

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ARDIŞIK
KESİKLİ REAKTÖR İLE ARITILMASI VERİMİNE
ETKİ EDEN PARAMETRELERİN SİMÜLASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çev.Müh. Fevzi Gürsoy

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜH.
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Recep İleri**

Haziran 2006

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ARDIŞIK
KESİKLİ REAKTÖR İLE ARITILMASI VERİMİNE
ETKİ EDEN PARAMETRELERİN SİMÜLASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çev.Müh. Fevzi Gürsoy

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜH.

Bu tez 19/06/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Recep İleri
Jüri Başkanı

Prof.Dr. Saim Özdemir
Üye

Yrd.Doç.Dr.Mehmet Sandalcı
Üye

TEŞEKKÜR

Tezin hazırlanması aŐamasında bana her tŸrlŸ desteği veren danıŐman hocam Sayın Prof. Dr. Recep İleri' ye teŐekkŸrŸ bir borç bilirim.

Ayrıca çalıŐmalarımnda yardımını esirgemeyen ArŐ.Gör. Sayın Beytullah Eren'e de teŐekkŸr ederim.

ÇalıŐmalarım sırasında hiçbir zaman desteğini esirgemeyen başta babam Ahmet GŸrsoy olmak Ÿzere tŸm aileme teŐekkŸrlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖRLER (AKR) HAKKINDA LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	2
2.1. Biyolojik Arıtma Sistemleri.....	
2.1.1. Biyolojik arıtmanın amacı.....	3
2.1.2. Biyolojik arıtmada mikroorganizmaların rolü.....	3
2.2. Mikrobiyolojik Metabolizmanın Tanımı.....	3
2.2.1. Mikroorganizma çoğalmasında besi maddesi ihtiyacı.....	3
2.2.2. Karbon ve enerji kaynakları.....	4
2.2.3. Nütrient ve iz element ihtiyacı.....	4
2.3. Biyolojik Arıtmada Önemli Mikroorganizmalar.....	5
2.3.1. Bakteri.....	5
2.3.2. Bakterilerin hücre kompozisyonu.....	6
2.4. Çevre Koşullarının Biyolojik Reaksiyona Etkisi.....	6
2.4.1. Sıcaklığın etkisi.....	6

2.4.2. Ph.....	6
2.4.3. Çözünmüş oksijen.....	6
2.4.4. Çözünmüş karbondioksit.....	7
2.4.5. İyon konsantrasyonu.....	7
2.5. Büyüme ve Substrat Giderim Kinetiklerinin Biyolojik.....	7
2.6. Biyolojik Arıtma Proseslerinin Uygulamaları.....	8
2.7. Biyolojik Arıtma Sistemlerinin Tasarımı.....	8
2.8. Aktif çamur prosesi	8
	9
2.8.1. Aktif çamur uygulama yöntemleri.....	10
2.8.2. Seçim Kriteri.....	10
2.9. Ardışık Kesikli Reaktörler ile ilgili bilgiler.....	11
2.9.1. Ardışık kesikli reaktörlerin teknolojik esasları.....	12
2.9.2. Ardışık kesikli reaktörlerin avantajları.....	14
2.9.3. Ardışık kesikli reaktörlerin dezavantajları.....	15
2.9.4. Ardışık kesikli reaktörlerin tasarım esasları.....	15
2.9.5. Ardışık kesikli reaktörler ile ilgili yapılan çalışmalar.....	17
2.9.6. Ardışık kesikli reaktör verimine etki eden faktörler.....	19
2.9.6.1. Çamur yaşı.....	19
2.9.6.2. Sıcaklığın etkisi.....	19
2.9.6.3. Karbon kaynağının etkisi.....	20
2.9.6.4. S_0/X_0 (substrat/ mikroorganizma) oranının etkisi.....	20
2.9.6.5. Alıkonma süresinin etkisi.....	20
2.9.6.6. Basamak sayısının etkisi.....	21
2.9.6.7. pH' ın etkisi.....	21

BÖLÜM 3.

TEKSTİL ENDÜSTRİ ATILSULARIN ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖR İLE ARITILMASI.....	22
3.1. Ardışık Kesikli Reaktör Teknolojisi.....	24
3.2 AKR Teknolojilerinin Kullanılma Sebepleri.....	24

3.3. İncelenen Tesisin Özellikleri.....	26
BÖLÜM 4.	
ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖR KİNETİĞİ.....	28
4.1. Substrat (Besi maddesi) Giderme Kinetiği.....	28
4.1.2. Teori	28
4.2. Giderme Verimi kinetiği.....	31
4.2.1. Teori.....	31
4.2.2. Substrat giderim verimlerinin hesaplanmasında kullanılan sabitler	32
4.3. Giderme Verimine Etki Eden Parametrelerin Simülasyonu.....	32
BÖLÜM 5.	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	51

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AKR	: Ardışık Kesikli Reaktör
BOİ	: Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (mg/l)
X	: Biyokütle konsantrasyonu (mg/l)
ÇO	: Çözünmüş oksijen (mg/l)
ÇCO ₂	: Çözünmüş karbon dioksit (mg/l)
TOK	: Toplam organik karbon (mg/l)
KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/l)
MLSS	: Biyokimyasal askıda katı madde (mg/l)
SVI	: Çamur hacim indeksi
pH	: Asitlik bazlık derecesi
VER	: Volümetrik değişim oranı
AKM	: Askıda katı madde (mg/l)
S _o	: Giriş substrat konsantrasyonu (mg/l)
S _f	: Doldurma süresinin sonundaki substrat konsantrasyonu (mg/l)
S _e	: Reaksiyon sürecinin sonundaki substrat konsantrasyonu (mg/l)
Q	: Debi (m ³ /saat)
k	: Reaksiyon katsayısı
t _r	: Reaksiyon süresi (saat)
V _b	: Kesikli reaktörün boşken (toplam) hacmi (m ³)
V _{ab}	: Kesikli reaktörde çöken çamur hacmi (m ³)
V _b	: Kesikli reaktörün doldurma süreci başlamadan önceki aktif hacmi (m ³)
E	: Yüzde substrat giderim verimi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Tipik bir ardışık kesikli reaktör akış diyagramı.....	12
Şekil 4.1. Tekstil endüstrisi atık suyunun BOİ ₅ giderim veriminin (E), reaksiyon süresi ile değişimi.....	34
Şekil 4.2. Reaksiyon süresi (t_r) ile, çıkış BOİ ₅ konsantrasyonu (S_e) ilişkisine, giriş BOİ ₅ konsantrasyonunun (S_0) etkisi.....	35
Şekil 4.3. Reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine, çıkış konsantrasyonun (S_e) etkisi.....	36
Şekil 4.4. Reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine doldurma debisinin (Q) etkisi.....	37
Şekil 4.5. Reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine reaksiyon katsayısının (k) etkisi.....	38
Şekil 4.6. Reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine, boş(toplam) reaktör hacminin (V_b) etkisi.....	39
Şekil 4.7. Reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine, reaktörde çöken çamur hacminin (V_a) etkisi.....	40
Şekil 4.8. Reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine, reaktöre doldurmadan önceki aktif hacmin (V_{ab}) etkisi.....	41
Şekil 4.9. Tekstil endüstrisi atık suyunun, çıkış veriminin (E), deneysel ve teorik olarak elde edilen sonuçların karşılaştırılması.....	42
Şekil 4.10. Atıksu arıtma tesisi giriş Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı(BOİ ₅) değerlerinin değişimi.....	43
Şekil 4.11. Atıksu arıtma tesisi çıkış Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅) (mg/l) değerleri.....	43
Şekil 4.12. Atıksu arıtma tesisi giriş Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅) (mg/l) değerlerinin yapılan 3 deneyle değişiminin incelenerek, teorik formülle zamana göre reaksiyon sabiti (k) (saat ⁻¹) değerlerinin değişimi.....	44

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Aydın Örme Tekstil Fabrikası Arıtma Tesisi 05.11.2003 tarihine ait çıkış değerleri.....	27
Tablo 4.1. Tekstil endüstrisi atık suyunun çıkış BOİ ₅ konsantrasyonu (S _e) kinetiğinin teorik olarak çıkış BOİ ₅ konsantrasyonu (S _e) farklı değerleri için reaksiyon süresi (t _r) ile değişimi.....	33
Tablo 4.2. Tekstil endüstrisi atıksuyunun çıkış BOİ ₅ konsantrasyonun (S _e) ve % verimin (E) zamanla değişiminin deneysel ve teorik olarak karşılaştırılması	45

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Tekstil endüstrisi, atık su, ardışık kesikli reaktör, giderim verimi, parametre, simülasyon

Bu çalışmada, tekstil endüstrisi atıksuyu arıtma tesisi Ardışık Kesikli Reaktör (AKR) ünitesinde çıkış suyu biyolojik oksijen ihtiyacının (BOI_5), giderim veriminin zamanla değişimi ve bu değişime etki eden parametreler araştırılmıştır. yüksek verimi veren ve çıkış suyu standartlarını sağlayan optimum reaksiyon süresi (t_r) belirlenmiştir. Bir tekstil endüstrisi için AKR biyolojik arıtma prosesi kinetiğine ait denklem referans alınarak, verim denkleminde uyarlanmıştır. Ayrıca, verim denkleminde bulunan parametrelerin simülasyon çalışmaları yapılmıştır.

Faaliyette olan arıtma sisteminin BOI_5 giderim verimi ile teorik denklemden elde edilen giderim verimi karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, Ardışık AKR'nin tekstil endüstrisi atıksuyu arıtımında kullanılabileceği ve teorik çalışmada kullanılan denkleminde optimum işletme şartlarında AKR kinetiğini temsil edebileceği görülmektedir.

SIMULATION OF EFFECT PARAMETERS ON TREATMENT EFFICIENCY OF SEQUENCING BATCH REACTOR FOR TEXTILE INDUSTRY WASTEWATER

SUMMARY

Keywords: Textile industry, wastewater, sequencing batch reactor, efficiency, parameter, simulation.

In this study, biological oxygen demand (BOD₅) removal efficiency changing with time and effect parameters have been researched for sequencing batch reactor in textile wastewater treatment plant. Optimum reaction time (t_r) which provides effluent standards has been determined through higher efficiency. For a textile industry, efficiency equation has been adapted referencing an appropriate kinetics equation for sequencing batch reactor (SBR) from literature. In addition, simulation studies of parameters in efficiency equation have been observed.

Removal of BOD₅ efficiency in real scale system has been compared with theoretical value. As a result, SBR will be able to used in textile industry wastewater treatment and also equations which are used in theoretical studies can be seen representing SBR kinetics in optimum operating system conditions.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde her geçen gün endüstri alanında gelişmeler meydana gelmektedir. Bu gelişmeler faydalarının yanında bir çok zararı da beraberinde getirmektedir. Gelecekte ön görülen su kaynaklarının yeterli olmayacağı teorisi mevcut su kaynakları korunması için gerekli şartların sağlanmasını önemli hale getirmiştir. Endüstri alanındaki farklı sektörlerden meydana gelen atıksu karakterizasyonu ve miktarı günden güne artmaktadır.

Sanayinin gelişmesiyle üretimdeki farklılıklardan dolayı bu sektörlerin atık su ve miktarlarında farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar atıksular için ayrı arıtma stratejileri belirlenmelidir. Bu sebepten dolayı Ardışık Kesikli Reaktör (AKR) prosesinin kullanılması pratik ve ekonomik yönden çözüm yolu olarak görülmektedir[1].

Doğal su sistemlerine olan aşırı nutrient deşarjlarındaki son düzenlemeler organik karbon ve fosfat giderimine birlikte nitrifikasyon ve denitrifikasyon işlemlerini başarmak için ardışık kesikli reaktör sistemlerinin modifikasyonlarıyla sonuçlanmıştır.

Bu çalışmada asıl amaç teorik olarak yapılan çalışmanın deneysel olarak yapılan çalışmalarla kıyaslanarak Ardışık Kesikli Reaktör (AKR) verimine parametrelerin etkisi incelenmiştir.

BÖLÜM 2. ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖRLER (AKR) HAKKINDA LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Hızlı nüfus artışı ve endüstrileşme sonucunda oluşan atıksular doğanın özümleyebileceği miktarı aşmış ve alıcı ortamları kirlenme tehlikesi ile karşı karşıya bırakmıştır. Doğadaki ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkileyebilecek ve diğer faydalı kullanımlarını engelleyecek bu durumun önüne geçebilmek için atıksuları uzaklaştırmadan önce arıtma zorunluluğu doğmuştur.

Atıksuların özellikleri kaynaklarına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterir ve bu farklılıklara göre arıtma yöntemleri de değişir. Atıksuların genellikle %99'undan daha yüksek bir kısmı su ve yalnız geri kalan kısmı kirletici maddelerden oluşmaktadır. Kirleticiler suyun içinde çözülmüş halde bulunabilecekleri gibi, katı madde olarak askıda da bulunabilirler. Bu maddelerin özelliklerine göre uzaklaştırılmaları için kullanılacak arıtma yöntemi de değişir. Örnek olarak organik kirleticilerin uzaklaştırılması için en etkin yöntemin "biyolojik arıtma" olduğu söylenebilir.

Biyolojik arıtma atıksuyun içinde bulunan askıda veya çözülmüş organik maddelerin bakterilerce parçalanması ve çökebilen biyolojik floklarla sıvının içinde kalan veya gaz olarak atmosfere kaçan sabit inorganik bileşiklere dönüşmesidir. Biyolojik arıtmanın esası organik kirleticilerin doğada yok edilmeleri için yer alan biyoflokülasyon ve mineralizasyon proseslerinin kontrolü ile çevrede ve optimum şartlarda tekrarlanmasıdır. Böylece doğadaki reaksiyonların hızlandırılarak daha kısa bir sürede, emniyetli ortamda gerçekleştirilmeleri sağlanmaktadır.

Biyolojik arıtma sistemleri değişik şekillerde sınıflandırılabilirler. Ortamda oksijen varlığına göre havalı (aerobik) ve havasız (anaerobik) olarak sınıflandırılan bu sistemler

kullanılan mikroorganizmaların sistemdeki durumuna göre askıda ve sabit film (biyofilm) prosesleri olarak da sınıflandırılabilirler [2].

2.1. Biyolojik Arıtma Sistemleri

2.1.1. Biyolojik arıtmanın amacı

Biyolojik arıtmanın amacı, atıksudaki çökelmeyen kolloidal katıları pıhtılaştırarak gidermek ve organik maddeleri kararlı hale getirmektir. Evsel atıksu arıtımında organik madde içeriğinin yanı sıra azot ve fosfor gibi besi maddeleri de biyolojik arıtımda giderilir. Çoğu kez durumda toksik olabilecek eser (iz) miktardaki organik maddeleri gidermek de önemlidir. Tarım alanlarından geri dönen sularda önemli olan azot ve fosforun arıtılması kritik önem taşır. Endüstriyel atıksular için, organik ve inorganik bileşiklerin arıtımı önemlidir. Bu bileşiklerden çoğu mikroorganizmalar üzerinde toksik etki yaptıkları için genellikle özel zaman ön arıtma gerekebilir.

2.1.2. Biyolojik arıtmada mikroorganizmaların rolü

Atıksudaki BOİ'nin giderimi, çökmeyen kolloidal katıların pıhtılaştırılması ve organik maddelerin kararlı hale gelmesi, başta bakteriler olmak üzere çeşitli mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Mikroorganizmalar, kolloidal ve çözülmüş karbonlu organik maddeleri çeşitli gazlara ve yeni hücrelere dönüştürerek kullanırlar. Hücre dokusunun özgül ağırlığı sudan daha fazla olduğundan arıtılmış sudan çökerek ayrılır. Bu mikroorganizmaları ortamdaki ayırmadıkça arıtım tamamlanmış olmaz. Mikroorganizmalar organik yapıda olduklarından atıksuda BOİ veya KOİ cinsinden ölçülürler ve suya bir miktar kirlilik verirler.

2.2. Mikrobiyolojik Metabolizmanın Tanımı

Biyolojik arıtma sistemlerinin tasarımında ve sistem seçiminde, mikroorganizmaların biyokimyasal aktivitelerinin iyi anlaşılması gerçekleştirir. Bu bölümde iki önemli konudan bahsedilecektir. Bunlar, atıksu arıtımında karşılaşılan mikroorganizmaların

besi maddesi ihtiyacı ve moleküler oksijen ihtiyacına dayalı mikrobiyal metabolizmaların yapısıdır.

2.2.1. Mikroorganizma çoğalmasında besi maddesi ihtiyacı

Mikroorganizmalar, üremelerini ve diğer hayati fonksiyonlarını devam ettirmek için,

1. Enerji kaynağına,
2. Yeni hücre sentezi için karbona,
3. Azot, fosfor, sülfür, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi inorganik elementlere ihtiyaç duyarlar. Organik besi maddeleri de hücre sentezi için gereklidir. Mikrobiyal faaliyetler için gerekli karbon ve enerji kaynaklarına substrat adı verilir.

2.2.2. Karbon ve enerji kaynakları

Mikroorganizmalar için en önemli karbon kaynakları organik madde ve karbondioksittir. Hücre dokusu oluşturmada organik karbon kullanan organizmalar heterotrof, yalnızca karbondioksit kullanan organizmalar ise ototrof olarak adlandırılırlar. Karbondioksitin organik hücre dokusuna dönüşümü, enerji girdisi gerektiren bir indirgeyici prostestir. Bu nedenle ototrofik organizmalar, hücre sentezi için heterotroflardan daha çok enerji harcadıklarından daha düşük büyüme hızına sahiptirler.

Hücre sentezinde gereken enerji ışık veya kimyasal oksidasyon ile sağlanır. Işığı enerji kaynağı olarak kullanan bu organizmalar, fototrof olarak adlandırılırlar. Fototrofik organizmalar, heterotrofik (bazı sülfür bakterileri) veya ototrofik (alg ve fotosentetik bakteri) olabilirler. Enerjilerini kimyasal reaksiyonlardan karşılayan organizmalar, kemotrof olarak bilinirler. Fototrof ve kemotroflar, heterotrof (protozoa, fungi ve bakterilerin çoğu) veya ototrofik (nitrifikasyon bakterisi) olabilirler. Kemototroflar, indirgenmiş amonyak, nitrit ve sülfid gibi inorganik bileşiklerin oksidasyonundan oluşan enerjiyi kullanırlar. Kemoheterotroflar ise organik bileşiklerin oksidasyonu sonucu açığa çıkan enerjiyi kullanırlar. Mikroorganizmaların sınıflandırılması aşağıdaki tabloda verilmektedir.

2.2.3. Nütrient ve iz element ihtiyacı

Besi maddeleri, karbon ve enerji kaynağı olmaktan ziyade hücre sentezi ve büyümesinde kısıtlayıcı rol oynarlar. Mikroorganizmanın ihtiyaç duyduğu başlıca inorganik besi maddeleri; N, S, P, K, Mg, Ca, Fe, Na ve Cl'dur. İkinci derece önemli besi maddeleri ise; Zn, Mn, Mo, Se, Co, Cu, Ni, V ve W'dir. İnorganik besi maddelerine ilave olarak bazı organizmalar için organik besi maddeleri de gerekebilmektedir. Büyüme faktörü olarak bilinen bu organik besi maddeleri, organizmaların ihtiyacı olan ve yalnızca hücre sentezinde kurucu olan maddelerdir. Büyüme faktörü bir organizmadan diğerine farklılık gösterse de temel büyüme faktörleri üç temel grupta sınıflandırılabilirler;

1. Aminoasitler
2. Purinler ve pirimidinler
3. Vitaminlerdir.

2.3. Biyolojik Arıtmada Önemli Mikroorganizmalar

Hücre yapıları ve fonksiyonları dikkate alınırsa mikroorganizmalar aşağıdaki şekilde sınıflandırılırlar;

1. Eucaryotes
2. Eubacteria
3. Archaeobacteria

Prokaryotik grup (eubacteria ve archaeobacteria) arıtmada birincil derecede önemli olup kısaca bakteri olarak bahsedilir. Ökaryotik grup bitki, hayvan ve protistleri içerir.

2.3.1. Bakteri

Bakteriler tek hücreli prokaryotic organizmalardır. Atıksu arıtma ünitelerinde oldukça yaygın olarak bulunurlar ve karbon, azot, fosfor ve kükürt bileşiklerinin giderilmesinde kullanılırlar. Bakteri hücrelerinin büyüklükleri 0,5-3 µm (10⁻⁶) aralığındadır ve şekillerine göre değişik isimler alırlar.

2.3.2. Bakterilerin hücre kompozisyonu

Bakterilerin incelenmesi sonucu %80'inin su ve %20'sinin kuru maddeden meydana geldiği bulunmuştur. Kuru maddenin de %90'ı organik ve %10'u inorganiktir.

2.4. Çevre Koşullarının Biyolojik Reaksiyona Etkisi

Çevre koşullarının (sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, çözünmüş karbondioksit, redoks potansiyeli, toksisite vb.) organizmalar üzerine etkileri önemlidir. Mikroorganizmaların metabolizmaları (özellikle büyüme faaliyetleri) kendilerini çevreleyen fiziksel ortamın özelliklerine geniş ölçüde bağımlıdır [3] .

2.4.1. Sıcaklığın etkisi

Mikroorganizmaların metabolizma ile ilgili faaliyetlerinin tümü kimyasal reaksiyonlara dayanmaktadır. Kimyasal tepkimeler gibi, mikroorganizmaların meydana getirdiği tepkimeler de sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık yalnız metabolik aktiviteleri etkilemekle kalmaz biyolojik çamurun çökme özelliği, gaz transfer hızı gibi faktörleri de etkiler. Biyolojik proseslerin reaksiyon hızı üzerindeki sıcaklık etkisi aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir.

2.4.2. pH

Hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), organizmaların aktivitelerini ve büyümelerini önemli ölçüde etkiler. Bu özellik hidrojen iyonunun enzim faaliyetine etkisi ile açıklanabilmektedir. Her organizmanın maksimum aktivite gösterdiği bir optimum pH aralığı vardır. Genellikle bakteriler pH=3-8, mantarlar pH=3-6, küfler pH=3-7, bitki hücreleri pH=6,5-7,5, arasında optimum aktivite gösterirler. Organizmaların aktivitelerini maksimize edebilmek için ortamın pH'ı asit/baz ilavesi ile kontrol edilebilir. Ortamın pH'sı aynı zamanda organizmaların aktiviteleri ile de değişir. Örneğin amonyum (NH_4^+) azot kaynağı olarak kullanıldığında ortama H^+ verildiğinden pH düşer. Çünkü nitrifikasyon sırasında NH_4^+ iyonları NO_3^- 'e dönüşerek ortama H^+ iyonları vermektedir. Nitrat iyonları (NO_3^-) azot kaynağı olarak

kullanıldığında ise denitrifikasyon oluşur. Burada NO_3^- , N_2 gazına dönüştüğü için ortamdan H^+ uzaklaşır ve pH yükselir.

2.4.3. Çözünmüş oksijen

Çözünmüş oksijen (ÇO), havalı arıtma sistemlerinde önemli bir parametredir. Suda çözünürlüğü az olan (ÇO=7-8 mg/l, 25°C, 1 atm.) oksijenin sürekli sağlanması ve oksijen sınırlamasının önüne geçilebilmesi için oksijen transfer hızının oksijen kullanma hızından daha büyük olması gerekir. Kritik oksijen konsantrasyonu, bakteri ve mantarlar için doygunluk konsantrasyonunun %5-10'u arasındadır (1-2 mg/l), küfler için ise doygunluk konsantrasyonunun %10-50'si arasındadır (1-5 mg/l). Ortamda oksijen sınırlamasını gidermek için saf oksijen kullanılabilceği gibi, sistem yüksek basınç altında (2-3 atm) da çalıştırılabilir.

2.4.4. Çözünmüş karbondioksit

Çözünmüş karbondioksit (ÇCO₂) de organizmaların aktivitelerini etkiler. Yüksek konsantrasyonları toksik, düşük konsantrasyonları da sınırlayıcı etki yapar. Bazı organizmalar (ototrofik) CO₂'i karbon kaynağı olarak kullanırlar.

2.4.5. İyon konsantrasyonu

Ortamın iyonik kuvveti (iyon konsantrasyonu) de organizmaların metabolik fonksiyonlarını, O₂/CO₂'nin çözünürlüğünü ve iyonların hücre içine ve dışına aktarımını etkileyen önemli bir faktördür.

2.5. Büyüme ve Substrat Giderim Kinetiklerinin Biyolojik Arıtıma Uygulanması

Bunun amacı;

1. Mikroorganizma ve substrat dengesini oluşturmak,
2. Arıtılmış suda mikroorganizma ve substrat konsantrasyonlarını tahmin etmektir.

2.6. Biyolojik Arıtma Proseslerinin Uygulamaları

Bu proseslerin temel uygulamaları;

1. Atıksuda özellikle BOİ, TOK (toplam organik karbon) veya KOİ olarak ölçülen karbonlu organiklerin gideriminde,
2. Nitrifikasyon,
3. Denitrifikasyon,
4. Fosfor giderimi ve
5. Atık stabilizasyonudur.

2.7. Biyolojik Arıtma Sistemlerinin Tasarımı

Biyolojik prosesler, atıksudaki biyolojik olarak parçalanmış ve çözülmüş organik maddeleri çöktürme havuzunda çöktürerek gidermek üzere, çökebilen biyolojik ve inorganik floklara dönüştürmek amacıyla kullanılırlar. Bir çok durumda ikinci kademe prosesler olarak tanımlanan biyolojik prosesler, fiziksel ve kimyasal proseslerle birlikte çalıştırılır. Birinci kademe arıtma (ön çöktürme), çökebilen katıları ayırmada etkin olmasına karşılık, biyolojik prosesler koloidal veya çözülmüş haldeki organik bileşikleri gidermede etkindirler. Bu proseslerden, havalandırmalı lagünler, stabilizasyon havuzları ve uzun havalandırmalı sistemler ön çöktürmeye tasarlanırlar.

Çok sık kullanılan biyolojik prosesler;

1. Aktif çamur prosesleri,
2. Havalandırmalı lagünler,
3. Damlatmalı filtreler,
4. Döner biyodiskler ve
5. Stabilizasyon havuzlarıdır.

Aktif çamur prosesleri veya onun modifikasyonları daha çok büyük tesislerde, stabilizasyon havuzları ise küçük tesislerde kullanılmaktadır.

2.8. Aktif Çamur Prosesi

Bu arıtma sisteminde ön arıtmadan geçirilmiş atıksu havalandırma tanklarına alınır. Bu tanklara dışarıdan oksijen verilerek (yüzeysel havalandırıcılar veya difüzör havalandırıcılar ile) aerobik mikroorganizmaların atıksu içindeki çözünmüş ve kolloid organik maddeleri ayrıştırarak arıtım işlemini gerçekleştirmesi temin edilir.

Havalandırma tankından çıkan atıksuların son çökeltme tankında durultulması yani arıtılmış su içindeki mikroorganizmaların sistemden ayrıştırılması gereklidir. Ayrıca havalandırma tankında belirli bir mikroorganizma konsantrasyonunu temin etmek üzere son çökeltme tankından alınan çökelmiş çamurun (mikroorganizmaların) havalandırma tankının başına geri devredilmesi gereklidir. Sistemde oluşacak fazla çamur ise sistem dışına alınarak çamur arıtım işlemlerine tabi tutulması gerekir.[3]

Aktif çamur prosesi, atıksulardaki kolloidal ve çözülmüş formlarda bulunan ve çökelemeyen maddeleri çökelebilen biyolojik yumaklara dönüştürme işlemidir. Biyolojik yumaklar havalandırma havuzunda meydana getirilir ve son çökeltme havuzunda çökeltilerek sistemden ayrılır. Bu çökelen biyolojik yumaklara kısaca “Aktif çamur” denir. Klasik aktif çamur prosesinin değişik uygulamaları yapılmıştır.

Havalandırma havuzlarında, atıksulardaki organik madde giderilirken aktif çamur miktarı yani mikroorganizma miktarı artar. Bu artan çamurun sistemden çekilmesi gerekir. Bu çekilen çamura “artık çamur” denir. Havalandırma havuzunda aktif çamur miktarını belirli seviyede tutabilmek ve daha iyi kalitede çökebilen çamur elde edebilmek için son çöktürme havuzunda çökelen çamurun bir kısmının tekrar havalandırma havuzuna verilmesi gerekir. Başka bir deyişle geri devir yapılır [3].

Aktif Çamur Sistemlerin projelendirilmesinde; atıksu özellikleri, F/M oranı, Çamur Yaşı ve hidrolik süre parametreleri önemlidir.

2.8.1. Aktif çamur uygulama yöntemleri :

Klasik Aktif Çamur : Klasik aktif çamur, havalandırma tankı, çöktürme tankı ve çamur geri devir sisteminden oluşur. Aktif çamur prensipleri tamamen geçerlidir.

Uzun Havalandırmalı : Aktif çamur prensipleri geçerli olmakla beraber , daha uzun havalandırma süresine sahiptirler. Uzun biyolojik oksidasyon sonucu atık çamur oluşumu daha azdır.

Kesikli Reaktör : Atıksu oluşumunun kesikli olduğu yerler için uygundur. Havalandırma ve çökeltme işlemi aynı tank içerisinde ardışık olarak yapılmaktadır. Geri devir bulunmayıp aktif çamur kalitesine göre çamur atılmaktadır.

Oksidasyon Hendekleri : Uzun havalandırmalı sistemler gibi çalışmakta olup, havuz içerisinde atıksuyun sirkülasyonu da sağlanmaktadır.

2.8.2. Seçim Kriteri:

1. Yeterli büyüklükte arazi yoksa
2. Arıtma veriminin iklim koşullarından etkilenmemesi isteniyorsa
3. Alıcı ortam yüksek arıtma verimliliği gerektiriyorsa (%90-95)

Arıtma verimi: %90-95 civarında

Alan gereksinimi: Kişi başına 0,25-0,40 m² alan gerekmektedir,

İşletme maliyeti: Kişi başına yıllık yaklaşık 3 \$ işletme ve bakım masrafı gerekmektedir [4].

2.9. Ardışık Kesikli Reaktörler İle İlgili Bilgiler

Ardışık Kesikli Reaktör (AKR) sisteminin farklı arıtma ihtiyaçlarını karşılamadaki esnekliği yanında sistem fiziksel olarak çok basittir. Bu özelliği ile sistem aktif çamur sistemlerinden farklılık göstermektedir. Rim ve diğ. 1997' de yaptıkları çalışmada bir

rekreasyon merkezinin atıklarını AKR' de arıtmış ve yüksek karbon , AKM, azot, ve fosfor giderimi sağlanmıştır. Yapılan deneylerde AKR' nin rekreasyon alanlarından gelen atıksular gibi miktar ve özelliklerinde sürekli dalgalanmalar olan atıksularda organik karbon yanında nütrient giderimi için en güvenilir teknoloji olduğu belirtilmiştir.

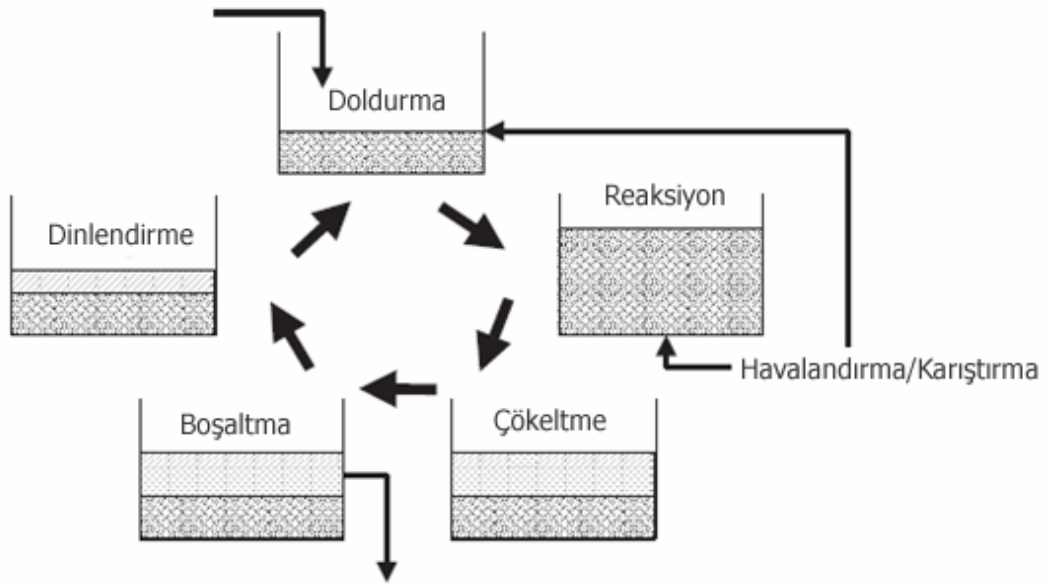
Reaksiyon fazı veya doldurma fazının havalandırma süresi uzatılarak yeterince büyük çamur yaşlarında (10-15 günden büyük) nitrifikasyon sağlanabilir. Denitrifikasyon için ise çökelme ve/veya boşaltma süreleri uzatılarak veya reaksiyon fazı sırasında havalandırma fonksiyonunun kapatılmasıyla ortamdaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun sıfır veya yakın bir değere inmesi ve denitrifikasyon için uygun koşulların oluşması kolayca sağlanabilir. fosfor giderimi için ise ortamda oksijen bulunmasını engelleyen bir strateji izlenmelidir[1].

AKR'ler düşük debili atıksular için uygun olup, aynı zamanda esnek işletme şartları da sağlarlar. Gerekli arıtma reaktörün işletme şartlarını değiştirerek gerektiğinde kimyasal ilavesi ile sağlanabilir. Fosfor, koagülant ilavesi ile veya biyolojik olarak giderilebilir. Bu sistemde reaksiyon zamanı 3 ile 24 saat arasında değişebilir. Havalı ve havasız reaksiyon süreleri değiştirilerek nitrifikasyon ve denitrifikasyon reaksiyonları da aynı sistemde gerçekleştirilebilir. Ortamın havalı ve havasız (veya anoksik) olması durumlarında sıvı fazdaki fosfat konsantrasyonunda sırasıyla artma ve azalma görülür. Anoksik şartlarda organizmalar ortama fosfat verdiği için sıvı fazda fosfat konsantrasyonu yükselir. Havalı şartlarda ise fosfat organizmalar tarafından tutulduğundan sıvı fazdaki fosfat konsantrasyonu azalır [1] .

AKR sisteminin debideki büyük değişiklikleri tolere edebilmesi ve aynı zamanda bir dengeleme tankı gibi iş görmesinin dışında AKR sisteminin farklı fazlarının otomatik olarak kontrol edilebilmesi de sistemi endüstriyel atıksuların arıtılması için çekici kılmaktadır [5].

2.9.1 Ardışık kesikli reaktörlerin teknolojik esasları

Ardışık kesikli reaktör (AKR) sistemi, bir aktif çamur biyolojik arıtma prosesidir. Ardışık kesikli reaktör (AKR) sistemleri, sürekli (plug flow) ve tam karışım (complete mixed) sistem özellikleri gösteren melez (hybrid) sistemlerdir [6]. Ardışık kesikli reaktörler (AKR) çözülebilen, askıda katı madde ve nutrient gideriminde kullanılmaktadır. Yağ, şeker, karbonhidrat ve proteinlerin gideriminde %99.9 etkindir [5]. Biyolojik nutrient giderimi istenildiği zaman, reaksiyon çevrimindeki basamaklar belli sayı ve sırada anaerobik, anoksik ve oksik (havalı) fazları sağlamak için ayarlanır [7]. AKR prosesi birbirini takip eden 5 fazdan oluşmaktadır. Bunlar sırası ile; doldurma, reaksiyon, çökeltme, boşaltma ve bekleme fazlarından oluşmakta ve Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Tipik bir ardışık kesikli reaktör akış diyagramı [8].

Yukarıda belirtilen fazların açıklamaları aşağıda yapılmıştır.

1. Doldurma: Ham atıksuyun sisteme alındığı fazdır. Bu faz arıtım amacına bağlı olarak statik, karıştırmalı ve havalandırılmalı olabilir. Tek tanklı sistemlerde bir çevrim süresi, doldurma fazı başından bekleme fazı sonuna kadar geçen zaman ,

çok tanklı sistemlerde ise ilk reaktörde doldurma fazının başlamasından son reaktörde dinlendirme fazı sonuna kadar geçen zamandır. Çok tanklı sistemlerde tanklar ardışık olarak dolar . Bir tankın doldurma fazı tamamlanmadan bir sonra solacak olan tankın boşaltma fazının sona ermiş olması gerekir. Ancak tek tanktan oluşan ardışık kesikli reaktörlerin maliyeti en düşüktür. Çünkü bu sistem daha az bileşenden oluşmaktadır ve en basit kontrol sistemine ihtiyaç duymaktadır.

2. Reaksiyon: İstenilen reaksiyonların tamamlandığı fazdır. Bu fazda karbon giderimi için arıtma ihtiyacına bağlı olarak karıştırma, havalandırma veya karıştırma ve havalandırma birlikte kullanılabilir.
3. Çökeltme: Mikroorganizmaların arıtılmış atıksudan ayrıldığı fazdır. Çökeltme tankının içinde gerçekleştiğinden çok durgun bir ortam sağlanır. Bu faz tipik olarak 0.5-1.5 saat sürmektedir.
4. Boşaltma: Arıtılmış atıksuyun sistemden uzaklaştırıldığı fazdır. Çamur yükselmesi ile oluşabilecek problemler nedeniyle fazla uzun tutulmamalıdır.
5. Dinlendirme: Boşaltma fazı bittikten sonra doldurma fazı başlayana kadar geçen süredir. Bu faz boşaltma fazı biter bitmez doldurma fazının başlaması ile elimine edilebilir.

Ardışık kesikli reaktörlerin evsel ve endüstriyel atıksuların arıtımında kolaylıkla kullanılabilir. Yüksek miktarda karbon oksidasyonu, nitrifikasyon, denitrifikasyon ve fosfor giderimi sağlanır.

Özellikle endüstriyel atıksulara ardışık kesikli reaktör prosesinin uygulanmasının en büyük avantajı, işletme ve tasarım esnekliğinin yanında, atıksu karakterlerinin değişken olması durumunda da ardışık kesikli reaktörlerin işletme şartlarında değişiklikler yapılarak sistemin kontrol edilmesidir [1].

2.9.2. Ardışık kesikli reaktörlerin avantajları

Ardışık kesikli reaktörlerin avantajlarının başlıcaları aşağıda verilmiştir[9].

1. Doldurma esnasında bile dengeleme tankı gibi çalışarak pik debileri ve şok BOİ yüklerini çıkış suyu kalitesinde bozulma olmadan tolere edebilir.
2. Atıksu periyodik olarak boşaltıldığından, atıksu istenilen deşarj standartları sağlanana kadar çevrim veya havalandırma süresi değiştirilerek reaktör içinde tutulabilir.
3. Atıksuyun debisinin düşük olduğu durumlarda seviye sensörleri kullanılarak fazla enerji harcaması engellenmiş olur.
4. Reaksiyon ve çökelme fazları aynı reaktörde gerçekleştiğinden ayrı bir çökeltme hacmine gerek yoktur. buda işletme ve ilk yatırım maliyetinden tasarruf sağlanmasını sağlar.
5. Çökeltme ayrı bir tankta yapılmadığından çamur geri devri yapılmaz. böylelikle çamur geri devir pompalarına gerek duyulmaz.
6. Nitrifikasyon, denitrifikasyon veya herhangi bir kimyasal madde ilavesi yapılmadan fosfor giderimi gerçekleştirilebilir.
7. Doldurma esnasında kullanılan fonksiyonlar değiştirilerek çamur kabarmasına neden olan filament mikroorganizmaların gelişimi kontrol edilebilir.

2.9.3. Ardışık kesikli reaktörlerin dezavantajları

1. Yalnızca küçük debili atıksular için uygundur.
2. Gereğinden fazla üniteler gerekir.

3. Çıkış suyu kalitesi güvenli boşaltmaya bağlıdır.
4. Çok az tasarım verisi yeterli olabilir.[10]

2.9.4. Ardışık kesikli reaktörlerin tasarım esasları

AKR tasarımında herkes tarafından kabul edilmiş standartlar yoktur. Aksine tasarım parametrelerinde ve uygulanan işletme koşullarında çok büyük ölçüde farklılıklar görülmektedir. Arora (1985)'nin tavsiye ettiği AKR sisteminin dizaynında izlenecek adımlar aşağıdaki gibidir [1].

1. Atıksu karakteri ile birlikte bölgenin ve sektörün deşarj standardına göre arıtma ihtiyacı tespit edilir.
2. Öncelikle atıksuyun ön arıtıma gerek olup olmadığına karar verilir.
3. Uygulanacak arıtma stratejisine göre bir F/M oranı seçilir. F değeri BOİ veya KOİ yükü olarak hesaplanır.
4. Boşaltım süresinin sonundaki bir AKM konsantrasyonu seçilir. Çevrim süresi boyunca AKM konsantrasyonu değiştirdiğinden F/M oranında da çevrim süresince azalma olur.
5. AKR tanklarının sayısı belirlenir. Reaktördeki mikroorganizma konsantrasyonuna uygun reaktör hacmi hesaplanır. En az iki tank seçilmesi önerilir.
6. Çevrim sayısı ve çevrim süresine karar verilir. Bir çevrim için toplam süre çevrimde yer alan fazların sürelerinin toplamıdır. Doldurma süresi, tank sayısı ve atıksu akımına göre belirlenirken çökelme süresi, bu süreden bağımsız ve çökelme için gerekli minimum süre belirlenmeli ve buna uygun olarak bir çökelme süresi seçilmelidir. Boşaltım süresi, doldurma ve çökelme fazlarında olduğu gibi fiziksel şartlara bağılı olarak dizayn edilir. Reaksiyon süresi ise, atıksu karakterine göre belirlenir.

7. Her bir tankta, bir çevrimde boşaltılacak sıvı hacmi hesaplanır.
8. Tank hacmi hesaplanır. Her bir tank için gerekli hacim, bir çevrim içinde, bir tanktan boşaltılan sıvı hacmi ve reaktör hacimlerinin toplamıdır ve bu hacme uygun bir tank derinliği seçilir.
9. Havalandırma ekipmanları boyutlandırılır.
10. Tasarlanan boşaltım süresini sağlayacak uygun boşaltım sistemi seçilir ve boyutlandırılır.

Paralel işletim için tasarlanmış ardışık kesikli reaktörlerdeki tank sayısı ile ilgili bağıntı aşağıdaki gibidir.

$$t_f(n-1) = t_r + t_s + t_d + t_i$$

1. Doldurma fazı (t_r) : Reaktör sayısına (n) bağlı olarak $t_f(n-1) = t_r + t_s + t_d + t_i$ eşitliğine göre hesaplanır.
2. Reaksiyon fazı (t_r) (1.5-3 saat) : Bu sürenin hesaplanmasında arıtım amacı, reaksiyon hızları, doldurma esnasındaki havalandırma süresi ve karıştırmalı reaksiyonun sağlanmasına olan ihtiyaç esastır.
3. Çökeltme fazı (t_s) (0.5-1 saat) : Çamur katmanının çökmesini ve çökelmiş biyokütlenin konsantrasyonu esas alınarak hesaplanır. Tipik zaman aralıkları sığ tanklar için 0.5 saat, derin tanklar için 0.75 saat olup tasarımda daha çok 1 saatlik süre seçilmektedir.
4. Boşaltma fazı (t_d) (1 saat) : Bu sürede hidrolik kapasite, çıkış suyu pompasının maliyetine bağlı olmaktadır. Büyük sistemler için 1 sat yada üzerinde olmaktadır.

5. Dinlendirme fazı (t_i) : dengeleme ihtiyacı ve debi salınımlarına bağlıdır, kullanılmayabilir.

2.9.5. Ardışık kesikli reaktörler ile ilgili yapılan çalışmalar

Ardışık kesikli işletme ile atıksulardan nutrient giderimi konusunda literatürde çok sayıda çalışma vardır.

Andreottola ve arkadaşları çıkış azot konsantrasyonunu minimize etmek için çevrim süresi ve faz dağılımının optimizasyonu için bir algoritma geliştirmişlerdir [11]. Beş basamaklı ardışık kesikli reaktör kullanılarak nutrient giderimi üzerine çamur yaşının etkileri incelenmiş, maksimum nutrient giderimi 10 günlük çamur yaşında sağlanmıştır. Atıksu kompozisyonunun nutrient giderme performansı üzerinde etkileri incelenerek, optimal KOİ/N/P oranı belirlenmiştir [12,13].

Sang-III Lee ve arkadaşları AKR ile nutrient gideriminde karbon kaynağı olarak asetat yerine fermente edilmiş hayvan atıkları kullanmışlar ve bu durumda elde edilen sonuçlarda asetat kullanımına kıyasla önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. İki durumda da % 90 toplam azot ve % 89 toplam fosfor giderimi gerçekleştirilmiştir [14].

Munoz-Colunga, A. ve Gonzalez-Martinez, ardışık kesikli biyofilm reaktörde fosfor giderimi amacıyla yaptıkları çalışmada değişik işletme parametrelerinin atıksudan nutrient (C,N,P) giderimine etkilerini 400 günlük işletme süresinde incelemişlerdir. Arıtma çevrimi doldurma, anaerobik, aerobik ve boşaltma fazlarından olmak üzere dört fazdan oluşmuştur. 8 ve 12 saatlik çevrimler farklı anaerobik/aerobik zaman oranları ile test edilmiştir. En yüksek KOİ ve PO₄-P giderim hızı 12 saatlik çevrimle ve 37/63 anaerobik/aerobik süre oranında elde edilmiştir. En yüksek fosfat giderimi ve nitrifikasyon verimi 3 g KOİ / m².gün'lük organik yüklemeye hızında elde edilmiştir [15].

Umble ve Ketchum, BOİ ve NH₄-N giderimi için sistem performansı üzerinde toplam çevrim zamanının etkisini araştırmışlardır ayrıca evsel bir atıksuyun biyolojik arıtımı için ardışık kesikli reaktörde çalışmışlardır. 12 saatlik toplam çevrim zamanında BOİ₅, TSS ve NH₃-N giderimleri sırasıyla %98, %90 ve %89 giderme verimleriyle sonuçlanmıştır. Ardışık kesikli reaktörün işletim stratejisi kabul edilebilir N/P oranının 16 ile 23 arasında değiştirilerek, iyi çıkış değeri elde edilmesi amaçlanmıştır [16].

Chang, C.H. ve Hao, O.J. ardışık kesikli reaktörün performansını etkileyen proses parametrelerini tanımlamak için nutrient giderimini incelemişlerdir. 6 saatlik çevrim zamanında 10 günlük çamur yaşında KOİ, toplam azot ve fosfat giderim verimlerini sırasıyla %91, %98 ve %98 bulmuşlardır[17].

Demuyneck, ve arkadaşları nutrient giderimi için ardışık kesikli reaktör kullanmışlardır. Tamamıyla azot giderimi sağlamak için anoksik faz boyunca ek KOİ ilavesi gerektiği bulunmuştur. Ardışık kısa süreli aerobik / anoksik fazların anoksik fazı takip eden klasik aerobik fazdan daha iyi olduğu bulunmuştur[18].

Andreottola ve arkadaşları çıkış azot konsantrasyonunu minimize etmek için çevrim süresi ve faz dağılımının optimizasyonu için bir algoritma geliştirmişlerdir. Optimizasyon sonuçları anoksik fazda 3,3 saat, anaerobik fazda 4,2 saat olmuştur. Çıkış nitrat, nitrit, amonyak konsantrasyonları sırasıyla 2,9 mg/l, 0,04 mg/l ve 0,06 mg/l bulunmuştur [19].

Ho Nam Chang ve arkadaşları AKR'ün proses performanslarını etkileyen önemli parametreleri tanımlamak için 30 litrelik küçük ölçekli AKR sisteminde deneysel çalışmalar yapmışlardır. 100, 200 mg/l'lik BOİ derişimlerinde değişik hidrolik alıkonma süreleri denenerek azot ve fosforun optimum giderim verimleri bulunmuştur. 1-3-2 saatlik anaerobik-aerobik-anoksik çevrimde 6 saatlik çevrim zamanı ve 200 mg/l BOİ yüklemesinde, azot ve fosfor giderimi açısından en iyi sonuçlar elde edilmiştir [20].

Macro A. Garzon-Zuniga ve Simon Gonzalez – Martinez, anaerobik / aerobik / anoksik / aerobik fazlardan oluşan bir işletme stratejisi kullanarak ardışık zamanlı kesikli biyofilm reaktörde azot ve fosfor giderimini incelemiştir. 615 günlük işletmeden sonra, optimum işletme şartları sağlanarak en yüksek nutrient giderim yüzdeleri elde edilmiştir. Sistemde KOİ, fosfat ve amonyum azotu giderim verimleri sırasıyla %89±1, %75±15 ve %87±10 bulunmuştur. Aerobik fazdan sonra anoksik faz kullanıldığında denitrifikasyon daha etkin olarak sağlanmıştır [21].

2.9.6. Yapılan Çalışmalar Baz Alınarak Ardışık kesikli reaktör verimine etki eden faktörler

2.9.6.1. Çamur yaşı

Çamur yaşının ardışık kesikli reaktöre etkisinin araştırıldığı çalışmanın sonuçları incelendiği zaman 10 günlük çamur yaşı; KOİ, amonyum azotu ve fosfat fosforu giderimi için maksimum giderme verimleriyle sonuçlanmıştır. Farklı çamur yaşlarında nutrient giderme performanslarına ek olarak, çamur yaşının biyokütle konsantrasyonu (MLSS) ve çamur hacim indeksi (SVI) ile değişimi de araştırılmıştır. Biyokütle konsantrasyonu çökeltimin sonucu olarak ve gelecek basamak için biyokütle transferi sonucunda çamur yaşıyla yükselmiştir, çünkü çamur yaşı 5 günlük değerden dereceli olarak yükseltilmiştir. 10 günlük çamur yaşı minimum çamur hacim indeksiyle optimum sonuçlanmış ve en iyi çökeltme karakteristiği göstermiştir.[22]

2.9.6.2. Sıcaklığın etkisi

Sıcaklığın düşmesi ile nitirifikasyon hızı da düşmektedir. Sıcaklığın maksimum ototrofik çoğalma hızına etkisi sıcaklığın azalması ile artmaktadır [23].

2.9.6.3. Karbon kaynağının etkisi

Bu konuda yapılan çalışmalarda, KOİ, NH₄-N ve PO₄-P giderimleri sırasıyla %96, %99 ve %94 verimleri elde edilerek glükoz en iyi karbonhidrat kaynağı olarak

bulunmuştur. Tek karbon kaynağı olarak sakkarozda elde edilen nutrient giderme verimleri glüközla elde edilen değerlere yakındır. Tüm bu değerlendirmelerin ışığında, maltoz, laktoz ve glüköz/maltoz karışımı daha az memnun edici nutrient giderimleriyle sonuçlanmıştır. Ancak, glüköz ve sakkaroz diğer karbonhidrat kaynaklarıyla karşılaştırıldığında en iyi nutrient giderme performansı ile sonuçlanmıştır. Böylece ya glüköz ya da sakkaroz ardışık kesikli reaktörde etkili nutrient giderimi için tek karbon kaynağı olarak kullanılabilir [24].

Yapılan deneylerde organik asitlerle birlikte daha uygun karbon kaynağı olarak glüköz tercih edilmiştir. Glüköz/asetik asit ya da glüköz/sitrik asit karışımları diğerleriyle karşılaştırıldığında en iyi nutrient giderme verimleriyle sonuçlanmıştır. Asetik asit; sitrik asitle karşılaştırıldığında atıksu arıtma tesislerinde daha fazla yaygın bulunması sonucu, glüköz/asetik asit karışımı daha etkili nutrient giderimi sağlamak için en uygun karbon kaynağı olarak seçilmiştir [25].

2.9.6.4. S_0/X_0 (substrat/ mikroorganizma) oranının etkisi

Aktif Çamur Sistemlerinin tasarımında önemli bir faktör S_0 (substrat konsantrasyonu) ile X_0 (mikroorganizma konsantrasyonu arasındaki) S_0/X_0 oranıdır. Bu oran, arıtma sistemlerinin performansları ve organik madde giderim verimleri üzerinde etkili olmaktadır [26]. Çalışmalar neticesinde, S_0/X_0 oranının metabolik reaksiyonları etkileyerek, substratın giderilmesi sırasında hücre artışı olup olmadığının belirlenmesinde kesikli reaktörler için önemli bir parametre olduğu sonucuna varılmıştır [27].

2.9.6.5. Alıkonma süresinin etkisi

Biyolojik nutrient giderimi istenildiği zaman, reaksiyon çevrimindeki basamaklar belli sayı ve sırada anaerobik, anoksik ve oksik (havalı) fazları sağlamak için ayarlanır maksimum nutrient giderme verimleriyle sonuçlanan optimum hidrolik alıkonma zamanı elde etmek için her bir basamağın hidrolik alıkonma zamanları değiştirilir [28].

2.9.6.6. Basamak sayısının etkisi

Nitrüent giderimi için ardışık kesikli reaktörde üç (anaerobik /anoksik / oksik), dört (anaerobik / oksik / anoksik /oksik) ve beş (anaerobik/ anoksik/ aerobik / anoksik / oksik) basamaklı işletmeler kullanılarak nutrient giderimi için biyolojik olarak arıtılmış, sonuç olarak, beş basamaklı işletme, daha düşük çıkış KOİ ve PO₄-değerleriyle sonuçlanmış ve en uygun işletme olarak seçilmiştir [29].

2.9.6.7. pH' ın etkisi

pH 7 ve 9 arasında maksimum nitrifikasyon hızına ulaşılmaktadır. Karbon oksidasyonu ve nitrifikasyonun birlikte olduğu sistemlerde pH ın etkisi aşağıdaki eşitlikle ifade edilir. Denitrifikasyon için optimum pH aralığı 6,5-7,5, optimum pH şartı ise 7'dir [10].

BÖLÜM 3. TEKSTİL ENDÜSTRİ ATILSULARIN ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖR İLE ARITILMASI

3.1. Ardışık Kesikli Biyoreaktör Teknolojisi

1920'lerde vazgeçilmez değişken hacimli askıda büyüme aktif çamur sistemleri, 1970'lerde Amerika ve Avustralya'da tekrar canlandı ve kullanıldı. Irvine, kendi değişken hacim sistemine 1967'de AKR dediği bir periyodik çıkış suyu ve bir periyodik değarj içeren bir sistem üzerinde odaklandı. 1980-1982 yılları arasında Hindistan'daki bir çalışma, reaksiyon fazı olan (havalandırma ve /veya karıştırmalı bir periyot fakat atıksu girişı yok) periyodik bir değarj ve periyodik bir girişı birleştiren bir SBR 'nin potansiyelini gösterdi.

1980'lerin ortalarına kadar periyodik proses teknolojisi aktif çamur sistemlerine oldukça nadir uygulandı. O zaman sadece askıda olmayan büyümeyle periyodik olarak işletilmiş sistemlere biraz dikkat verildi. Bir sabit yataklı ardışık kesikli biyofilm reaktör ile kirlili yer altı suyunun biyolojik arıtılması üzerine raporlar yayımlandı. Diğer adım periyodik olarak işletilmiş katı bulamaç ardışık kesikli reaktör de kirlenmiş katıların biyolojik arıtımıydı. 1990'ların ortalarında endüstriyel atıksuların arıtımı için periyodik olarak işletilmiş anaerobik reaktörler ve kirlenmiş katıların arıtılması için katı faz reaktörleri kullanıldı .Son olarak kontrol edilmiş yatışkan olmayan durum işletimi periyodik olarak işletilmiş bir biyofiltrede kirlenmiş gazların arıtımı yapıldı [30].

Görüldüğü gibi AKR uygulamaları için önemli bir potansiyel vardır. Yeni AKR sistemlerinin bazıları kirlenmiş gazları, katıların, katı atığı ve diğerlerini arıtmayı amaçlar fakat çoğunlukla atıksu arıtımında kullanılır.

Üstteki tanımlamalara ek olarak, doldurma ve reaksiyon fazları çeşitli havalandırma ve karıştırma işletim stratejilerinin sonucu olarak sisteme enerji girişiyle oluşmuş birkaç alt faza sahip olabilir [31]. Bunlar;

1. Statik doldurma; sisteme enerji giriş yoktur, besi maddesi birikmesine izin verir.
2. Karışık doldurma; basınçlı havalandırma yapılmadan karıştırma, minimal aerobik aktivite ya anoksik yada anaerobik reaksiyonlara müsaade eder.
3. Havalandırılmalı doldurma; basınçlı havalandırma yapılarak karıştırma, aerobik reaksiyonlara izin verir, sık sık eş zamanlı anoksik ve aerobik reaksiyonlara müsaade eder.
4. Karıştırmalı reaksiyon; basınçlı havalandırmasız karıştırma minimal aerobik aktivite anoksik ve belki anaerobik reaksiyonlara izin verir.
5. Havalandırılmalı reaksiyon; basınçlı havalandırılmalı karıştırma aerobik reaksiyona izin verir.

AKR tesislerinin genel özellikleri şunlardır;

1. Bu tesisler, ardışık olarak işletilmiş, bir tankta veya daha fazla tankta katı-sıvı ayrımını ve atıksu kirleticilerinin biyolojik arıtımını sağlar.
2. Doldurma fazı esnasında tanklardaki sıvı hacmi artar, boşaltma fazı esnasında tanklardaki sıvı hacmi azalır.
3. Her devrim esnasında ardışık olarak havalandırma- karıştırma veya onların kapatılması ile metabolik aktiviteyi sağlar.
4. Aynı tankta katı-sıvı ayrımına yada besi maddesi birikmesine izin veren karıştırmasız/havalandırmasız işlemleri kullanırlar.
5. Fazların ardışığını kontrol etmek için sensörler kullanılabilir.

6. Periyodik olarak adım adım tekrarlanan birbirini takip eden ünite işletmeleri ve prosesleri kullanılır.
7. Şok yük periyodunda yüksek performans sağlarlar.
8. Deşarj edilmeden önce analiz etmek için arıtılmış atıksuyu tutabilirler.
9. Yükteki çeşitlilikleri karşılamak için işletmeye yerleştirilmiş tank sayısı, her bir tankın hacmi ve enerji girişi ayarlanabilir [30].

Sürekli akım aktif çamur sistemlerinden AKR' yi ayıran özellikler;

1. Giriş ve çıkış akımları ayrılır.
2. Biyokütle ayrımı biyolojik reaktörde yapılır ve ayrı çöktürücü yoktur.
3. Periyodik olarak tekrarlanan bir zaman ardışığında birbirini takip eden her bir reaktörde oluşan birim işletimler ve prosesler söz konusudur.
4. Arıtılmış suyun bir bölümü yeni atıksu devri için periyodik olarak her tanktan deşarj edilir.

Bu özelliklerden dolayı AKR'ler; periyodik prosesler, tek-tank sistemleri, doldur-boşalt reaktörleri veya değişken hacimli reaktörler olarak da adlandırılabilirler [32].

3.2. AKR Teknolojilerinin Kullanılma Sebepleri

Uygun işletme stratejileri tatbik edildiği zaman, başarılı bir biyolojik atıksu arıtımı için gerekli prosesler AKR içine kolaylıkla uygulanabilir. Geleneksel sürekli akım teknolojilerinin üzerine AKR teknolojilerinin kullanımı için önemli sebepler şunlardır;

1. Doldurma esnasında uygun S_o / X_o (besinmaddesi / mikroorganizma miktarı) oranının kurulmasıyla seçilmiş basınçla bağlantılı bolluk-kıtlık arasındaki filamentli çamur patlamasını ve fazla hava şiddetini kontrol eder ve EPS (extracelular polymeric substances) reaksiyon esnasında endogeneous metabolik reaksiyonlara izin verir.
2. Basit bir havalandırma şiddeti ayarlamasıyla bir devir zamanı içinde nitrifikasyon ve denitrifikasyon gerçekleşir.
3. Atıksu bileşimindeki hem kısa süreli günlük hem de uzun zamanlı mevsimsel çeşitliliği karşılamak için sistem yapısı ve işletme tarzı ayarlanabilir.
4. Eğer müsaade edilirse yük dengeleme yapılarını çıkarır ve her bir AKR tankını bir dengeleme tankı olarak kullanır.
5. Doldurma ve reaksiyon fazları esnasında eksik araçların eklenmesiyle fosfor giderimi yapar.
6. Denitrifikasyon yada ileri biyolojik fosfor giderimi esnasında nütrient giderimi için enerji temelli karbon kullanarak çamur üretimini ve kümülatif oksijen ihtiyacını azaltır.
7. Volümetrik değişim oranının (VER), havalandırma zamanının , çeşitli proses fazlarının süresinin gerçek ihtiyaca göre ayarlanmasıyla organik ve/veya hidrolik yükteki değişiklikler nedeniyle ortaya çıkmış şok yüklere müsaade eder.
8. Çökme fazındaki türbülansı ve küçük girdapları azaltmakta çıkış suyundaki askıdaki katı madde miktarını düşük tutar.
9. Reaktörlerin gelen atık çamurun su içeriğini azaltmak için çökme fazı esnasında çamur yoğunlaştırmayı sağlar [30].

3.3. İncelenen Tesisin Özellikleri

Çalışma alanı olarak seçilen Sakarya ili, Akyazı ilçesinde Faaliyet gösteren Aydın Örne San. Tic.. A.Ş.' ne ait atıksuların debisi 940-2000 m³/gün' dür. Endüstriyel ve karışan evsel atıksu debisi değişimi sırası ile 900-1900 m³/gün ve 40-100 m³/gün' dür.

Bu fabrikada sentetik tekstil terbiyesi ve üretimi yapılmaktadır. Oluşan boyalı atıksu arıtımı AKR ile sağlanmaktadır. Üç adet paralel olarak yapılmış olan reaktörden oluşan bu sistemde ihtiyaca göre biri veya diğerleri de çalıştırılabilmektedir.[1] Her bir Ardışık kesikli Reaktörün toplam ve aktif hacmi sırası ile, 1000-160 m³' tür. Ham tekstil endüstrisi karakteristiği; BOİ₅ = 300-3000mg/l, KOİ = 500-5000 mg/l, AKM = 10-50 mg/l, Sülfür = 2mg/l, pH = 4-12, Sıcaklık = 40 °C [33].

Atıksular ızgaradan geçirildikten sonra pH ayarlaması yapılır. İçindeki kirlilik kaynağı çözülmüş karbonun biyolojik olarak arıtılması için atıksu havalandırma havuzuna alınır. Ardışık kesikli olarak dizayn edilen bu havuzlarda aeratörler durdurularak havuz içindeki bakteriler çöktürülür. Çökelme zamanı timer aracılığı ile kontrol edilmektedir. Tanklar günde üçer kez dolup boşalarak günlük toplam atıksuyu arıtır. sistemde üreyen fazla çamur yoğunlaştırılmak üzere yoğunlaştırıcıya basılır. Burada hacmi azalan atık sıkıştırılarak su içeriği düşürülen çamur katı olarak uzaklaştırılmaktadır. Filtre presten çıkan süzüntü suları tekrar arıtılmak üzere arıtma tesisi girişine verilir [1].

Tablo 3.1. Aydın Örne Tekstil Fabrikası Arıtma Tesisi 05.11.2003 tarihine ait çıkış değerleri [1]

Parametreler	1.Hav.havuzu çıkış suyu	2.Hav. havuzu çıkış suyu	3. Hav. havuzu çıkış suyu
BOİ ₅	45	50	51
KOİ	230	226	230
pH	6.8	7.1	7.4

Yukarıdaki tablo da görüldüğü gibi belli bir tarihte incelenen tesisin 3 havuzundan çıkan atıksu özellikleri verilmiştir. Tesisin çalışma yoğunluğuna göre havuzların birinin yada gerekli görüldüğünde diğerlerinin de kullanımı söz konusudur.

BÖLÜM 4. ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖR KİNETİĞİ

4.1. Substrat (Besi maddesi) Giderme Kinetiği

4.1.1. Teori

Doldurma fazı sonunda kalan substrat konsantrasyonu, hacmin ve doldurma süresince uzaklaştırılan substratın kinetik ifadesinin değişken bir fonksiyonudur. Doldurma sürecindeki kütle değişiminin eşitliği yazılırsa[34];

Giren – Çıkan + Üretilen = Biriken

$$QS_0 - 0 + r_{sf}V = \frac{d}{dt}(VS) \quad (1)$$

Burada r_{sf} , doldurma süresi içerisinde değişen substratın oranını ifade eder.

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

(2) eşitliğini (1)' de yerine koyarak,

$$Q S_0 - k S V = S \frac{dV}{dt} + V \frac{dS}{dt} \quad (3)$$

$\frac{dV}{dt} = Q$ eşitliği kullanılarak, eşitliğin her iki tarafı V ile bölünürse,

$$\frac{dS}{dt} + \frac{Q}{V}S + k S = \frac{Q}{V} S_0 \quad (4)$$

$\frac{Q}{V} = \frac{1}{t}$. Doldurma süreci başında reaktör içindeki hacim V_a ve $t = \frac{V_a}{Q}$; doldurma süreci sonunda $t = \frac{Vb}{Q}$. Yukarıdaki diferansiyel denklem çözülürse;

$$\frac{ds}{dt} + \frac{S}{t} + kS = \frac{So}{t} \quad (5)$$

Denklemin integrali alınarak çözülürse,

$$S = e^{-\int \left(\frac{1+k}{t}\right) dt} \int \frac{S_0}{t} e^{-\int \left(\frac{1+k}{t}\right) dt} dt + C e^{-\int \left(\frac{1+k}{t}\right) dt} \quad (6)$$

Burada C integral sabitidir.

$$S = \frac{So}{t} e^{-kt} \int e^{kt} dt + \frac{C}{t} e^{-kt} \quad (7)$$

integrali alınarak,

$$S = \frac{So}{kt} + \frac{C}{t} e^{-kt} \quad (8)$$

Başlangıç şartını kullanarak $t = \frac{V_a}{Q}$ ve $S = S_e$.

$$S_e = \frac{SoQ}{kV_a} + \frac{CQ}{V_a} e^{-k\left(\frac{V_a}{Q}\right)} \quad (9)$$

$$C = \left(\frac{V_a}{Q} S_e - \frac{So}{k} \right) e^{-k\left(\frac{V_a}{Q}\right)} \quad (10)$$

Burada C değeri denklemde yerine konulursa,

$$S = \frac{S_0}{kt} + \left(\frac{V_a}{Q} S_e - \frac{S_0}{k} \right) \frac{1}{t} e^{-k \left(\frac{V_a}{Q} t \right)} \quad (11)$$

$t_f = \frac{V_b}{Q}$, $S = S_f$ eşitlikleri kullanılarak doldurma süreci sonundaki substrat konsantrasyonu bulunur;

$$S_f = \frac{S_0 Q}{k V_b} + \left(\frac{V_a}{V_b} S_e - \frac{S_0}{k} \right) \frac{Q}{V_b} e^{k \left(\frac{V_a}{Q} - \frac{V_b}{Q} \right)} \quad (12)$$

Düzenlenirse;

$$S_f = \frac{S_0 Q}{k V_b} + \left(\frac{V_a}{V_b} S_e - \frac{Q S_0}{V_b k} \right) e^{k \left(\frac{-V_a b}{Q} \right)} \quad [34]. \quad (13)$$

Reaksiyon süresi (t_r) boyunca alınan substratın hesap edilmesi, direkt olarak integralinin alınması ile olur, (2) eşitliğinden,

$$\frac{ds}{dt} = -kS$$

$$\int_{S_f}^{S_0} \frac{ds}{s} = -k \int_0^{t_r} dt \quad (14)$$

Düzenlenirse;

$$S_e = S_f e^{-k t_r} \quad (15)$$

Burada,

S_f , doldurma süresinin sonundaki substrat konsantrasyonu (mg/l)

S_e , reaksiyon sürecinin sonundaki substrat konsantrasyonu (mg/l) [34].

4.2. Giderme Verimi kinetiği

4.2.1. Teori

Droste' un kinetik olarak ifade ettiği substrat giderim formülünü, verim için uyarlayacak olursak;

(13) eşitliğindeki S_f değerini (15) eşitliğinde yerine koyarsak;

$$S_e = \left(\frac{S_o Q}{k V_b} + \left(\frac{V_a}{V_b} S_e - \frac{Q S_o}{V_b k} \right) e^{k \left(\frac{-V_{ab}}{Q} \right)} \right) e^{-ktr} \quad (16)$$

Genel verim formülü olarak aşağıdaki formül kullanılarak

$$E = \frac{S_o - S_e}{S_o} \quad (17)$$

(6.16) eşitliğindeki S_e değerini (6.17) eşitliğinde yerine koyarsak;

$$E = 1 - \frac{\frac{Q}{k} + \left(V_a \frac{S_e}{S_o} - \frac{Q}{k} \right) e^{k \left(\frac{-V_{ab}}{Q} \right)}}{V_b e^{ktr}} \quad (18)$$

Burada,

S_o , başlangıçtaki substrat konsantrasyonu (mg/l)

Q , doldurma sürecindeki akış debisi (m^3 /saat)

k , reaksiyon katsayısı ($saat^{-1}$)

V_b , kesikli reaktörün boşken (toplam) hacmi (m^3)

V_a , kesikli reaktörde çöken çamur hacmi (m^3)

V_{ab} , kesikli reaktörün doldurma süreci başlamadan önceki aktif hacmi (m^3)

t_r , reaksiyon süresi (saat)

4.2.1. Substrat giderim verimlerinin hesaplanmasında kullanılan sabitler

Giderme verine etki eden parametrelerin simülasyonu için kullanılan sabitler aşağıda verilmektedir.

$S_o = 350$ mg/l (Girişteki BOI_5)

$S_e = 57$ mg/l (Çıkışta BOI_5)

$Q = 60$ m^3 /saat (tesise gelen toplam atıksu miktarı)

$k = 0,21$ saat⁻¹

$V_b = 955$ m^3 (boş hacim)

$V_{ab} = 160$ m^3 (doldurma başlamadan önceki hacim)

$V_a = 500$ m^3 (çöken çamur hacmi) [35].

4.3. Giderme Verimine Etki Eden Parmetrelerin Simülasyonu

Simülasyon çalışmalarında S_o , S_e , Q , k , V_b , V_{ab} , V_a değerlerinin sabit aralıklarla alınan değerleri seçilmiştir. Seçilen değerler ile t_r değerleri (18) formülüne uygulanarak giderim verimleri (E) elde edilmiştir. Bulunan sonuçların AKR giderim veriminin (E), reaksiyon süresi (t_r) ile değişimine etkisi, grafik olarak çizilmiştir.

Giriş BOI_5 konsantrasyonunun zamanla değişimiyle elde edilen BOI_5 değerlerini Tablo 4.1.' de verilmiştir. Tabloda işaretli olan kısımlar SKKY 2 saatlik kompozit numuneler için standart BOI_5 değerlerini sağlayan değerlerdir [36].

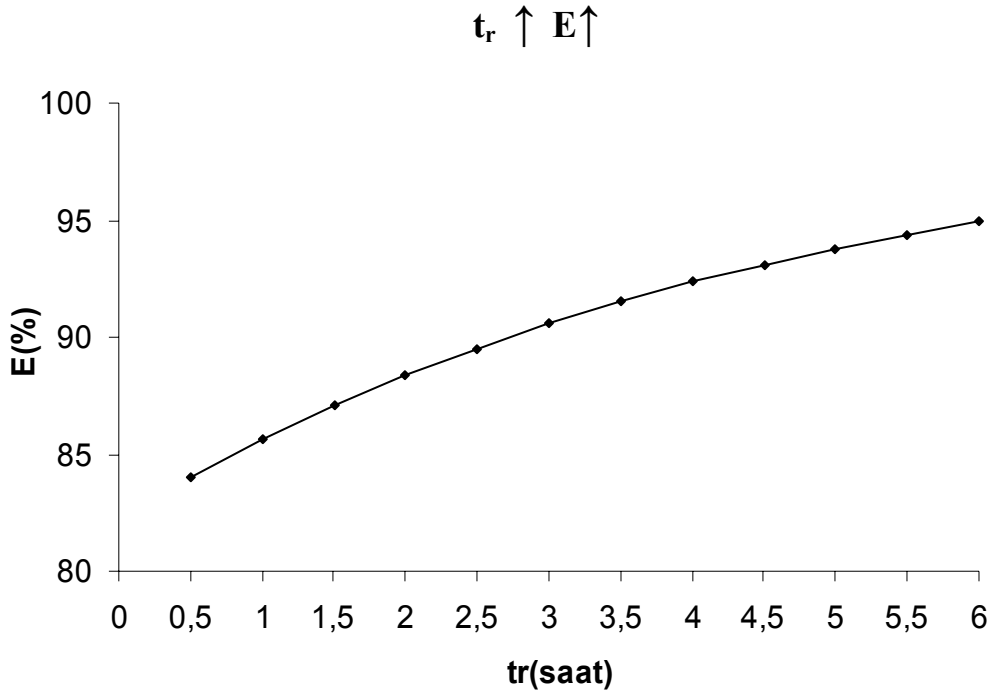
Tablo 4.1. Tekstil endüstrisi atık suyunun çıkış BOİ₅ konsantrasyonu (S_e) kinetiğinin teorik olarak giriş BOİ₅ konsantrasyonu (S_o) farklı değerleri için reaksiyon süresi (t_r) ile değişimi ($Q=60 \text{ m}^3/\text{saat}$, $k=0,21 \text{ saat}^{-1}$, $V_b=955 \text{ m}^3$, $V_{ab}=160 \text{ m}^3$, $V_a=500 \text{ m}^3$)

t_r (saat)	S_o (mg/l)										S_e (mg/l)
	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	
0,5	47,6	95,2	142,8	190,5	238,1	285,7	333,1	380,9	428,5	476,2	
1	41,1	82,3	123,4	164,5	205,7	246,8	287,9	329	370,2	411,3	
1,5	36	72	108,1	144,1	180,1	216,1	252,1	288,2	324,2	360,2	
2	31,5	63,1	94,6	126,2	157,7	189,2	220,8	252,3	283,9	315,4	
2,5	27,7	55,5	83,2	111	138,7	166,4	194,2	221,9	249,7	277,4	
3	24,4	48,9	73,3	97,8	122,2	146,6	171,1	195,5	220	244,4	
3,5	21,6	43,2	64,8	86,4	108	129,6	151,2	172,8	194,4	216	
4	19,1	38,3	57,4	76,5	95,7	114,8	133,9	158	172,2	191,3	
4,5	17	34	50,9	67,9	84,9	101,8	118,8	135,8	152,8	169,7	
5	15,1	30,1	45,2	60,3	75,3	90,4	105,5	120,5	135,6	150,7	
5,5	13,4	26,8	40,3	53,7	67,1	80,5	93,9	107,4	120,8	134,2	
6	12	24	35,9	47,9	59,8	71,8	83,8	95,7	107,7	119,7	

Yukarıdaki tabloda zamanla teorik olarak giriş BOİ₅ konsantrasyonlarının çıkışta aldığı değerler gösterilmiştir. SKKY standart değerlerine 2 saatlik kompozit numune maksimum çıkış BOİ₅ konsantrasyonlarını (100 mg/l) sağlayan değerler görüldüğü gibi belirli zaman aralığında ve giriş konsantrasyonlarında değerler sağlanmaktadır.

Oluşturulan tabloya göre SKKY standart değerlerini sağlayan değerlerin maksimum giriş BOİ₅ konsantrasyonunun 2400 mg/l olduğu durumda sağlanabildiği görülmektedir.

Reaksiyon süresinin BOI_5 giderim verimine (E) etkisi Şekil 1' de görülmektedir.

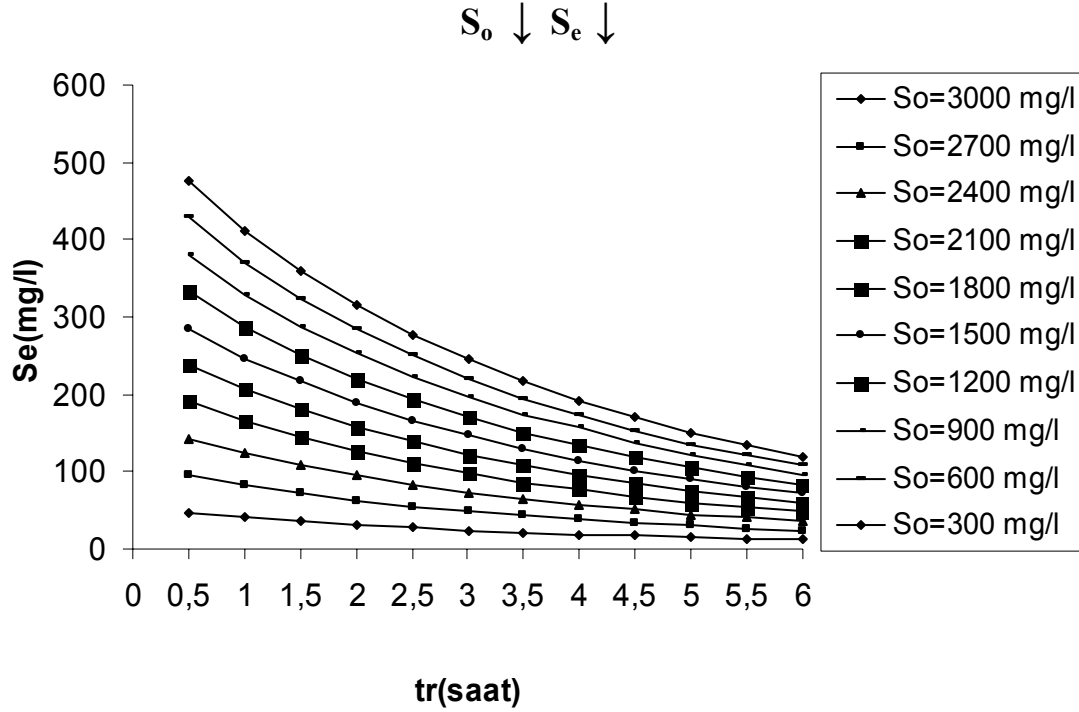


Şekil 4.1. Tekstil endüstrisi atık suyunun BOI_5 giderim veriminin (E), reaksiyon süresi (t_r) ile değişimi ($S_o=350$ mg/l, $S_e=57$ mg/l, $Q=60$ m³/saat, $k=0,21$ saat⁻¹, $V_b=955$ m³, $V_{ab}=160$ m³, $V_a=500$ m³)

Şekil 4.1.' de görüldüğü gibi verim zamanla doğru orantılı olarak artmaktadır. Zamanın başlangıçtan itibaren verime etkisini gösteren grafik incelendiğinde zamanın verime olan etkisi 6. saate kadar verimin artış oranında azalmanın olduğu görülmektedir. sonuç olarak buda gösteriyor ki verimdeki gözlenen artışın başlangıçta daha yüksek olduğu daha sonra artış oranının zamanla azaldığı görülmektedir.

Sonuç olarak reaksiyon süresinin artmasıyla beraber verimin de arttığı uygun şartlar sağlanana kadar minimum reaksiyon süresinin seçilmesi öngörülmektedir.

Seçilen giriş BOI_5 (S_0) değerlerinin reaksiyon süresi (t_r) ile çıkış BOI_5 konsantrasyonuna (S_e) etkisi Şekil 4.2.' de görülmektedir



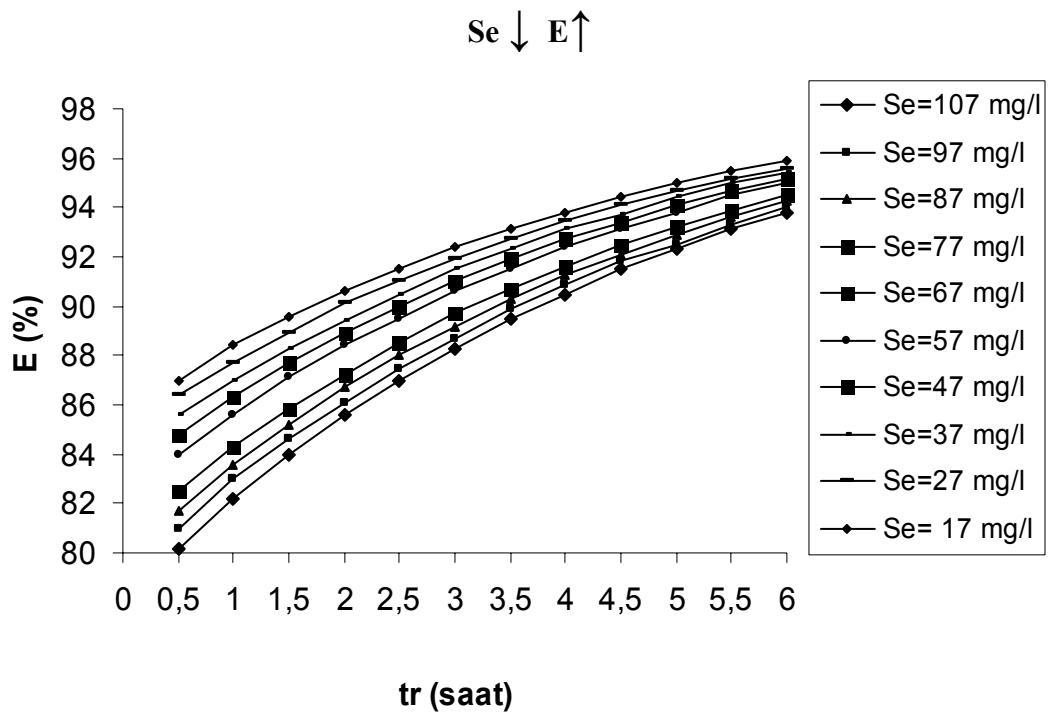
Şekil 4.2. Reaksiyon süresi (t_r) ile, çıkış BOI_5 konsantrasyonu (S_e) ilişkisine, Giriş BOI_5 konsantrasyonunun (S_0) etkisi

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi giriş BOI_5 konsantrasyonu değerlerinin azalmasıyla çıkış BOI_5 konsantrasyonunda azalma meydana gelmektedir. Teorik çalışma olarak aldığımız BOI_5 giriş konsantrasyonları (S_0) değerlerini daha önceden deneysel olarak ölçülmüş değerlerden faydalanarak alınmış olup 350mg/l – 2700mg/l olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.2.' de görülen giriş BOI_5 konsantrasyonlarındaki değişimi 3000mg/l – 300mg/l aralığında incelenmiş en yüksek giderim en yüksek konsantrasyonlarda olduğu görülmüştür. Fakat giriş BOI_5 konsantrasyonlarının giderim verimlerinin zamanla aynı değerlerde olduğu bulunmuştur.

Sonuç olarak yapılan bu teorik çalışmada kullanılan sabitlerin S_0 değerlerinin değişimine rağmen giderim verimini etkilemediği görülmektedir. Bu da gösteriyor ki bazı sabitlerin S_0 değerleriyle büyük farklılıklar gösterebileceğidir. İleriki çalışmalarda bu noktaya değinilecektir.

Seçilen çıkış BOI_5 konsantrasyonları (S_e) değerlerinin reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine etkisi Şekil 4.3.' te görülmektedir.

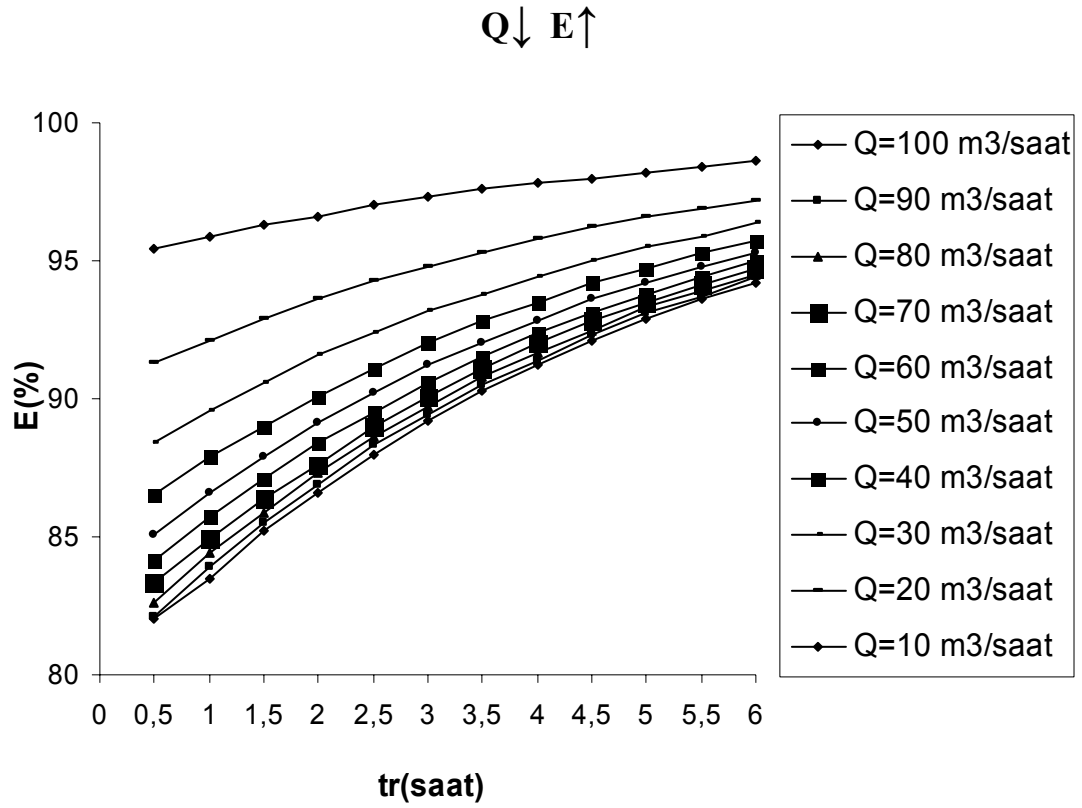


Şekil 4.3. Reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine, çıkış konsantrasyonunun (S_e) etkisi

Yukarıdaki şekle göre zamanla beraber çıkış BOI_5 konsantrasyonunun azalması ile BOI_5 giderim veriminde artışın olduğu görülmektedir. deneysel olarak bulunan S_e değerlerinin ortalama olarak 57 mg/l alınarak 107mg/l – 17mg/l arasında S_e değerleri arasında giderim verimleri incelenmiştir.

Sonuç olarak reaksiyon süresi artışıyla S_e değerlerinin azda olsa giderim verimlerinin artışında azalma meydana gelmiştir.

Seçilen Q değerlerinin, reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine etkisi Şekil 4.4.'te grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte Q'nin azalması ile verim (E)'in arttığı görülmektedir.

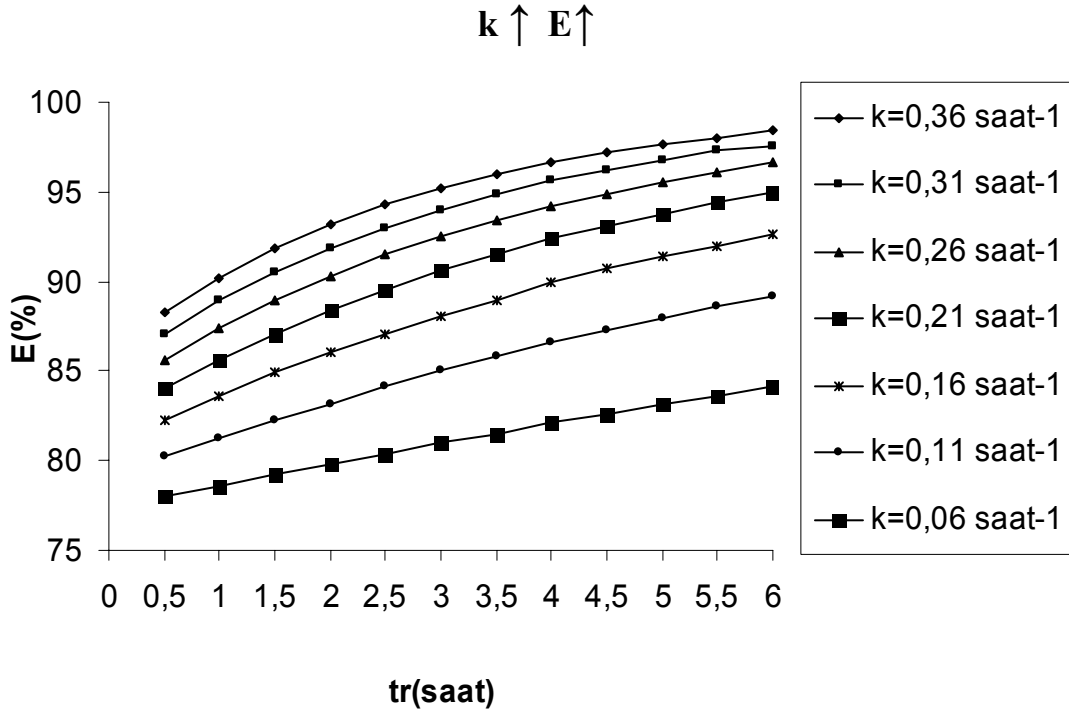


Şekil 4.4. Reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine doldurma debisinin (Q) etkisi

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi doldurma debisinin (Q) azalmasıyla B0İ₅ giderim veriminde (E) artış meydana gelmiştir. 10m³/saat – 100m³/saat debi aralığında sabit birimlerde alınan debilerle oluşturulan grafikte debi değerlerindeki azalmayla giderim verimindeki artışta gözle örülür bir artış meydana gelmiştir.

Sonuç olarak debideki değişimin giderim verimine önemli bir etkisinin olduğu görülmüştür.

Seçilen k değerlerinin, reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine etkisi Şekil 4.5.' te grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte k 'nin artması ile verim (E)'in arttığı görülmektedir.

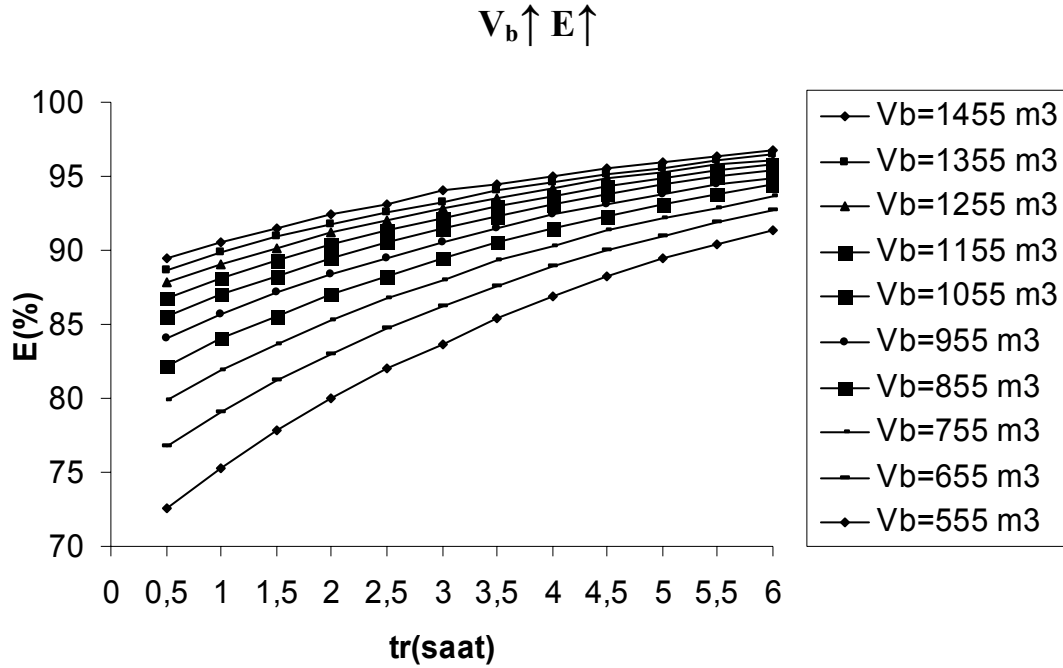


Şekil 4.5. reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine reaksiyon katsayısının (k) etkisi

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi reaksiyon katsayısının (k) BOI_5 giderim verimine (E) büyük ölçüde etkilerinin olduğu görülmektedir. k 'nin artması ile verimdeki artışta bir azalma meydana gelmiş olsa da yaptığımız teorik çalışmaya göre giderim verimi etkileyen en önemli faktörlerden birisinin reaksiyon katsayısı (k) olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak daha sonra belirteceğimiz gibi k 'nin etkisi verimde önemli ölçüde etkili yapılan deneysel çalışmalarda k değerinin $0,8 \text{ saat}^{-1}$ e kadar çıkabileceği bununla substrat giderimine etkisinin büyük olacağı görülmektedir.

Seçilen V_b değerlerinin reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine etkisi Şekil 4.6.'da grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte V_b 'nin artması ile verim (E)'in arttığı görülmektedir.

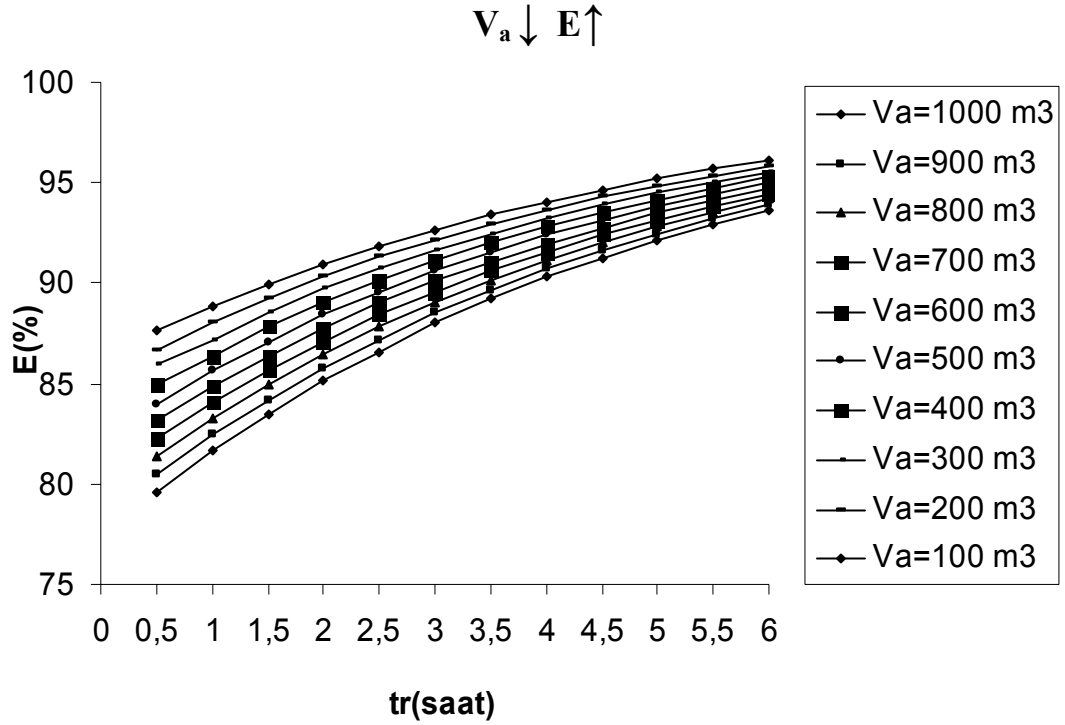


Şekil 4.6. Reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine, boş(toplam) reaktör hacminin (V_b) etkisi

Yukarıdaki şekile göre toplam reaktör hacminin artmasıyla BOI_5 giderim veriminde artış meydana gelmektedir. Giderim verimindeki artış $1455 \text{ m}^3 - 555 \text{ m}^3$ hacimleri arasında eşit aralıklarla alınarak hacmin en küçük değerinden itibaren en büyük değerine giderim verimindeki artışta bir azalmanın olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak reaktörün boş hacminin (V_b) BOI_5 giderim verimine büyük bir etkisi olmadığı görülmektedir.

Seçilen V_a değerlerinin reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine etkisi Şekil 4.7.'de grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte V_a 'nın azalması ile verim (E)'in arttığı görülmektedir.

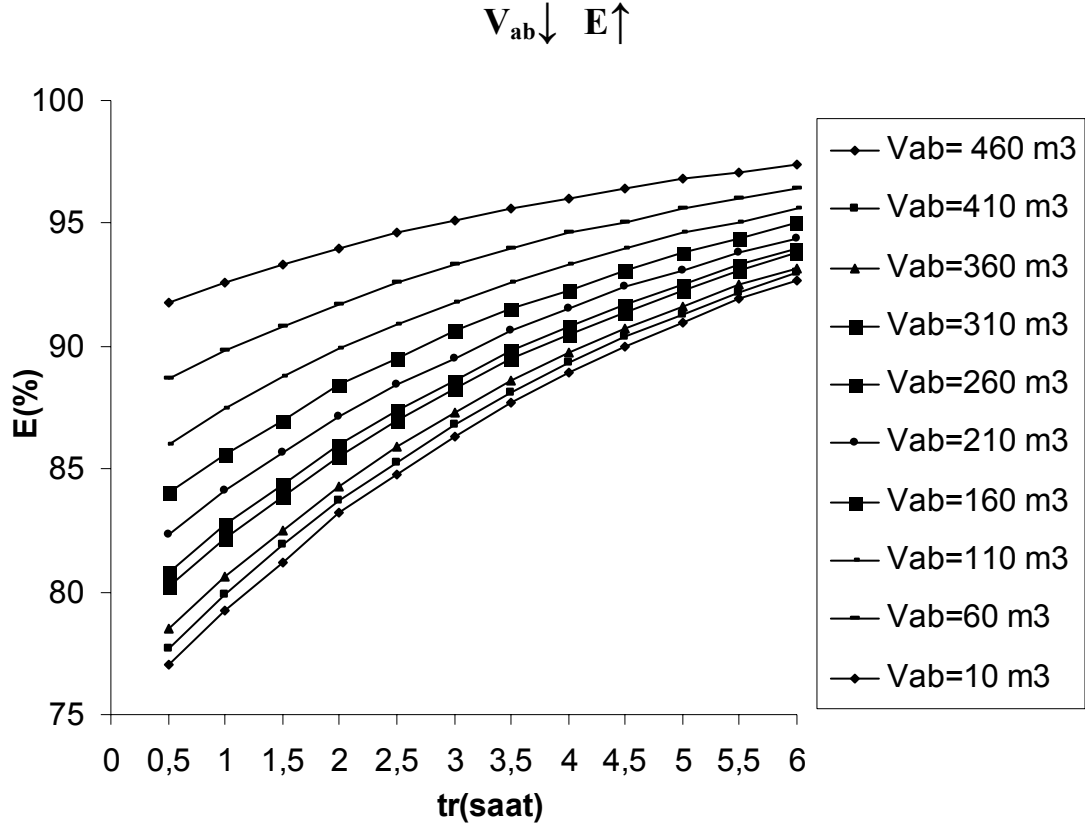


Şekil 4.7. Reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine, reaktörde çöken çamur hacminin (V_a) etkisi

Yukarıdaki şekile göre çöken çamur hacminin (V_a) azalmasıyla BOI_5 giderim veriminde (E) artış meydana gelmektedir. Giderim verimindeki artış $1000m^3 - 100m^3$ hacimleri arasında eşit aralıklarla alınan çöken çamur hacminin en büyük değerinden en küçük değerine giderim veriminde orantılı bir artışın olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak çöken çamur hacminin azalmasıyla giderim verimine olumlu yönde bir etkisinin olduğu ancak bu olumlu etkinin büyük değerlerde olmadığı görülmektedir.

Seçilen V_{ab} değerlerinin reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine etkisi Şekil 4.8.'deki grafikte gösterilmiştir. Grafikte V_{ab} 'nin azalması ile verim (E)'in arttığı görülmektedir.

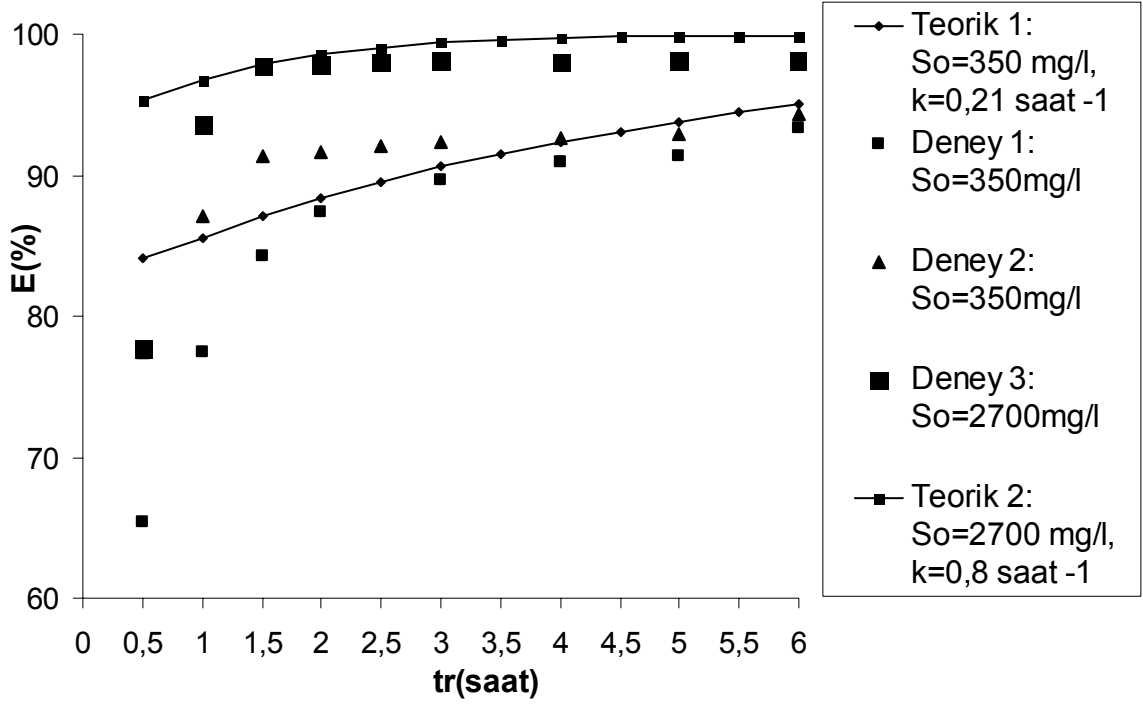


Şekil 4.8. Reaksiyon süresi (t_r) ile verim (E) ilişkisine, reaktöre doldurmadan önceki aktif hacmin (V_{ab}) etkisi

Yukarıdaki şekile göre reaktördeki aktif hacmin (V_{ab}) azalmasıyla BOI_5 giderim veriminde bir artış meydana gelmektedir. Giderim verimindeki artış $460m^3 - 10m^3$ hacimleri arasında eşit aralıklarla alınan reaktördeki aktif hacmin en büyük değerinden en küçük değerine giderim verimi artışında bir artmanın olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak reaktör aktif hacminin giderim verimine etkisi diğer hacim parametrelerine nazaran daha büyük olduğu görülmektedir.

Aşağıdaki şekilde yapılan deneysel çalışmalarla teorik çalışmanın zamanla BOI_5 giderim verimlerindeki değişimi gösterilmektedir. Deneysel 1' de $S_0 = 350\text{mg/l}$, Deneysel 2' de $S_0 = 350\text{mg/l}$, Deneysel 3' te $S_0 = 2700\text{mg/l}$ olarak ölçülmüştür.



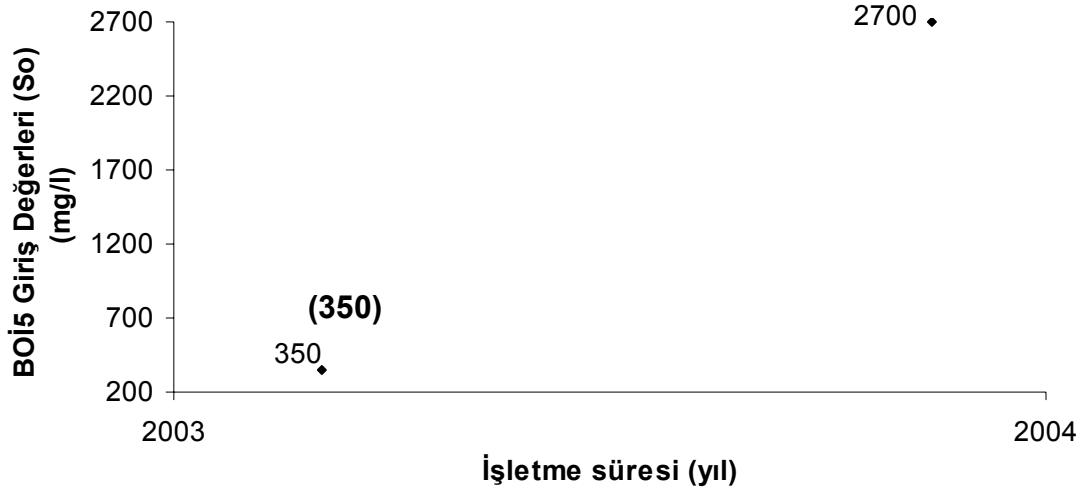
Şekil 4.9. Tekstil endüstrisi atık suyunun, çıkış veriminin (E), deneysel ve teorik olarak elde edilen sonuçların karşılaştırılması (Deneysel 1,2 için $S_0=350\text{mg/l}$, Deneysel 3 için $S_0=2700\text{mg/l}$, $Q=60\text{ m}^3/\text{saat}$, $k=0,21\text{ saat}^{-1}$, $V_b=955\text{ m}^3$, $V_{ab}=160\text{ m}^3$, $V_a=500\text{ m}^3$, $S_e=57\text{ mg/l}$, Teorik 1 için $S_0=350\text{mg/l}$, Teorik 2 için $S_0=2700\text{ mg/l}$ $k=0,8$)

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi Deneysel 1 ve Deneysel 2' de ölçülen $S_0 = 350\text{mg/l}$ değerlerinin Teorik 1 çalışmasında alınan $S_0 = 350\text{mg/l}$ ve $k = 0,21\text{ saat}^{-1}$ ve diğer kullanılan sabitlerle giderim verimine etkisi başlangıçta benzerlik olmasa da ilerleyen zamanla bir benzerlik göstermiştir.

Deneysel 3' te ölçülen $S_0 = 2700\text{mg/l}$ değerinin, Teorik 2 çalışmasında alınan $S_0 = 2700\text{mg/l}$ ve $k = 0,8\text{ saat}^{-1}$ ve diğer kullanılan sabitlerle giderim verimindeki artışlarında benzerlik göstermiştir.

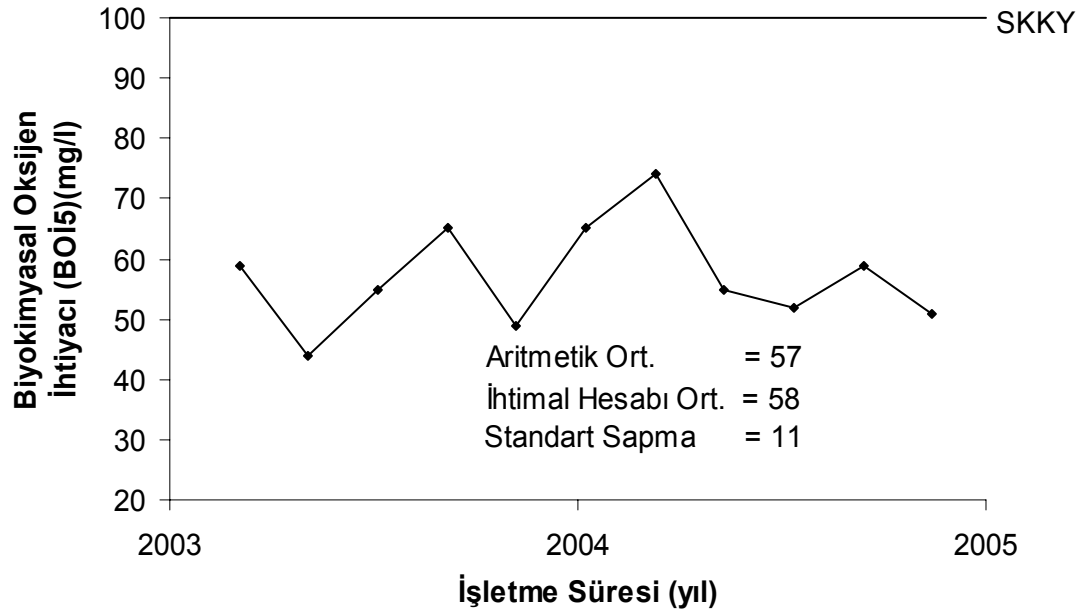
Sonuç olarak deneysel çalışmalar sonucu BOI_5 giderim verimindeki değişimle teorik çalışmayla elde edilen BOI_5 giderim verimlerinde büyük ölçüde benzerliğin olduğu görülmektedir.

Aşağıdaki şekilde atıksu arıtma tesisinin giriş BOİ₅ değerlerindeki değişim gösterilmektedir.



Şekil 4.10. Atıksu arıtma tesisi giriş Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı(BOİ₅) değerlerinin değişimi

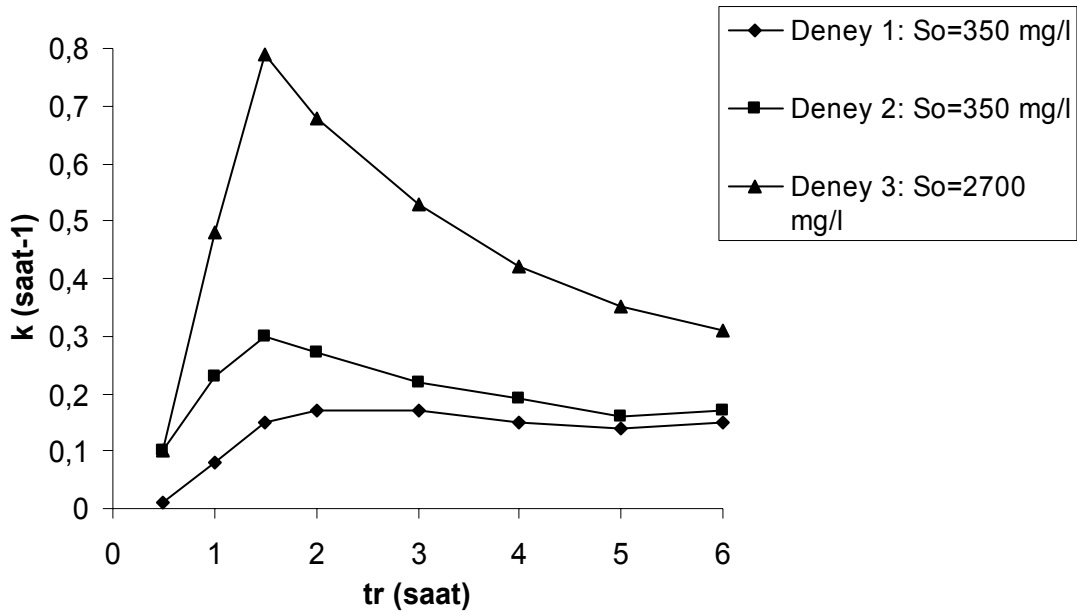
Aşağıdaki şekilde de atıksu arıtma tesisinin çıkış BOİ₅ değerlerinin değişimi gösterilmektedir.



Şekil 4.11. Atıksu arıtma tesisi çıkış Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) (mg/l) Değerleri

Yapılan çalışmalar sonucunda AKR' ün verimine etki eden parametrelerin en önemlilerden birinin reaksiyon katsayısı (k) deneysel çalışmalarda zamanla nasıl değiştiğini ve maksimum, minimum ve ortalama olarak alabileceği değerlerin bize yol göstermesi amacıyla bir grafik oluşturulmuştur.

Aşağıdaki şekilde k' nın zamanla Deney 1, Deney 2 ve Deney 3 te ölçülen S_0 değerlerine karşılık aldığı değerler gösterilmektedir.



Şekil 4.12. Atıksu arıtma tesisi giriş Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI_5)(mg/l) değerlerinin yapılan 3 deneyle değişiminin incelenerek, teorik formülle zamana göre reaksiyon sabiti (k)(saat⁻¹) değerlerinin değişimi ($Q=60 \text{ m}^3/\text{saat}$, $V_b=955 \text{ m}^3$, $V_{ab}=160 \text{ m}^3$, $V_a=500 \text{ m}^3$)

Yukarıdaki şekle göre S_0 ' ın değişimiyle k' nın da buna karşılık değişim gösterdiği teorik çalışmalarda kullanılan k değerlerinin deneysel çalışmalarla ortalama olarak alınan k değerlerini kullanarak daha doğru sonuçların bulunabileceği görülmüştür. k değerlerin maksimum değerlere 1,5-2 saat aralığında ulaştığı görülmektedir.

Yapılan deneysel çalışmalarda bulunan giriş BOI_5 değerlerinin (2700mg/l ve 350mg/l) Yüksek konsantrasyonlarda yüksek k, düşük konsantrasyonlarda düşük k bulunarak bundan sonra yapılacak teorik çalışmalara referans olacağı düşünülmüştür.

Bütün yapılan deneysel çalışmalar ve teorik çalışmalar sonucunda bulunan ve alınan giriş BOİ₅ değerlerine zamanla değişen çıkış BOİ₅ değerleri ve BOİ₅ giderim verimi değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.2. Tekstil endüstrisi atıksuyunun çıkış BOİ₅ konsantrasyonunun (S_e) ve % verimin (E) zamanla değişiminin deneysel ve teorik olarak karşılaştırılması (Q=60 m³/saat, teori 1 için k=0,21saat⁻¹, teori 2 için k = 0,8saat⁻¹, V_b=955 m³, V_{ab}=160 m³, V_a=500 m³)

t _r (sa)	Teorik 1 k = 0,21		Deney 1		Deney 2		Deney 3		Teorik 2 k=0,8	
	S _e (mg/l)	%E	S _e (mg/l)	%E	S _e (mg/l)	%E	S _e (mg/l)	%E	S _e (mg/l)	%E
0	350	-	350	-	350	-	2700	-	2700	-
0,5	55,6	84,1	121	65,4	79	77,4	600	77,8	130,8	95,1
1	50,4	85,6	79	77,4	45	87,1	172	93,6	86,4	96,8
1,5	45,2	87,1	55	84,3	30	91,4	59	97,8	57,4	97,8
2	40,6	88,4	44	87,4	29	91,7	55	97,9	38,2	98,6
2,5	36,8	89,5	-	-	28	92	54	98	25,5	99
3	32,9	90,6	36	89,7	27	92,3	50	98,1	17	99,4
3,5	29,8	91,5	-	-	-	-	-	-	11,4	99,6
4	26,6	92,4	32	90,9	26	92,6	53	98	7,6	99,7
4,5	24,2	93,1	-	-	-	-	-	-	5,1	99,8
5	21,7	93,8	30	91,4	25	92,9	52	98,1	3,4	99,9
5,5	19,6	94,4	-	-	-	-	-	-	2,3	99,9
6	17,5	95	23	93,4	20	94,3	50	98,1	1,54	99,9

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ardışık kesikli reaktörlerin (AKR) seçmiş olduğumuz bir tekstil endüstrisinin atık su BOİ₅ giriş ve çıkış değerleri baz alınarak, zamana göre giderim verimine etki eden S_e , Q , k , V_b , V_{ab} , V_b parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Bu parametrelerin giderim verimine etkisinin hesaplanması için kullanılan denklem literatürden alınan substrat giderimi denklemi baz alınarak yapılmıştır. Zamana göre bu parametrelerin sadece birisinin etkisini diğerlerinin ortalama değerleri literatürden alınmıştır. Sabit aralıklarla ortalama değerini azaltarak ve arttırarak giderim verimindeki değişim hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda zamana karşılık giderim verimleri parametrelerinin ayrı etkileri alınarak grafik oluşturulmuştur.

Grafiklerde de görüleceği gibi S_e , Q , V_b , V_{ab} , V_b ' nin azalmasıyla ve k ' nin artmasıyla giderim veriminde artış meydana gelmektedir.

Daha önce yapılan deneysel çalışmalarla yapılmış olunan bu teorik çalışma giderme verimi açısından karşılaştırıldığında BOİ₅ giriş konsantrasyonları eşit alındığı takdirde giderim verimlerinin de çok yakın değerler aldığı görülmüştür.

Giriş BOİ₅ konsantrasyonlarındaki artışın giderme verimine etkisinin k parametresi ile doğru orantılı olarak arttığını bilinmektedir. Deneysel çalışmalarda bulunan S_0 değerlerindeki zamanla değişiminin ile elde edilen S_e değerleri diğer parametrelerin sabit değerleri kullanılarak k değerleri hesaplanmıştır.

Sonuç olarak $S_0 = 350$ mg/l $k=0,21$ saat⁻¹ değerlerinin 1.5 saat SKKY değerlerini sağlayarak ve giderim verimlerinin teorik çalışmada %87.1, deneysel çalışmalarında ortalama olarak %87.8 olduğu bulunmuştur. $S_0 = 2700$ mg/l $k = 0,8$ saat⁻¹ değerlerinin de teorik çalışmada SKKY değerlerini sağlayarak ve giderim verimlerinin teorik ve deneysel çalışmalarda %97.8 değerleri bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Gezer, H., Endüstriyel Atıksuların Ardışık Kesikli Reaktör İle Arıtılması Ve Kinetiği, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2004
- [2] www.osbuk.org/atiksu/bölüm05
- [3] www.deu.edu.tr/atiksu
- [4] [www.biokim-arıtma.com/Evsel Nitelikli Atıksuların Arıtım Yöntemleri](http://www.biokim-arıtma.com/Evsel%20Nitelikli%20Atıksuların%20Arıtım%20Yöntemleri)
- [5] Wilderer P.A., Sequencing Batch Technology for Biological Treatment of Industrial Wastewaters. New Developments in Industrial Wastewater Treatment pp. 111-125 Kluwer Academic Publishers , Printed in the Netherlands., 1991.
- [6] Damar Y., İleri, R., Şendil, İ.A., Kulaç, S., U., İlaç Endüstrisi Ve Evsel Karışık Atıksuyun Ardışık Kesikli Reaktör ile Arıtılması Üzerine Deneysel ve Teorik Bir Çalışma, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya.
- [7] Uygur, A., Kargı,F., Başkaya, H. S., Ardışık zamanlı Kesikli Biyo-Reaktörde Biyolojik Nitrient Gideriminde Hidrolik Alıkonma Süresinin Optimizasyonu, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 1, 2004.
- [8] EPA, Sequencing Batch Reactor Systems, Onsite Wastewater Treatment Systems Technology Fact Sheet 3
- [9] Arora, M.L., Barth,E.F., Umpheres, M.B., Technology Evaluation of Sequencing Batch Reactors, JWPCF,pp.867-875, 1985.
- [10] www.osbuk.org/atiksu/bölüm06

- [11] Andreottola G., Bortone G., Tilche A., Experimental validation of a simulation and design model for nitrogen removal in sequencing batch reactors, *Wat. Sci. Tech.*35(1): 113-120, 1997.
- [12] Kargi F, Uygur A., Nutrient removal performance of a sequencing batch reactor as a function of the sludge age, *Enzyme Microbial Technol.* 31: 842-847, 2002.
- [13] Kargi F, Uygur, A “Nutrient removal performance of a five-step sequencing batch reactor as a function of nutrient wastewater composition”, *Process Biochem.*, 38:1037-43, 2003.
- [14] Sang-Il L., Jong-Ho P., Kwang-Baik K., Ben K., Effect of fermented swine wastes on biological nutrient removal in sequencing batch reactors, *Water Research*, 31(7): 1807-1812, 1997.
- [15] Colungo, A.M & Martinez, SG.: Effects of population displacements on biological phosphorus removal in a biofilm SBR *Wat. Sci. Tech.* 34, 303-313, 1996.
- [16] Umble A. K., Ketchum, A. L., A strategy for coupling municipal wastewater treatment using the sequencing batch reactor with effluent nutrient recovery through aquaculture, *Wat. Sci. Tech.*35(1):177-184,1997.
- [17] Chang, C. H & Hao, O. J., Sequencing batch reactor system for nutrient removal: ORP and pH profiles. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 67, 27-38, 1996.
- [18] Demuyneck, C., Vanrolleghem, P., Mingneau, C., Liessens J & Verstraete W.: NDBEPR process optimization in SBRs: Reduction of external carbon-source and oxygen supply. *Wat. Sci. Tech.*30, 169-179, 1994.
- [19] Andreottola G., Bortone G., Tilche A., Experimental validation of a simulation and design model for nitrogen removal in sequencing batch reactors, *Wat. Sci. Tech.*35(1): 113-120, 1997.
- [20] Hon, C, Rak, M, Byung, G. P, Seong-Jin L, Dong, W. C, Woo, G. L, Seok, L.S & Yong, H A.: Simulation of sequential batch reactor (SBR) operation

for simultaneous removal of nitrogen and phosphorus. *Bioprocess Eng.* 23, 513-521, 2000.

- [21] Zuniga, M.A. G. and Martinez, S. G.: Biological phosphate and nitrogen removal in a biofilm sequencing batch reactor. *Wat. Sci. Tech.* 34, 293-301, 1996.
- [22] Uygur, A., Kargı, F., Başkaya, H.S., Ardışık Zamanlı Kesikli Biyo-reaktörde Nutrient Giderme Performansına Çamur Yaşının Etkileri Optimizasyonu, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 9, Sayı 1, 2004.
- [23] Dulkadiroğlu, H. , Orhon D., Hareketli yataklı ardışık kesikli sistemlerde sıcaklığın nitrifikasyon hızı üzerine etkisi, , *İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, Cilt 4, Sayı:2, 3-10, 2005.
- [24] Uygur, A., Kargı, F., Başkaya, H.S., Üç Basamaklı Ardışık Kesikli Reaktör İle Nutrient Giderimi Üzerine Farklı Karbon Kaynaklarının Etkilerinin İncelenmesi, *I. Ulusal Çevre Kongresi, Cumhuriyet Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Sivas*, 2004.
- [25] Uygur, A., Kargı, F., Başkaya, H. S., Ardışık Kesikli Reaktör ile Nitrient Gideriminde Farklı Karbon Kaynaklarının Etkileri, *DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 5, Sayı 1, Sh. 9-16, 2003.
- [26] Akal Solmaz S.K., Çiner F, Üstün G.E., Yonar T., (2001) Bursa İli Eysel ve Endüstriyel Atıksularının Biyolojik Arıtılabilirliğinin Farklı Organik Yükleme Değerlerinde İncelenmesi. In: *4. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, sh.459-464, Mersin.
- [27] Üstün G.E., Akal Solmaz, S.K. *Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa*.
- [28] Uygur, A., Kargı, F., Başkaya, H.S., Ardışık Zamanlı Kesikli Biyo-Reaktörde Nutrient Gideriminde Hidrolik Alıkonma Süresinin Optimizasyonu *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 9, Sayı 1, 2004.
- [29] Konya, I., Yüksel, S., Uygur, A., Kargı, F., Deponi Alanı Sızıntı Suyundan Ardışık Zamanlı Kesikli Reaktörde Biyolojik Nutrient Giderimi, *I. Ulusal*

Çevre Kongresi, Cumhuriyet Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 2004.

- [30] Köseoğlu, G., Tekstil Endüstrisi Atıksularındaki Renk Sorununun İleri Aktif Çamurlu Ardışık Kesikli Biyoreaktör İle Giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2004.
- [31] Wilderer, A.P., Irvine, L.R., And Goronszy, C.M., Sequencing Batch Reactor Tecnology, Scientific and Technical Report, IWA, 2001.
- [32] Wilderer, A.P., Irvine, L.R., And Goronszy, C.M., Sequencing Batch Reactor Tecnology, Scientific and Technical Report N0:10 , IWA Publishing, 2001.
- [33] Evcı, M., İleri, R., Yurtsever,U., Tekstil Endüstrisi Atıksularının Ardışık Kesikli Reaktörle Arıtılması Ve Parametrelerin Simülasyonu, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya.
- [34] Droste, R.L., (1997) Theory And Practice Of Water and Wastewater Treatmant, John Wiley & Sons, inc., New york, USA.
- [35] İleri, R. and Damar, Y., Experimental And Theroretical Studies of Treatmant Of Indestrial Wastewaters By A Sequencing Batch Reactor, Fressenius Enviromental Bulletin (FEB), Volume 14, No:7, pp.550-558, 2005.
- [36] Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Tablo (10.7.), 1988.

ÖZGEÇMİŞ

Fevzi Gürsoy, 1980 yılında Adapazarı'nda doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Adapazarı'nda bitirdikten sonra 1999 yılında Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde üniversite eğitimine başladı, 2003 yılında mezun oldu. Halen İstanbul' da özel bir firmada Çevre Mühendisi olarak çalışmaktadır.