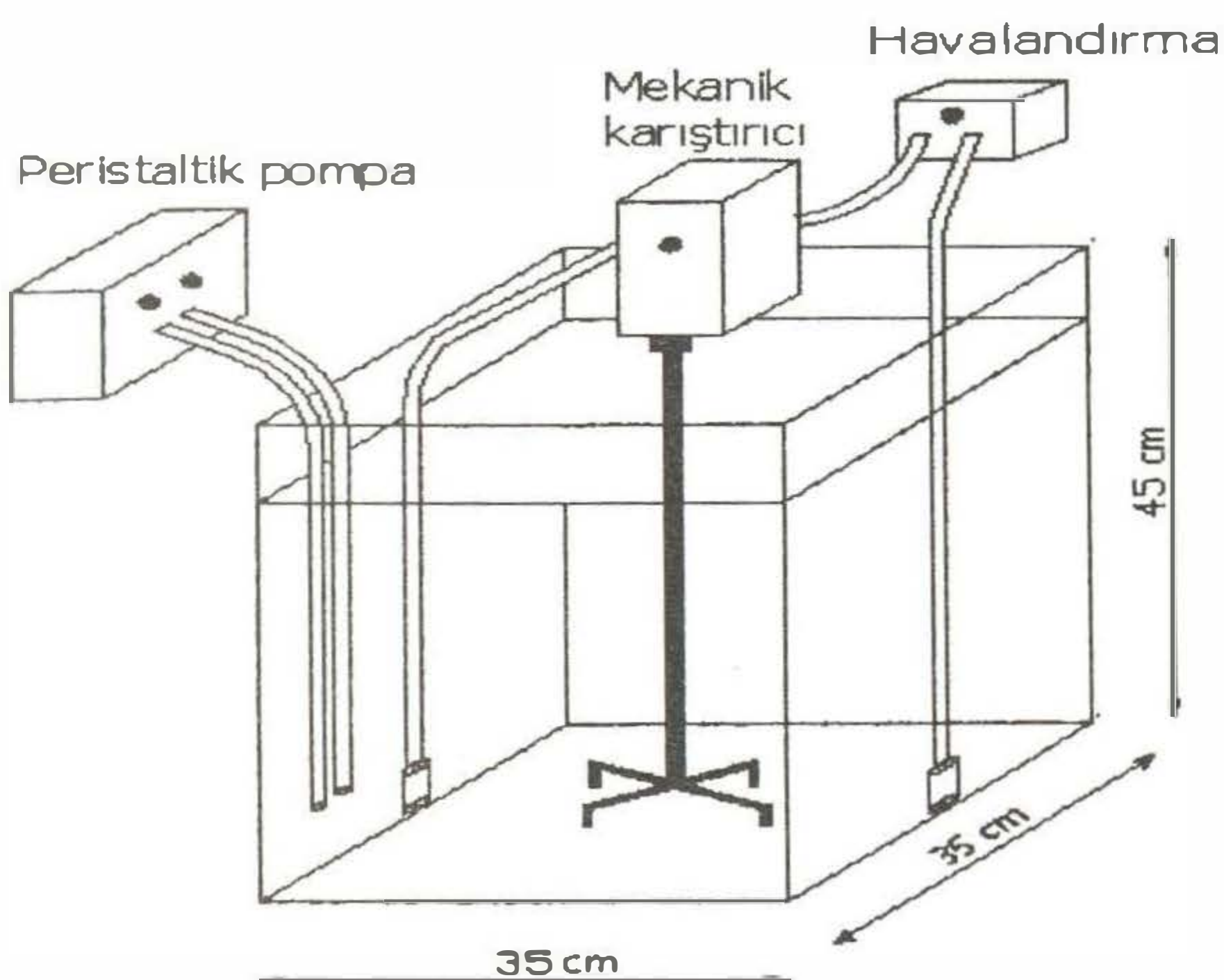
Çökeltme ve boşaltma periyotlarının sürelerinin sabitlenmesine karşılık reaksiyon süresi kontrol edilerek giderim verimi artırılabilir. Farklı atıksuların kendilerine ait karakteristikleri yüzünden uygun işletme parametrelerini seçmek önemli ve gereklidir [1, 2]. Ardaşık kesikli Biyoreaktör (AKR), organik maddeler ve besi maddelerinin uzaklaştırılması için uygundur. Ardaşık Kesikli Biyoreaktör (AKR) son yıllarda endüstriyel atıksuların arıtılması için de

geliştirilmiştir [3]. Endüstriyel atıksuların arıtılması için kullanılabilen Ardaşık Kesikli Biyoreaktör uygulamaları her geçen gün artmakta olup, örneğin Almanya'daki atıksu arıtma teknolojileri arasındaki ardaşık kesikli reaktör uygulanması oranı %1.3 civarındadır [4]. Ardaşık Kesikli Biyoreaktör (AKR), bir aktif çamur biyolojik arıtma prosesidir. Ardaşık kesikli Biyoreaktör sistemleri, sürekli (plug flow) ve tam karışimli (complete mixed) sistem özellikleri gösteren melez (hybrid) sistemlerdir. Fakat bunlardan farklı özellikler gösterdikleri de literatürde ifade edilmektedir. Ardaşık kesikli reaktör sistemi, klasik aktif çamur reaktöründen farklı olup, reaksiyon ve çökmenin tek tankta gerçekleştiği bir sistemdir [3, 5-10].

2. Materyal ve Metot

2.1. Ardaşık Kesikli Reaktör Sistemi

Deneysel çalışmalar, laboratuvar ölçekli toplam hacmi 55 L, çalışma hacmi 40 L olan bir ardaşık kesikli reaktör (AKR) de yürütülmüştür. Cam malzemeden yapılan reaktörün taban kenarları 35 cm, yüksekliği 45 cm dir. Havalandırma reaktöre yerleştirilen hava taşlarıyla, reaktör içinde çözünmüş oksijen konsantrasyonu 2 mg/L nin üzerinde olacak şekilde dakikada 2500 cm³ hava pompalayan çift çıkışlı akvaryum pompası ile sağlanmıştır. Reaktörde karışımı sağlamak amacıyla 1200 devir/dakika da sabit olarak çalıştırılan mekanik karıştırıcı kullanılmıştır. Reaktöre atıksu beslemesi ve boşaltılması peristaltik pompalar ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan ardaşık kesikli reaktörün şematik gösterimi Şekil 1' de gösterilmiştir.



Şekil 1. Ardaşık kesikli reaktörün şematik gösterimi

Reaktör aktif hacmi 40 L olacak şekilde; Adapazarı Karaman Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi'nden alınan 34 L aktif çamur, 6 L atıksu ile beslenerek devreye alınmıştır.

Ardışık Kesikli Reaktörün çalışma süreleri 0.5 saat doldurma, 1.5 saat çökme, 0.5 saat boşaltma olacak şekilde sabit tutularak, reaksiyon süresi 0.5 saat, 1 saat, 1.5 saat, 2 saat, 4 saat olacak şekilde değiştirilmiştir. 1.5 saatlik çökme süresinin sonunda üst faz (6 L) peristaltik pompayla çekilmiştir. Bu işlem beş farklı reaksiyon süresi için tekrarlanarak deneysel çalışmalar yapılmıştır ve evsel atıksu için optimum reaksiyon süresi belirlenmiştir.

2.2. Atıksu Karakterizasyonu

Deneysel çalışmalar, Adapazarı Karaman Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi Kum Tutucu Çıkışından atıksu kullanılmış olup, atıksuyun karakterizasyonu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Kentsel Atıksuyun Karakterizasyonu

Parametre	Birim	Değer
KOI	mg/L	200
BOI	mg/L	100
TN	mg/L	150
TP	mg/L	4.3
AKM	mg/L	275
Sıcaklık	°C	21
pH	-	9.4
İletkenlik	mS	4.2
Bulanıklık	NTU	260
Renk	m ⁻¹	47

2.3. Teori

2.3.1 Reaksiyon Kinetiği

Doldurma fazı sonundaki substrat konsantrasyonu, hacmin ve doldurma süresince giderilen substratın kinetiğinin fonksiyonudur. Bu fonksiyonu ifade etmek için doldurma fazındaki kütle denge denklemi [3].

$$\text{Giren} - \text{Çıkan} + \text{Üretilen} = \text{Birikim}$$

$$Q S_o - 0 + r_{sf} V = \frac{d}{dt} (V S) \quad (1)$$

$$r_{sf} = -k S \quad (2)$$

(2) nolu denklemdeki r_{sf} değeri (1) nolu denklemde yerine yazılırsa

$$Q S_o - k S V = S \frac{dV}{dt} + V \frac{dS}{dt}$$

$dV / dt = Q$, Kabul edilerek denklem basitleştirilirse

$$\frac{dS}{dt} + \frac{Q}{V} S + k S = \frac{Q}{V} S_o \quad (3)$$

$Q / V = 1 / t$. Doldurma periyodunun başındaki reaktör hacmi V_a ve $t = V_a / Q$; doldurma periyodunun sonunda $t = V_b / Q$. Diferansiyel denklem çözülürse:

$$\frac{dS}{dt} + \frac{S}{t} + k S = \frac{S_o}{t} \quad (4)$$

Denklem integre edilirse çözüm:

$$S = e^{-\int(\frac{1}{t}+k)dt} \int \frac{S_o}{t} e^{-\int(\frac{1}{t}+k)dt} dt + C e^{-\int(\frac{1}{t}+k)dt}$$

Denklemde C integrasyon sabitir.

$$S = \frac{S_o}{t} e^{-kt} \int e^{kt} dt + \frac{C}{t} e^{-kt}$$

Denkleme integral uygulanırsa

$$S = \frac{S_o}{kt} + \frac{C}{t} e^{-kt} \quad (5)$$

Başlangıçtaki $t = V_a / Q$ and $S = S_e$ alınır.

$$S_e = \frac{S_o Q}{k V_a} + \frac{C Q}{V_a} e^{-k\left(\frac{V_a}{Q}\right)}$$

$$C = \left(\frac{V_a}{Q} S_e - \frac{S_o}{k} \right) e^{-k\left(\frac{V_a}{Q}\right)}$$

Denklemde C'nin değeri yerine konursa

$$S = \frac{S_o}{kt} + \left(\frac{V_a}{Q} S_e - \frac{S_o}{k} \right) \frac{1}{t} e^{-k\left(\frac{V_a}{Q}-t\right)} \quad (6)$$

Doldurma periyodunun sonundaki substrat konsantrasyonu,

$$t_f = \frac{V_b}{Q} \text{ ve } S = S_f$$

$$S_f = \frac{S_o Q}{k V_b} + \left(\frac{V_a}{Q} S_e - \frac{S_o}{k} \right) \frac{Q}{V_b} e^{-k\left(\frac{V_a}{Q}-\frac{V_b}{Q}\right)} \text{ ya da}$$

$$S_f = \frac{S_o Q}{k V_b} + \left(\frac{V_a}{V_b} S_e - \frac{Q S_o}{V_b k} \right) e^{-k\left(\frac{-V_{ab}}{Q}\right)} \quad (7)$$

Çoğu numerik çözüm, substrat giderimi için doldurma periyodu sırasındaki substrat gideriminin diferansiyel denkleminin çözülmesini zorunlu kılmaktadır. [3].

(2) nolu denklem substrat giderimi için doğrudan integre edilirse

$$\frac{dS}{dt} = -k S$$

$$\int_{S_f}^{S_e} \frac{dS}{S} = -k \int_0^{t_r} dt \text{ ya da}$$

$$S_e = S_f e^{-kt_r} \quad (8)$$

Burada, S_f doldurma süresinin sonundaki substrat konsantrasyonu.

S_e reaksiyon süresinin sonundaki substrat konsantrasyonu.

$$E_{Exp.} = \frac{S_o - S_e}{S_o}$$

(9)

Eğer (7) ve (8) numaralı denklemler (9) numaralı denklemde yerine konursa, bu çalışma için yeni arıtma verimi (E) denklemi

$$E_{Model} = 1 - \left[\frac{Q}{k V_B} \left(1 - e^{-k\left(\frac{V_{AB}}{Q}\right)} \right) e^{-kt_R} + \frac{V_A}{V_B S_o} S_e \left(e^{-k\left(\frac{V_{AB}}{Q}\right)} \right) \cdot e^{-kt_R} \right]$$

(10)

Bir tam devir; doldurma, reaksiyon (havalandırma), çökeltme, boşaltma ve yeniden devreye alma için bekletme fazlarından oluşmaktadır. [3, 11].

$$t_c = t_f + t_r + t_s + t_d + t_i \quad (11)$$

Burada, c, f, r, s, d ve i sırasıyla devir, doldurma, reaksiyon, çökeltme, boşaltma ve yeniden devreye almayı tanımlamaktadır.

Ardışık kesikli biyoreaktör sisteminde doldurma süresi (t_f) reaktörün mevcut hacmine bağlıdır. Reaktörün mevcut hacmi, reaktörün toplam hacmi ile reaktördeki çamur hacminin farkıdır. Denklem olarak [3]:

$$V_{ab} = \alpha V_b \quad (12)$$

$$t_f = \frac{V_{ab}}{Q} = \frac{\alpha V_b}{Q} \quad (13)$$

Burada, Q doldurma periyodu sırasındaki giriş debisidir.

α doldurma periyodu başlangıcındaki hacmin toplam hacme oranı

V_b reaktörün boş hacmi.

V_{ab} doldurma periyodunun başındaki mevcut hacim.

2.3.2. Reaksiyon sabiti (k) nın bulunması

Bu çalışmada (7) nolu denkleme $S_0, Q, V_b, V_a, V_{ab}, S_e$ gibi kentsel atıksuya ait parametrelerin ortalama değerleri 206 mg/L KOI giriş konsantrasyonu için uygulanarak doldurma periyodunun sonundaki substrat konsantrasyonu bulunmuştur. KOI çıkış konsantrasyonundaki değişim (8) nolu denkleme göre, bu değişimi etkileyen farklı reaksiyon süreleri (t_r) ve farklı reaksiyon sabitleri (k) için hem deneysel hem de teorik olarak araştırılmıştır. Bu çalışmada, KOI giriş konsantrasyonu 206 mg/L için deneysel çalışma sonucu elde edilen optimum reaksiyon süresi 1.5 sa ve reaksiyon sabiti 0.02 – 2 sa-1 arasında değiştirilerek KOI çıkış konsantrasyonundaki değişim gözlenmiştir. Tablo 2'ye göre teorik çalışmayla deneysel çalışmanın sonuçları karşılaştırılarak deneysel verilere en uygun reaksiyon sabiti (k) 0.60 sa-1 olarak bulunmuştur

Tablo 2. Farklı reaksiyon sabitleri için KOI çıkış konsantrasyonunun teorik olarak bulunması

k (sa ⁻¹)	S_r (mg/L)	S_e (mg/L)	E_{AKR} (%)
0.50	95.7	45.2	78
0.51	94.6	44	79
0.52	93.5	42.9	79
0.53	92.4	41.7	80
0.54	91.4	40.6	80
0.55	90.3	39.6	81
0.56	89.3	38.5	81
0.57	88.3	37.6	82
0.58	87.3	36.6	82
0.59	86.3	35.6	83
0.60	85.4	34.7	83
0.61	84.5	33.8	84
0.62	83.6	33	84
0.63	82.7	32.1	84
0.64	81.8	31.3	85
0.65	80.9	30.5	85

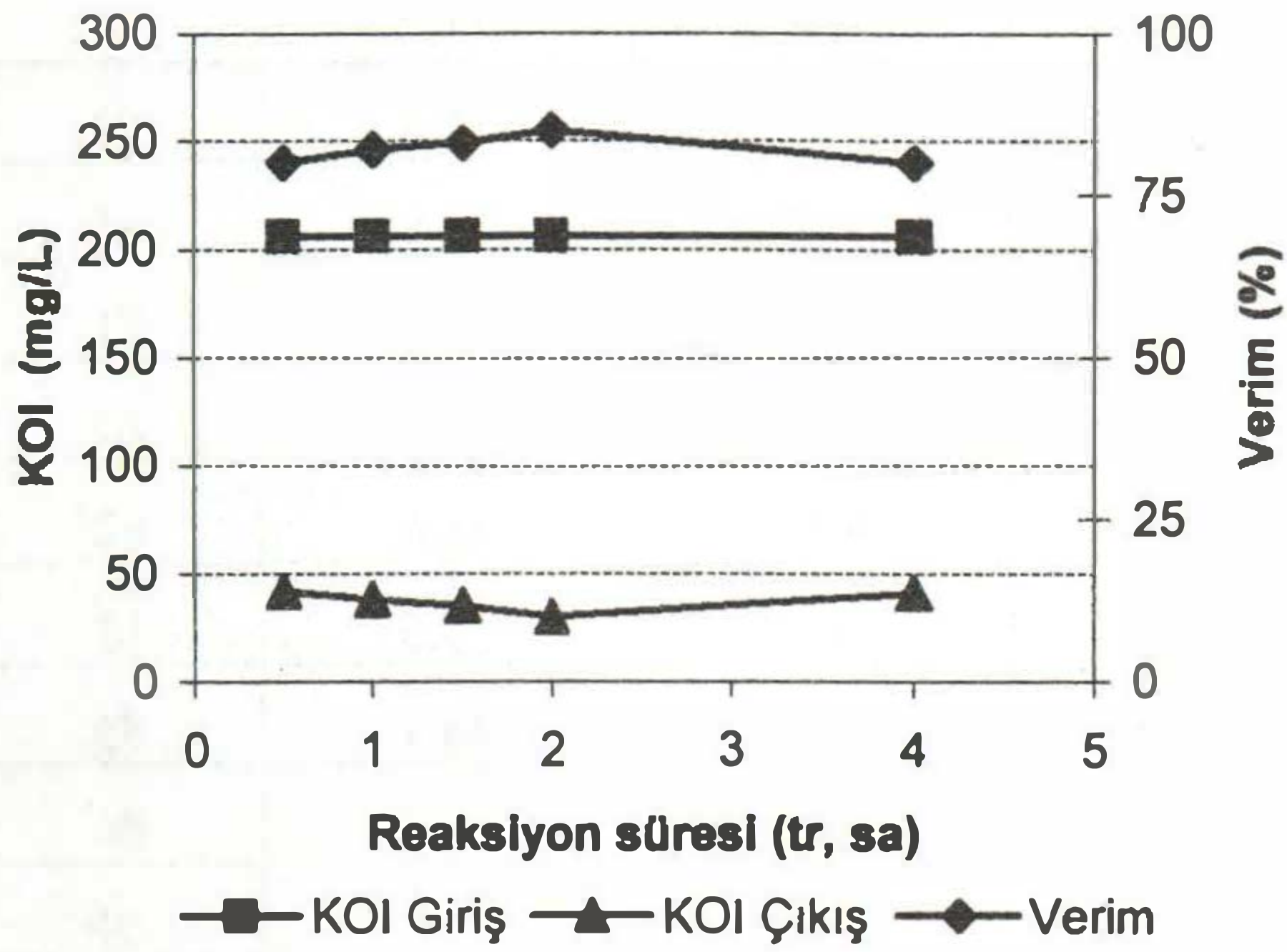
3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1 Deneysel analiz sonuçları

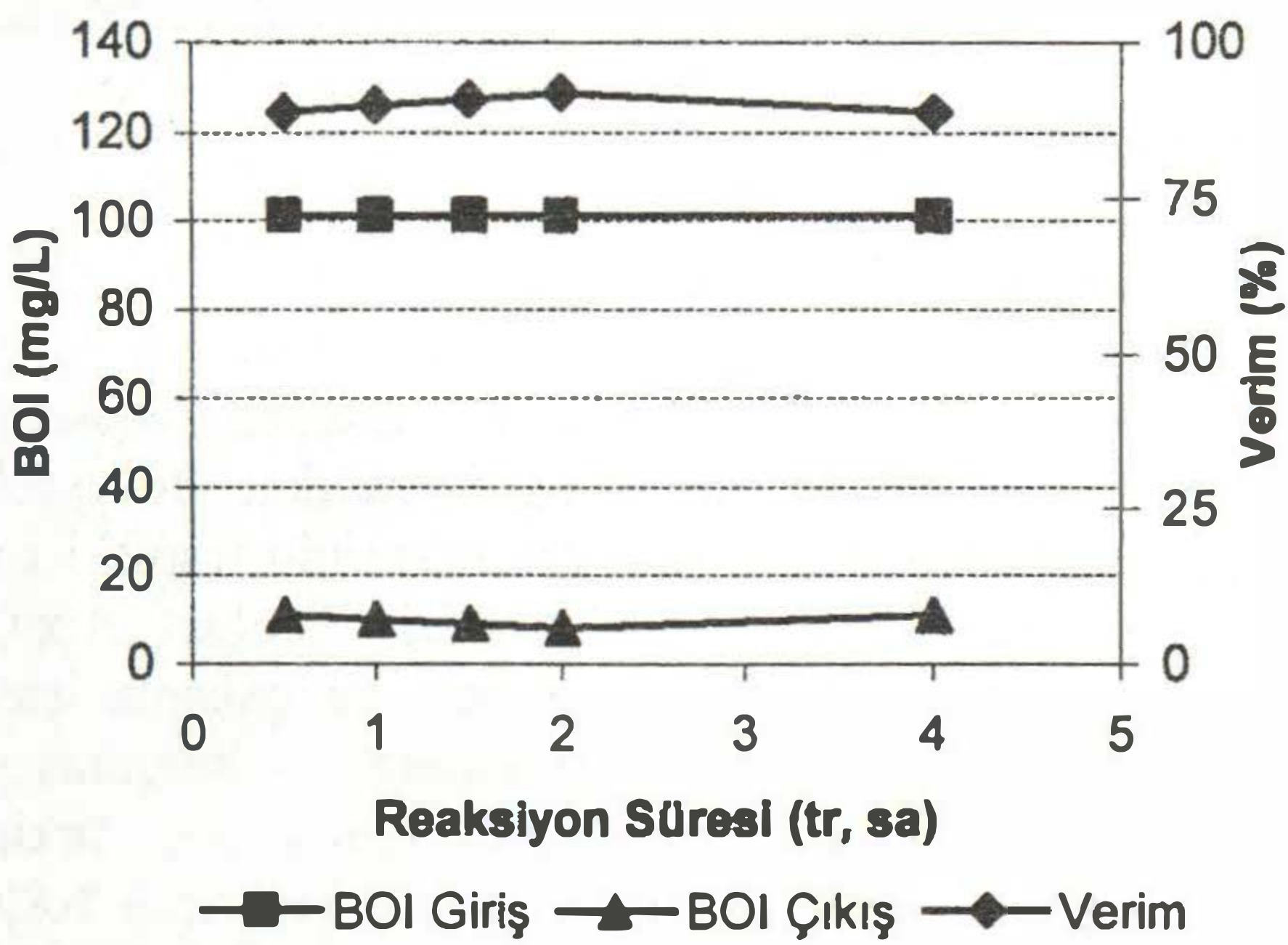
Kentsel nitelikli atıksuların ardışık kesikli biyoreaktörde arıtılmasıyla ilgili yapılan deneysel çalışmalarda optimum reaksiyon süresinin tespiti için beş adet parametre (KOI, BOI, Toplam Azot, Toplam Fosfor, AKM) incelenerek bu çalışma için optimum reaksiyon süresinin bulunması amaçlanmıştır. Şekil 2'ye bakıldığında beş farklı reaksiyon süresi için KOI giderme verimlerinin %80 ile %85, KOI çıkış konsantrasyonunun ise 30 - 40 mg/L arasında değiştiği görülmüştür. En düşük KOI giderme verimi (%80), 0.5 saatlik ve 4 saatlik reaksiyon süresi sonunda elde edilmiştir. En yüksek giderme verimi %85 ile 2 saatlik reaksiyon süresinde elde edilmiştir. 1.5 saatlik reaksiyon süresi sonunda ise KOI giderim veriminin %83 olduğu görülmektedir. Çetin ve diğ. evsel atıksuyla yaptıkları çalışmada KOI çıkış değerleri ilk haftada 50 - 70 mg/L ulaşmıştır ve çalışma boyunca bu değerlerde kalmıştır. Mines ve Minton'un evsel nitelikli suyla yaptıkları çalışmada KOI çıkış konsantrasyonu 42 - 53 mg/L arasında değişmiştir. [12] Çetin ve diğ. evsel nitelikli suyla yaptıkları çalışmada ise KOI çıkış konsantrasyonu 50 - 70 mg/L arasında değişmiştir. [13]

Şekil 3'e göre BOI giderim verimleri incelendiğinde denenen beş farklı reaksiyon süresi içinde oldukça

yüksek verimler elde edilmiş ve çıkış konsantrasyonlarının da birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. BOI giderim verimlerinin %89 ile %92, BOI çıkış konsantrasyonlarının ise 8 - 11 mg/L arasında olduğu görülüyor. En yüksek giderim verimi (%92) 2 saatlik reaksiyon süresi sonunda elde edilmiştir. 1.5 saatlik reaksiyon süresinin sonunda ise verim %91 dir.

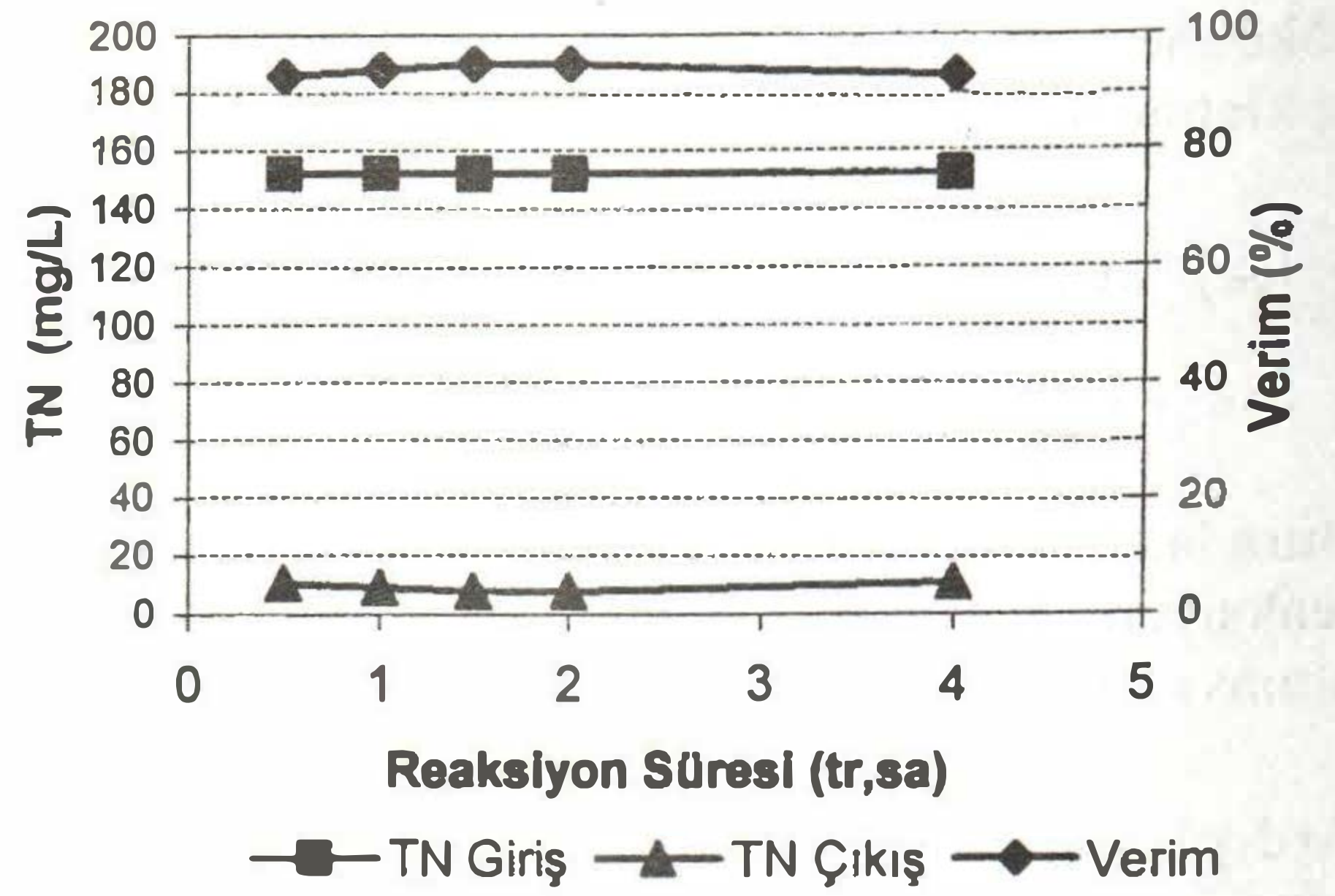


Şekil 2. Farklı reaksiyon süreleri için KOİ giderim verimi

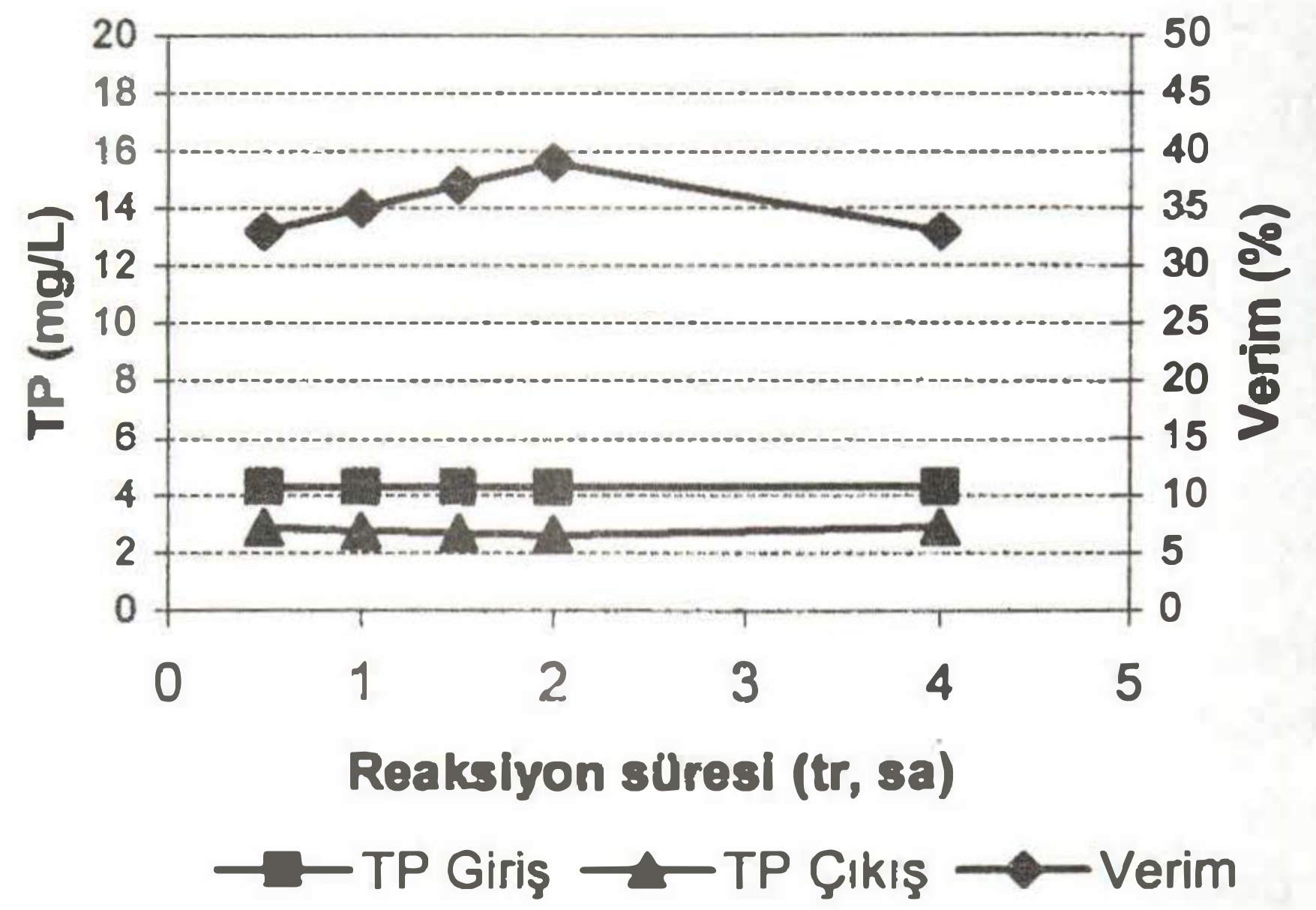


Şekil 3. Farklı reaksiyon süreleri için BOI giderim verimi

Şekil 4'e göre toplam azot giderim verimi %93 - %95, toplam azot çıkış konsantrasyonu 8 - 11 mg/L arasında değişmiştir. En yüksek verim (%95) 1.5 ve 2 saatlik reaksiyon süreleri sonunda elde edilmiştir. Şekil 5'e bakıldığında ise toplam fosfor giderim verimi %33 - %39 arasında çıkış konsantrasyonu ise 2 - 3 mg/L arasında değişmiştir. Toplam fosfor için en yüksek verim %39 ile 2 saatlik reaksiyon süresinde elde edilmiştir. 1.5 saatlik reaksiyon süresinde verim %37 dir.

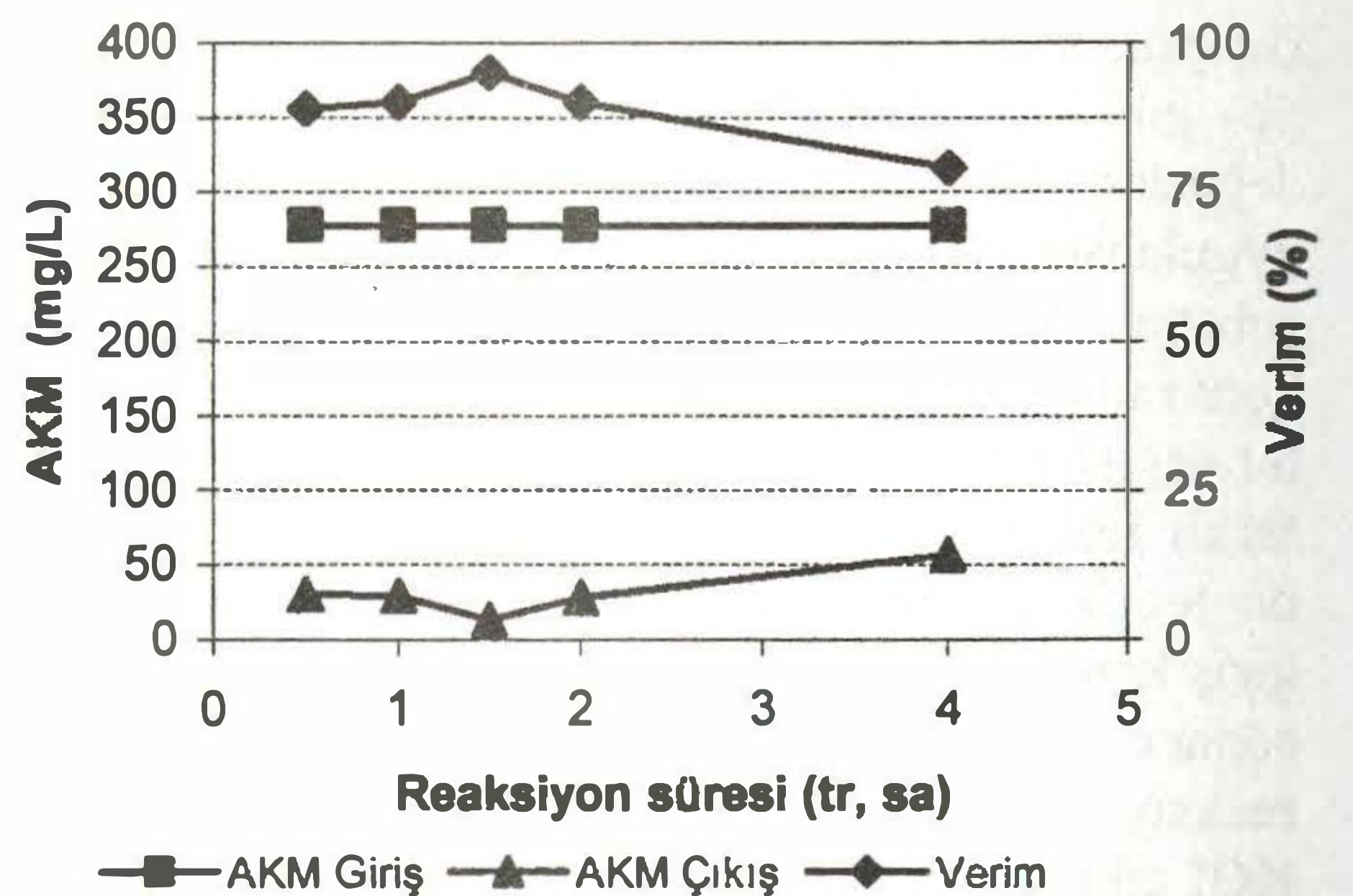


Şekil 4. Farklı reaksiyon süreleri için Toplam Azot giderim verimi



Şekil 5. Farklı reaksiyon süreleri için Toplam Fosfor giderim verimi

Şekil 6'ya göre AKM giderim verimleri incelendiğinde en iyi giderme veriminin (%95) ile 1.5 saatlik reaksiyon süresinde olduğu görülüyor. Mines ve Milton'un evsel atıksuyla yaptıkları çalışmada ortalama AKM çıkış konsantrasyonu 15 mg/L dir. [12]

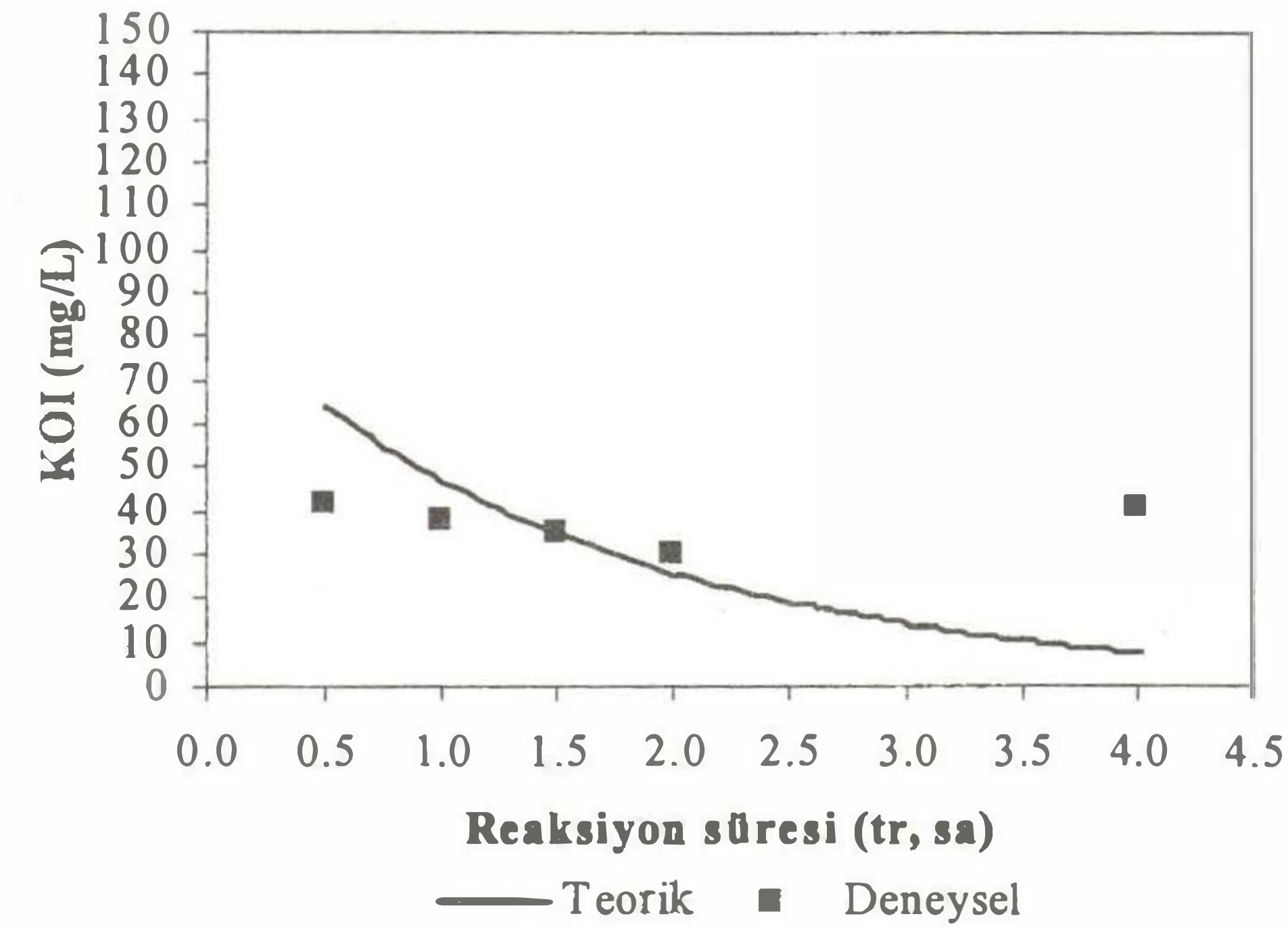


Şekil 6. Farklı reaksiyon süreleri için AKM giderim verimi

Beş ayrı parametrenin reaksiyon süreleri için giderilme verimleri gözlemlendiğinde en iyi giderim verimi 1.5 saat ile 2 saat arasında değişmektedir ve 1.5 saatlik reaksiyon süresi ile 2 saatlik reaksiyon süresinin sonundaki verimler arasında %1 - 3'lük fark olduğu gözönünde bulundurulduğunda ayrıca sistemin enerji maliyeti de düşünüldüğünden bu çalışma için optimum reaksiyon süresi 1.5 saat olarak belirlenmiştir.

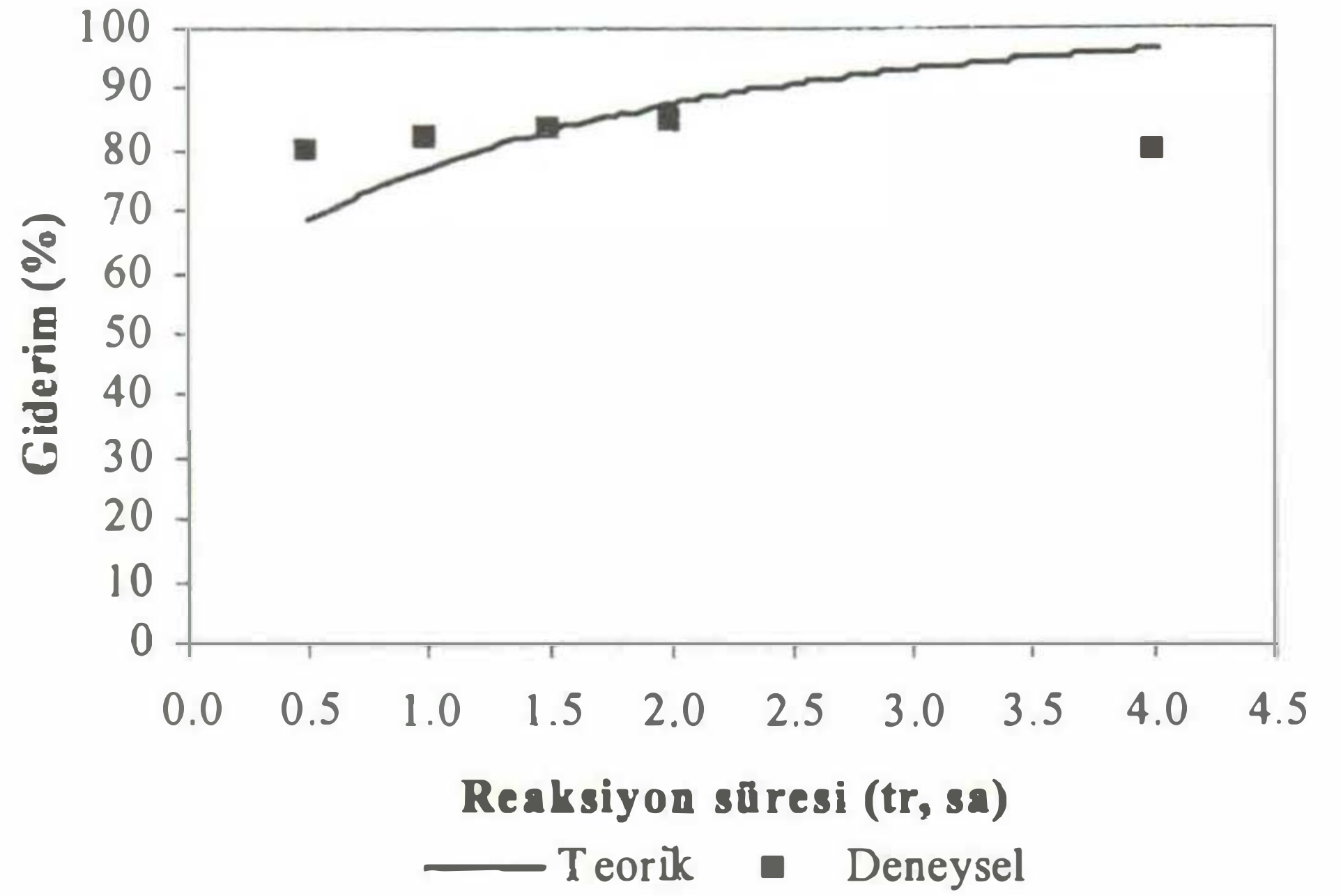
3.2 Deneysel verilerle teorik verilerin kıyaslanması

Şekil 7 ve Şekil 18 incelendiğinde Tablo 2'ye göre seçilen reaksiyon sabiti $k=0,60 \text{ sa}^{-1}$ için teorik olarak hesaplanan KOI çıkış değerleri ile giderim verimleri, deneysel verilerle karşılaştırıldıklarında; teorik verilerle deneysel verilerin birbirine yakın davranışlar gösterdikleri görülmüştür.



Şekil 7. KOI çıkış konsantrasyonu için deneysel verilerle teorik

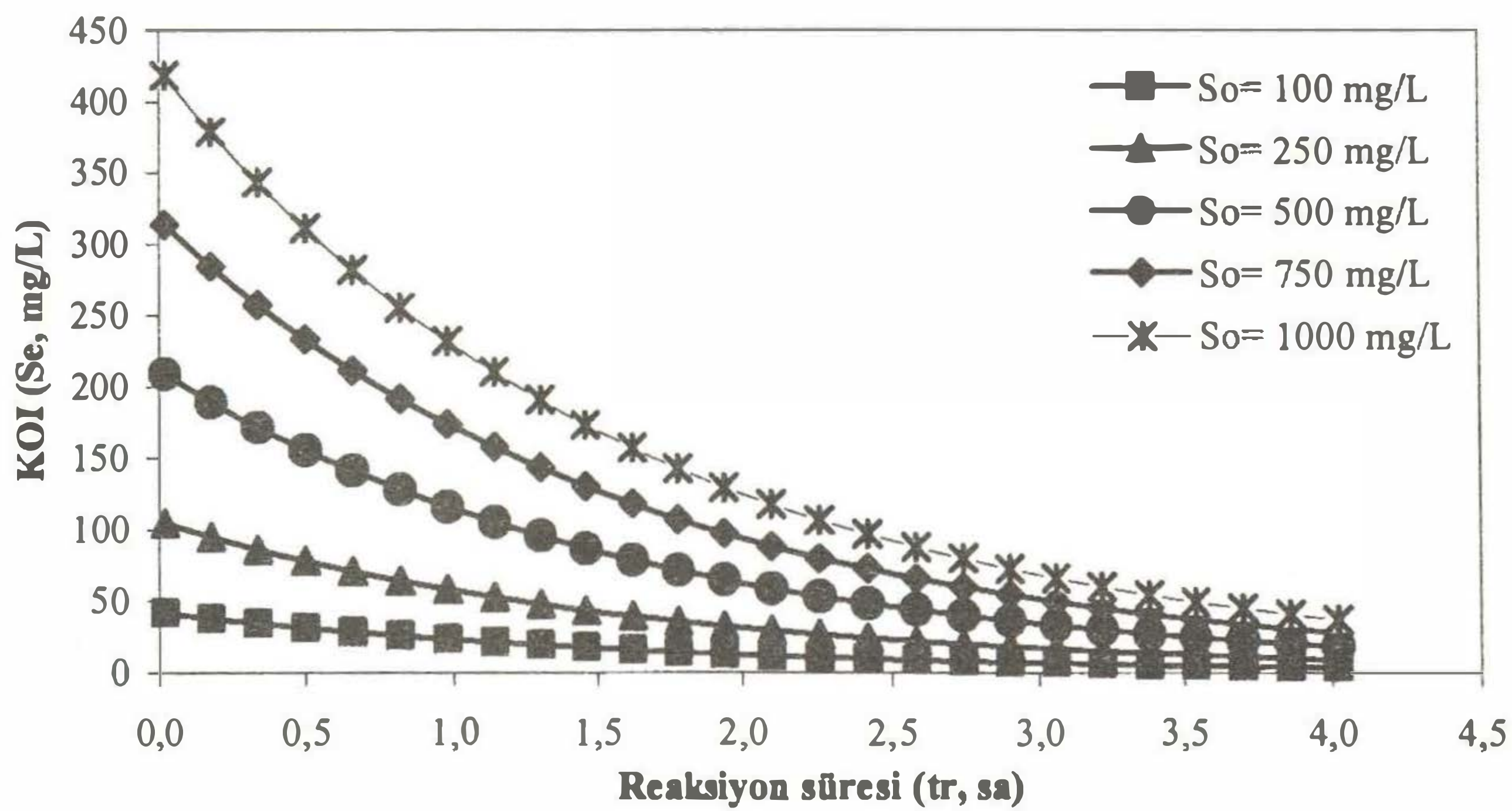
yaklaşımın kıyaslanması ($S_0=206 \text{ mg/L}$, $Q=12 \text{ L/sa}$, $k=0.60 \text{ sa}^{-1}$, $V_b=40 \text{ L}$, $V_{ab}=34 \text{ L}$)



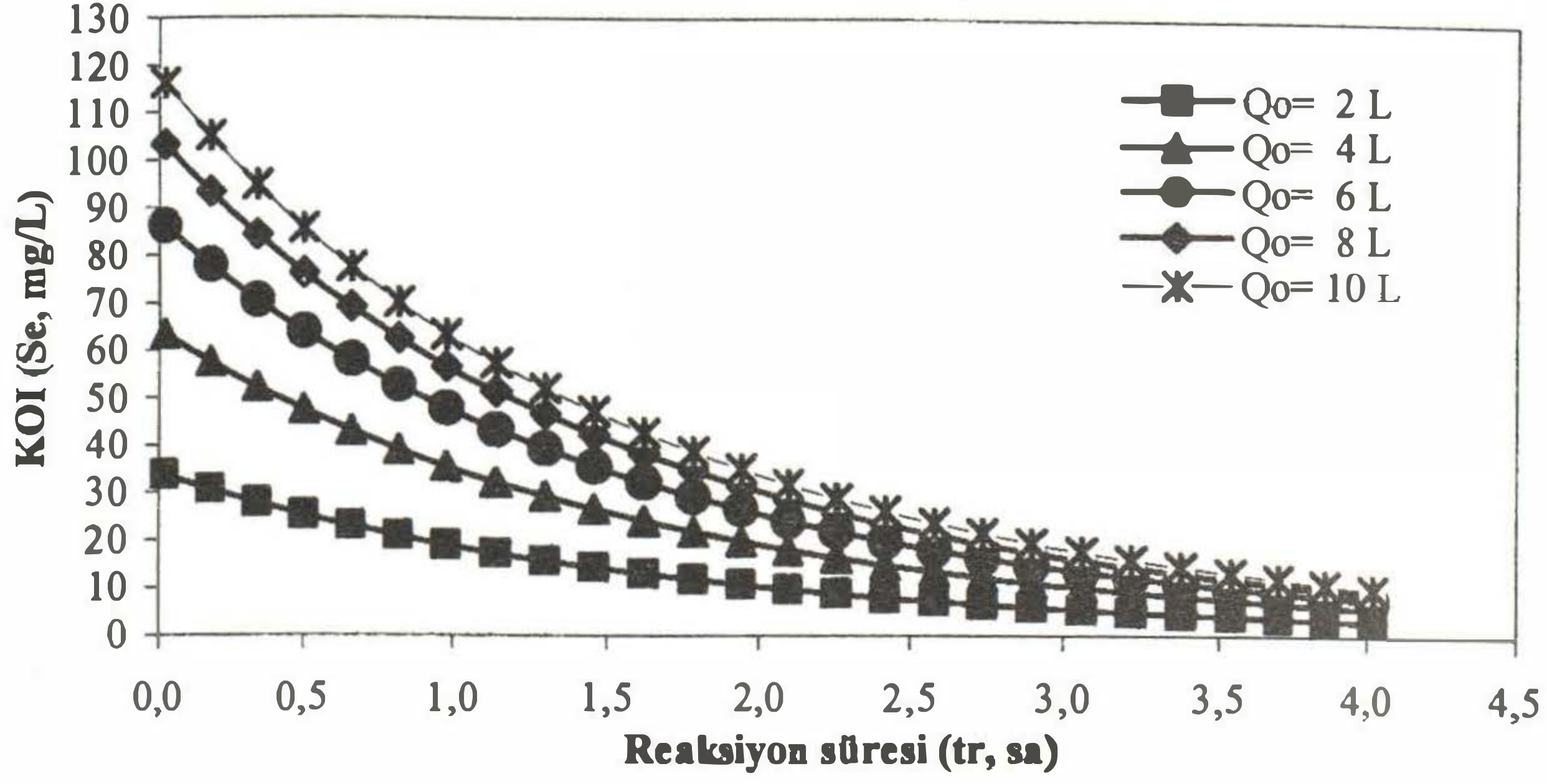
Şekil 8. KOI giderim verimi için deneysel verilerle teorik yaklaşımın kıyaslanması ($S_0=206 \text{ mg/L}$, $Q=12 \text{ L/sa}$, $k=0.60 \text{ sa}^{-1}$, $V_b=40 \text{ L}$, $V_{ab}=34 \text{ L}$)

3.3 Simulasyon

Şekil 9'a göre reaksiyon süresi arttıkça KOI çıkış konsantrasyonu üstel olarak azalmakta, giriş konsantrasyonunun artışıyla beraber KOI giderim hızı reaksiyon süresinin ilk 1.5 saatlik kısmındaki KOI giderim hızı 1.5 saatten sonraki KOI giderim hızına göre daha yüksektir. Şekil 10'a göre reaksiyon süresi arttıkça KOI çıkış konsantrasyonu üstel olarak azalmakta, debi artışı ile beraber KOI giderim hızı aynı eğilimi göstermekle beraber reaksiyon süresi arttıkça çıkış KOI miktarları da birbirine yaklaşmaktadır.



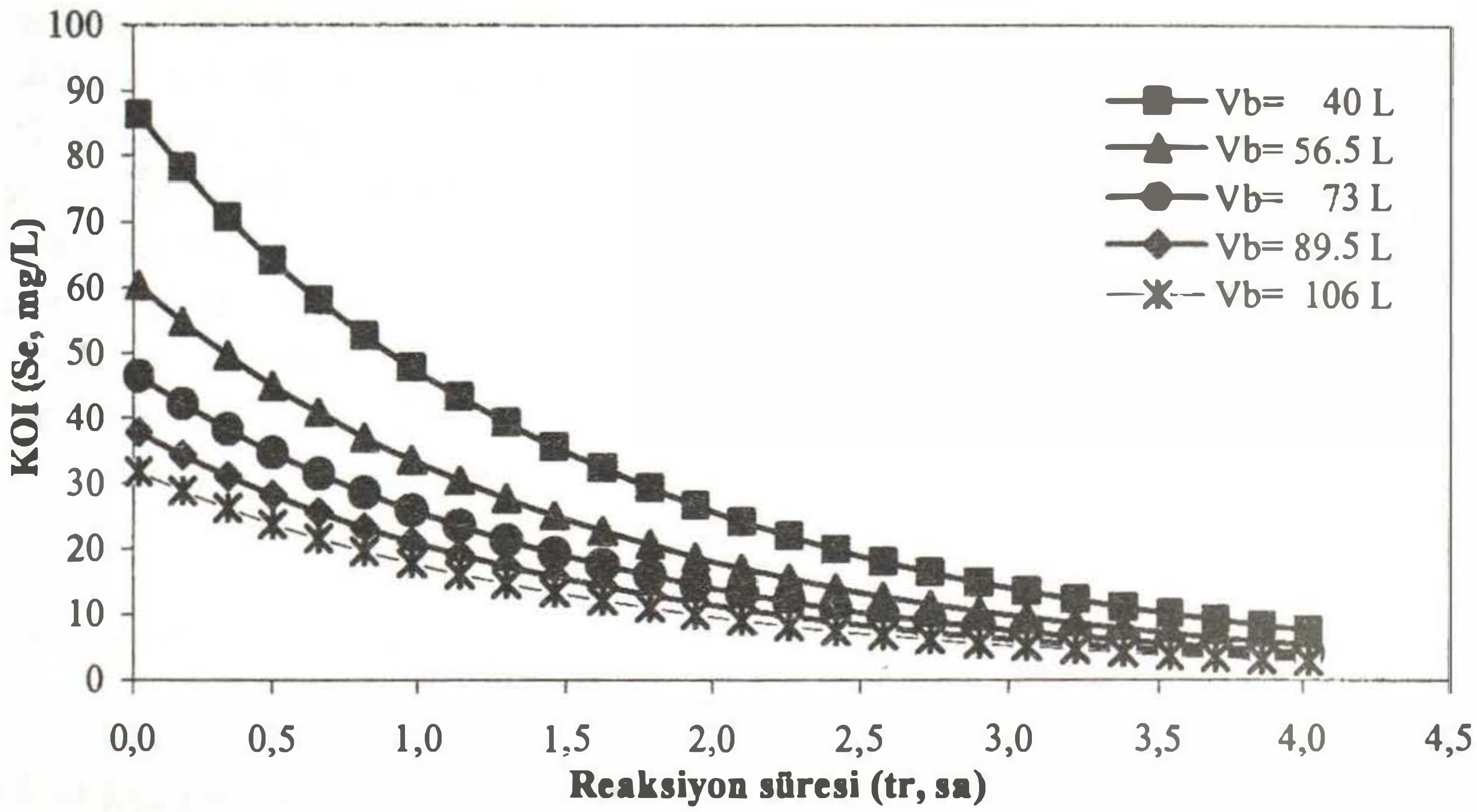
Şekil 9. t_r-S_e ilişkisine S_0 etkisinin simülasyonu ($Q=12 \text{ L/sa}$, $k=0.60 \text{ sa}^{-1}$, $V_b=40 \text{ L}$, $V_{ab}=34 \text{ L}$)



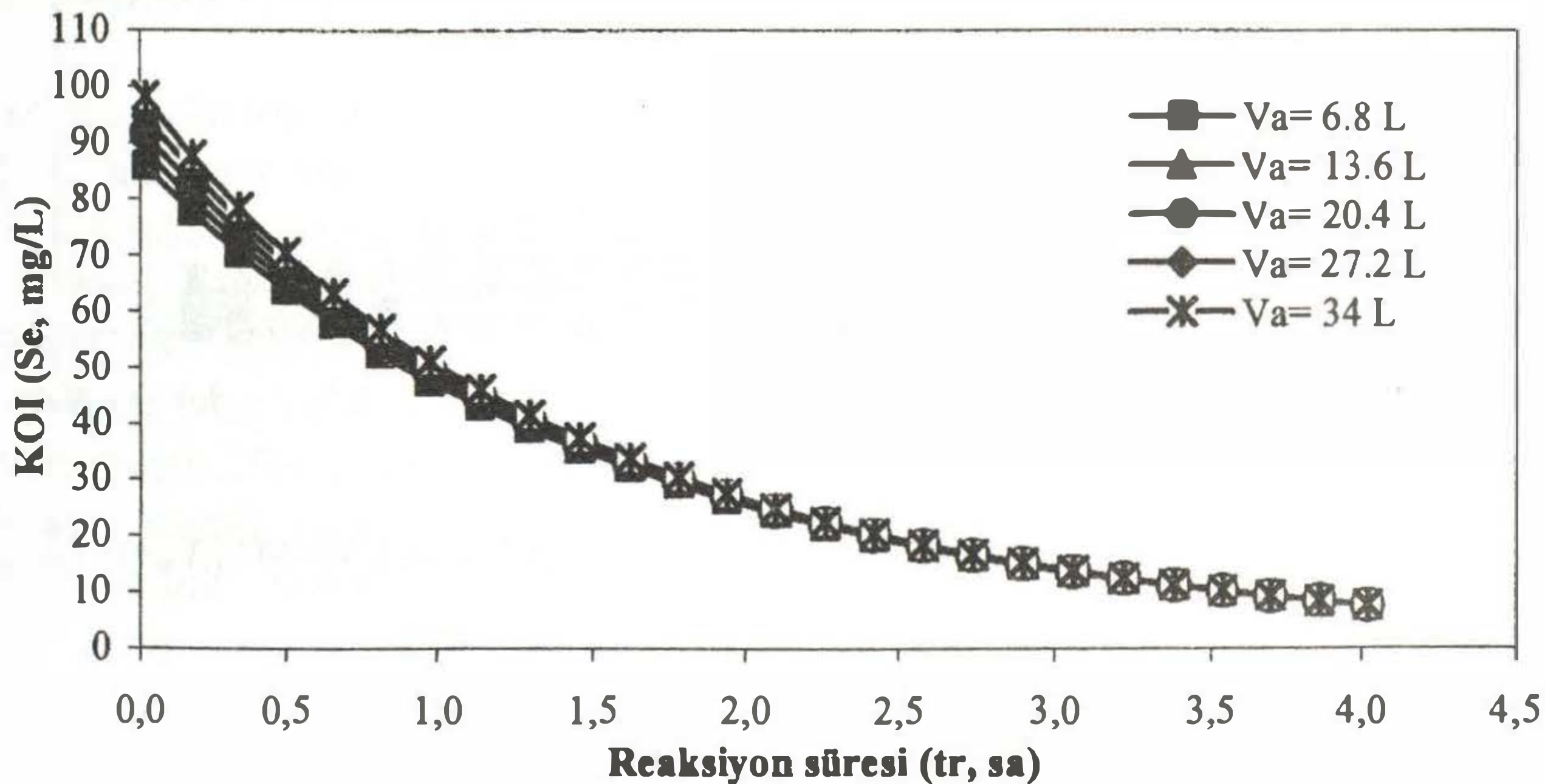
Şekil 10. t_r - S_e ilişkisine Q_0 etkisinin simülasyonu ($S_0=206$ mg/L, $Q=12$ L/sa, $k=0.60$ sa⁻¹, $V_b=40$ L, $V_{ab}=34$ L)

Şekil 11'e göre reaksiyon süresi arttıkça KOI çıkış konsantrasyonu üstel olarak azalmakta, reaktör hacminin artışıyla beraber KOI giderim hızı reaksiyon süresinin ilk 1.5 saatlik kısmındaki KOI giderim hızı 1.5 saatten sonraki KOI giderim hızına göre daha yüksektir. Şekil 12'ye göre reaksiyon süresi arttıkça KOI çıkış konsantrasyonu üstel olarak azalmakta, çöken çamur

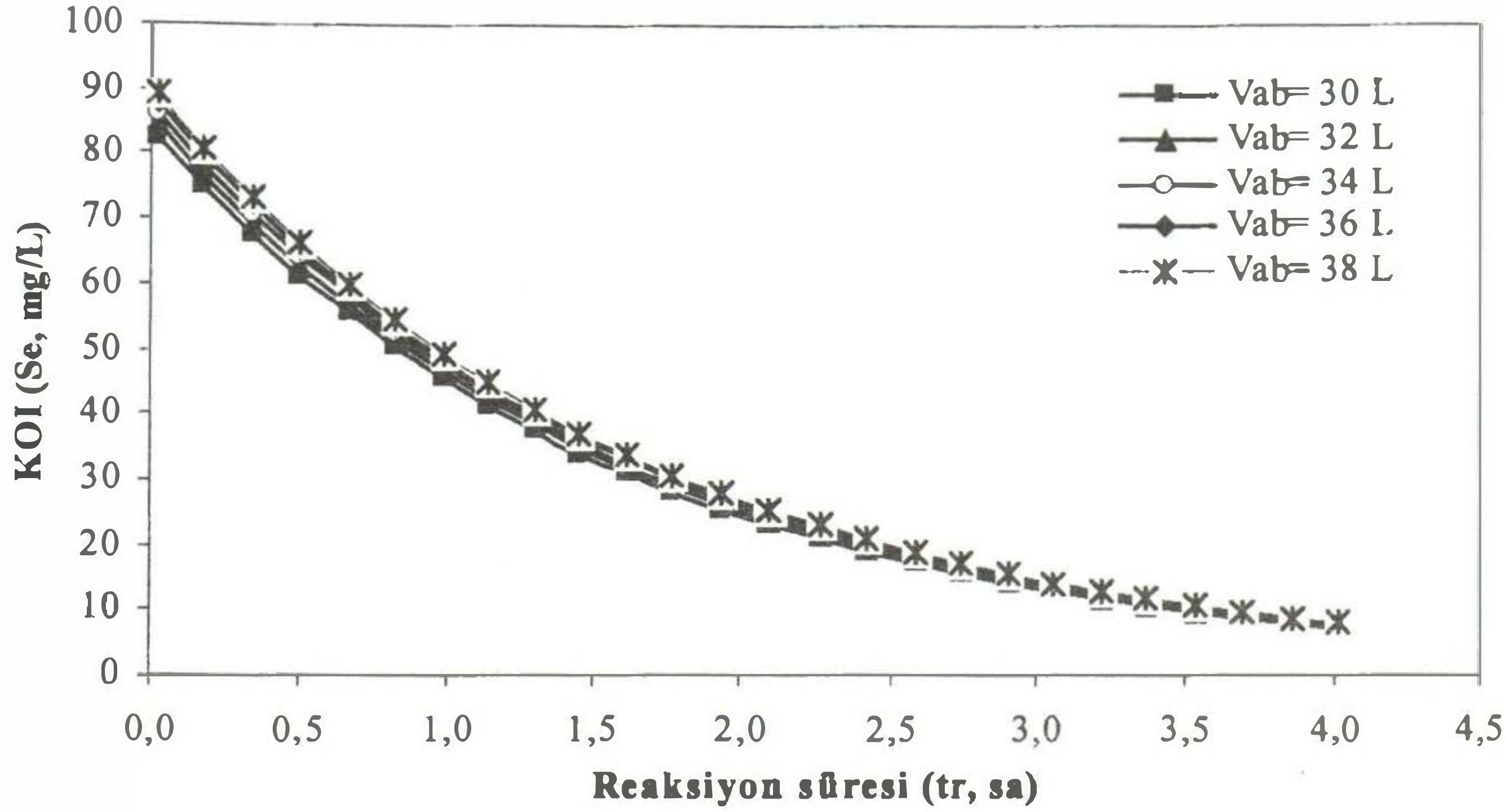
hacminin artışıyla beraber KOI giderim hızı, reaksiyon süresinin ilk 1.5 saatlik kısmındaki KOI giderim hızı, 1.5 saatten sonraki KOI giderim hızına göre daha yüksektir. Şekil 13'e göre reaksiyon süresi arttıkça KOI çıkış konsantrasyonu üstel olarak azalmakta, aktif hacim artışı ile beraber KOI giderim hızı ve konsantrasyonları birbirine yakın seyretmektedir.



Şekil 11. t_r - S_e ilişkisine V_b etkisinin simülasyonu ($S_0=206$ mg/L, $Q=12$ L/sa, $k=0.60$ sa⁻¹, $V_b=40$ L, $V_{ab}=34$ L)



Şekil 12. t_r - S_e ilişkisine V_a etkisinin simülasyonu ($S_0=206$ mg/L, $Q=12$ L/sa, $k=0.60$ sa⁻¹, $V_b=40$ L, $V_{ab}=34$ L)



Şekil 13. t_r - S_c ilişkisine V_{ab} etkisinin simülasyonu ($S_0=206$ mg/L, $Q=12$ L/sa, $k=0.60$ sa⁻¹, $V_b=40$ L, $V_{ab}=34$ L)

4. Sonuç

Bu çalışmada, kentsel atıksuların ardışık kesikli reaktörde arıtılması araştırılmıştır ve kentsel atıksular için optimum reaksiyon süresi (t_r) 1.5 sa olarak bulunmuştur. Reaktörde bir tam döngü 4 saattir ve sistem günde 6 kez

çalışacak şekilde işletilmiştir. Reaktöre her bir döngüde 6 L atıksu ilave edilmiştir. Sistemde günde toplam 36 L su arıtılmaktadır.

Ardışık kesikli reaktörün (AKR, SBR) reaksiyon kinetiği araştırılarak AKR'nin verimine etki eden parametrelerin (S_0 , Q , k , V_a , V_b , V_{ab}) simülasyonu yapıldığında S_0 , Q , k ve V_{ab} etkili olduğu V_a ve V_b 'nin ise daha az etkili olduğu görülmüştür.

Deneysel verilere göre; 1.5 saatlik reaksiyon ve çökeltme süresi için ortalama çıkış KOI konsantrasyonu 37 mg/L dir. Aynı işletme şartları için teorik olarak hesaplanan ortalama çıkış KOI konsantrasyonu ise 34 mg/L dir. Deneysel verilere en uygun reaksiyon sabiti (k) 0.60 sa⁻¹ bulunmuştur. Deneysel verilerle teorik olarak hesaplanan veriler karşılaştırıldığında sonuçların birbirine yakın olduğu görülmüştür. Ardışık Kesikli Reaktör sisteminin, kentsel nitelikli atıksularının arıtılmasında başarı ile kullanılabileceği görülmektedir.

Teşekkür

Bu Proje, Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı Lisansüstü Tez Projeleri (2008-50.02.002) kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

[1] İleri, R., Damar, Y., 2009. Simulation Study on Treatment Efficiency for Textile Wastewater by Full-Scale Sequencing Batch Reactor, Journal of Nature Science and Sustainable Technology, Volume 1 Issue 1, 1-13.

- [2] Tsang Y.F., Hua F.L., Chua H., Sin S.N., Wang Y.J., 2007. Optimization of biological treatment of paper mill effluent in a sequencing batch reactor, Biochemical Engineering Journal 34,193-199.
- [3] Droste, R.L., 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment, Wiley&Sons, New York.
- [4] Teichgraber, B., Screff, D., Ekkerlein, C., Wilderer, P.A., 2001. Sequencing batch reactor technology in Germany-in overview. Water Sci. and Tech. 43, 323-330.
- [5] Lin, S.D., 2001. Water and Wastewater Calculations Manuel, McGraw Hill, New York, USA.
- [6] Lee, C.C. Lin, S.D., 2000. Handbook of Environmental Engineering Calculations, McGraw Hill, Newyork, USA.
- [7] EPA, 2000. Wastewater Technology Fact Sheet, Package Plants, Washington, DC, USA.
- [8] Novak, L., Goronzy, M.C., Wanner, J., 1997. Dynamic mathematical modelling of sequencing batch reactor with aerated and mixed filling period. Water Science Technology 35, 105-112.
- [9] Kulac, S., 1997. Kesikli Biyolojik Arıtma Tesisinde Optimum Koşulların Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kimya, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adapazarı.
- [10] Tchobanoglous, G., 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse, Metcalf&Eddy, Inc., New York.
- [11] Irvine, R.L., Ketchum, L.H., 1988. Sequencing batch reactors for biological wastewater treatment. Critical Reviews in Environmental Control 18, 255-294.
- [12] Mines, R. O., Milton G. D., 1998. Bionutrient Removal With A Sequencing Batch Reactor *Water, Air, and Soil Pollution* 107: 81-89.
- [13] Çetin, E., Yılmaz, G., Temizsoy, A., 2005. Evsel Atıksulardan Ardışık Kesikli Reaktörlerde Nutrient Giderimi, II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi.

