

TUZ (NaCl) VE TOKSİK (Cr⁶⁺) ŞOK YÜKLEMELERİN ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖRLERDE (AKR) OKSİJEN KULLANIMI VE KOİ GİDERİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Tuba ERTUĞRUL, Ali BERKTAY, Bilgehan NAS

Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 42031 Kampüsü / KONYA

Makalenin Geliş Tarihi: 10.11.2005

ÖZET: Bu çalışmada; laboratuvar ölçekli Ardişik Kesikli Reaktör (AKR) kullanılarak tuz (NaCl) ve toksik (Cr⁶⁺) şok yüklemelerinin biyolojik atıksu arıtım verimi üzerine etkisi incelenmiştir. Paralel işletilen 2 reaktörden biri kontrol reaktörü olarak çalıştırılırken diğer reaktöre, 20 g/L NaCl, 5 mg/L Cr⁶⁺ ve 10 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemeleri uygulanmıştır. Reaktörlerde günlük olarak kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), karışık sıvıdaki askıda katı madde (MLSS), çamur hacim indeksi (ÇHİ), NaCl ve Cr⁶⁺ seviyeleri izlenmiştir. NaCl şok yüklemesi KOİ giderim verimini düşürmüştür ancak reaktör 3 gün içinde dengeye gelmiştir. 5 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesinde KOİ giderim oranının düşmüş olmasına rağmen sistem 3 gün içinde normal şartlarına dönerken, 10 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesinde KOİ giderim oranı yine düşmüştür ancak toksik madde konsantrasyonunun artması nedeniyle dengeye gelme süresi uzamış ve sistem 5. gün sonunda normal işletme şartlarına dönebilmiştir. Tüm şok yüklemelerde MLSS ve ÇHİ değerlerinde çok önemli bir değişiklik olmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Atıksu arıtımı, şok yükleme, tuz (NaCl), toksik (Cr⁶⁺), AKR.

Effects of Salt (NaCl) and Toxic (Cr⁶⁺) Shock Loadings on Oxygen Utilization and Carbon Removal in Sequencing Batch Reactor (SBR)

ABSTRACT: In this study, effects of salt (NaCl) and toxic (Cr⁶⁺) shock loading on the biological wastewater treatment efficiency were determined by using laboratory scale SBR. For this aim, 2 parallel Sequencing Batch Reactors were used, one was the control and the other was shock loaded reactor. 20 g/L NaCl, 5 mg/L Cr⁶⁺ and 10 mg/L Cr⁶⁺ shock loadings were applied to one of the reactors. COD, MLSS, SVI, salt (NaCl) ve Cr⁶⁺were analyzed daily. In salt shock loading, COD removal efficiency decreased but system returned to steady state conditions within 3 days. Similarly COD removal efficiency decreased and system recovered itself in 3 days in 5 mg/L Cr⁶⁺ shock loading, but it took much time to return steady state conditions in 10 mg/L Cr⁶⁺ shock loading. In 10 mg/L Cr⁶⁺ shock loading, COD removal efficiency decreased and system recovered itself in 5 days. In both shock loadings there were no pronounced differences on MLSS and SVI profiles.

Key Words: Wastewater treatment, shock loading, salt (NaCl), toxic (Cr⁶⁺), SBR.

GİRİŞ

Atıksuların arıtım yöntemlerinden biri de biyolojik arıttır. Biyolojik arıtım mevcut mikroorganizmaların biyolojik yollarla sistemdeki organik maddeleri parçalayarak okside etmesi esasına dayanır. Klasik anlamda biyolojik arıtım prosesleri, aktif çamur ve modifikasyonları, damlatmalı filtre,

stabilizasyon havuzları, biyodiskler vb olabilir. Ardişik Kesikli Reaktör (AKR) de esas olarak bir biyolojik arıtım prosesi olan aktif çamur prosesinin modifikasyonudur. Ancak AKR doldur-boşalt prensibine göre çalışan ve çeşitli operasyon sürelerinde çalıştırılabilen, doldurma, reaksiyon, çöktürme, boşaltma ve yeniden doldurma gibi ana aşamalardan oluşan sistemlerdir ve havalandırma, çöktürme

işlemleri aynı tankta gerçekleştirilir (Metcalf & Eddy, 2003). AKR'ler karbon, azot ve fosfor gideriminde yaygın olarak kullanılan sistemlerdir (Akın ve Uğurlu, 2003; Lee ve diğ., 2001; Obaja ve diğ., 2003; Ramirez ve Martinez, 2000; Taşlı ve diğ., 1997). Evsel atıksuların arıtımında kullanıldıkları gibi çeşitli endüstriyel atıksuların arıtımında da başarı ile kullanılmaktadır (Fongsatitkul ve diğ., 2004; Franta ve Wilderer, 1997; İleri ve diğ., 2002; Obaja ve diğ., 2005).

Evsel Atıksu arıtımında zaman içinde debi ve kirletici konsantrasyonlarının değiştiği bilinmektedir. Endüstriyel atıksularda bu değişimler çok daha belirgin ve önemli boyutlarda olabilmektedir. Bu değişimler hidrolik ve organik yükün, giriş suyu pH değerinin ve sıcaklığının normal değerlerin çok dışında ani değişimi olarak gerçekleşebileceği gibi herhangi bir ağır metalin (krom, civa, kadmiyum vb.) veya çözünmüş inorganiklerin (tuzlar) ani ve yüksek konsantrasyonda reaktöre girmesi şeklinde de meydana gelebilir. Normal işletme şartlarında oluşan bu değişimler "şok yüklemeler" olarak isimlendirilmektedir. Biyolojik arıtım üniteleri özellikle de aktif çamur ünitesi bu değişimlere karşı oldukça hassas proseslerdir.

Gray (1989), arıtma tesislerinin işletme şartlarında meydana gelebilecek değişimlerin sistemde şok yüklemeye neden olabileceğini ifade etmiş ve küçük arıtma tesislerinde kurak hava debisinin 6 katı, büyük arıtma tesislerinde ise kurak hava debisinin 3 katı kadar fazla debi gelmesi halinde sistemde organik ve hidrolik yükleme artışlarının ciddi problemler meydana getireceğini belirtmiştir. Bir diğer kaynakta şok yüklemeler, atıksu arıtımında zorluklara neden olan ve işletmecinin çıkış suyu kalitesinin bozulmaması için iyileştirici uygulamalar yapmak suretiyle ek masraflara girdiği, yüksek konsantrasyonda kirletici deşarjı ya da yüksek hacimde atıksu deşarjı şeklinde meydana gelebilecek yüksek yüklemeler olarak tarif edilmektedir (<http://www.ibec.ie>).

Bir başka kaynakta ise şok yüklemeler, arıtma tesislerinde mikroorganizmalar üzerine önemli oranda toksik etki gösteren veya operasyon problemlerine neden olan yüklemeler olarak tanımlanmıştır (<http://www.alken-murray.com>). Olası problemler koku,

mikroorganizma büyümesinin engellenmesi olarak tarif edilmiş, hidrolik ve organik yüklemelerin şok yüklemelere neden olabileceği belirtilmiştir. Bu tariflerin ışığı altında şok yüklemeler, genel olarak normal işletme şartlarında oluşan değişimler olarak tarif edilebilir ve bu değişimlere karşı, biyolojik arıtım üniteleri özellikle de aktif çamur sisteminin oldukça hassas olduğu bilinmektedir.

Uygur ve Kargı (2003) 0-%6 (w/v) NaCl içeriğinde AKR'de biyolojik nutrient giderimini incelemişler, NaCl içeriği 0'dan %6'ya çıkınca KOİ gideriminin düştüğünü, özellikle %1'den itibaren belirgin bir şekilde azalmaya başladığını ve %2'nin altındaki NaCl içeriğinde çamurun iyi çökelme özellikleri gösterdiğini görmüşlerdir.

Salvado ve diğ. (2001), aktif çamurda ani NaCl yüklemelerinin protozoalar üzerine etkisini incelemişler, 5 g/L NaCl'ye kadar protozoaların ani NaCl yüklemelerine karşı dayandığını, 10 g/L NaCl'den sonra dayanıklılığın düştüğünü, 20 g/L NaCl'de protozoa sayısının hızla azaldığını ve 40 g/L NaCl'den sonra protozoaların yok olduğunu belirlemişlerdir.

Cr⁶⁺ şok yüklemesinde ise Yetiş ve diğ. (1996) yaptığı çalışmada, aktif çamurun 1 ve 2 mg/L gibi düşük konsantrasyonlarda dahi şok yüklemeye etkilendiği görülmüş, biyokütle konsantrasyonlarında önemli düşüşler gözlenmiş ve çıkış KOİ konsantrasyonu artmış ancak zamanla reaktörün kendini toparladığı belirlenmiştir.

Jirawatjanya (1998) sürekli akımlı, tam karışımlı aktif çamur reaktöründe 12.31, 24.00 ve 42.87 mg/L Cr⁶⁺ konsantrasyonunda biyokütle oluşumunun (Y) düştüğü ancak mikroorganizmaların yüksek Cr⁶⁺ toksisitesini tolere edebildikleri ve inhibe olmadıkları, KOİ gideriminin düştüğü ancak %85'in altına inmediği sonucuna varmışlardır.

Stasinakis ve diğ. (2002) çalışmalarında Cr⁶⁺'nın, Cr⁶⁺ ile adapte olmamış aktif çamurda 10 mg/L'ye eşit ve daha yüksek değerlerde mikroorganizma büyümesini etkilediğini ve μ_m ile Y_H değerlerinin düştüğünü, 10 mg/L'den küçük değerlerde ise μ_m ile Y_H değerlerinin yükseldiğini, adapte edilmiş biyoküttele ise yüksek çamur yaşı seçilerek Cr⁶⁺'nın etkisinin azaltılabildiğini görmüşlerdir.

Gökçay ve Yetiş (1991) yaptıkları çalışmada 1, 5, 10 ve 25 mg/L Cr⁶⁺ konsantrasyonlarının hiçbirinin karışık kültürde inhibisyona neden olmadığı ancak maksimum spesifik çoğalma hızı (μ_m) değerinin önemli ölçüde etkilendiği ve biyokütle oluşumunun arttığı sonucuna varmışlardır.

Stasinakis ve diğ. (2003) yaptıkları çalışmada, 1 mg/L'den yüksek konsantrasyonlarda aktif çamurdaki filamentlerde azalma, iğne uçlu flok ve serbest yüzen bakteri oluşumu, protozoa ve rotifer sayısında azalma belirlenmiş ve 5 mg/L konsantrasyona kadar Cr⁶⁺'nın KOİ gideriminde çok düşük etkiler oluşturduğu görülmüştür.

Cr⁶⁺ şok yüklemelerinin çeşitli aktif çamur modifikasyonları üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmalar bulunmasına rağmen, Cr⁶⁺'nın AKR üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalar oldukça sınırlıdır (ChuaU, 1998; Banas ve diğ., 1999). Bu çalışma, biyolojik arıtma ünitesi AKR olan bir atıksu arıtma tesisinde NaCl ve toksik (Cr⁶⁺) şok yüklemelerin görülmesi durumunda arıtma verimi, işletme verileri ve sistemin şok yüklemelere karşı dayanımı, laboratuvar şartlarında incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada kullanılan AKR düzeneği Şekil 1'de verilmektedir. Çalışmada birbirine paralel 2.5 L hacminde 2 AKR kullanılmıştır. Reaktör içerisinde atıksuyun havalandırılması, hava pompası ve difüzör yardımı ile sağlanmıştır. Siteye verilen hava sabit olup, 1.3 ml/dakikadır. Karıştırma işlemi ise devri ayarlanabilen karıştırıcı ile sağlanmıştır. Atıksuyun reaktöre girişi peristaltik pompa ile sağlanmıştır.

Atıksuyun Kompozisyonu

Bu çalışmada sentetik atıksu kullanılmıştır. Kullanılan sentetik atıksu formülü Kargı ve Uygur (2003)'ün çalışmasında kullanılan sentetik atıksu formülüne benzerlik göstermektedir. Sentetik atıksu, glikoz (516 mg/L), sodyum asetat (942 mg/L), NH₄Cl (191 mg/L), KH₂PO₄ (44 mg/L), NaHCO₃ (295 mg/L), MgSO₄.7H₂O (100 mg/L) ve iz element olarak CaCl₂.2H₂O (50 mg/L), FeCl₃.6H₂O (50 mg/L) içermektedir. Giriş atıksuyu KOİ değeri 1000 mg/L, alkalinitesi 690 mg/L CaCO₃, pH=7.06, NH₄-N=54.4 mg/L, PO₄-

P=11.2 mg/L'dir. KOİ/N/P oranı ise 100/5.4/1.1 olarak hesaplanmıştır.

Mikroorganizma

Aktif çamur kültürü Konya Başarakavak Atıksu Arıtma Tesisinden alınmış ve laboratuvar şartlarında yaklaşık 1 ay boyunca normal işletme koşullarında çalıştırılarak ortam şartlarına adaptasyonu sağlanmıştır.

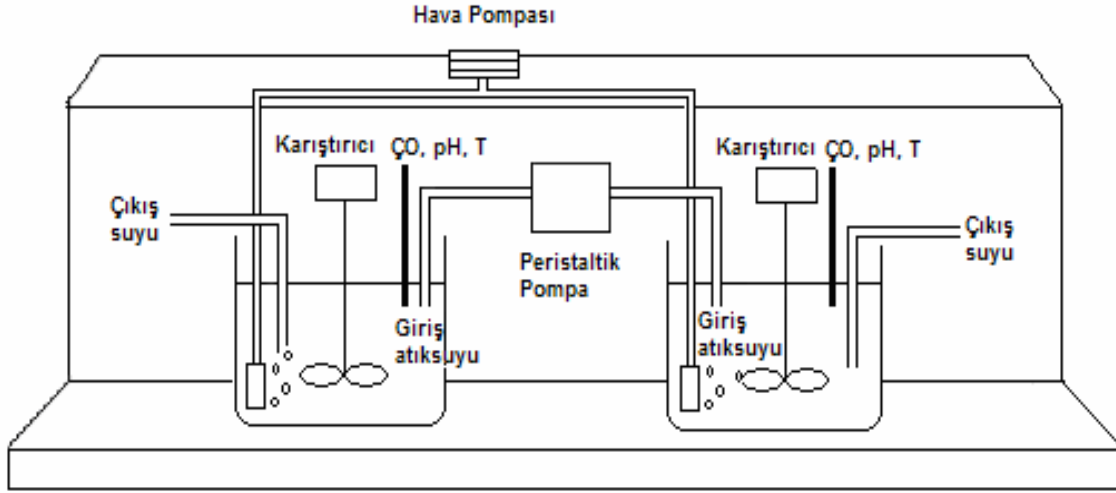
İşletme Koşulları

Sistem, atıksu girişi 30 dakika, reaksiyon aşaması 4 saat, çöktürme aşaması 1 saat ve arıtılmış su çekimi 30 dakika olmak üzere 6/24 saatlik döngü ile çalıştırılmıştır. Tüm çalışma boyunca reaktörlerdeki çamur yaşı sabit olup 10 güne ayarlanmıştır. F/M oranları ise 0.34 – 0.52 kg KOİ / kg MLSS gündür. Aktif çamur kültürü, 1 ay boyunca günde 6 saatlik döngü ile çalıştırılmış ve çamur adaptasyonu ile çamur yaşının 10 güne ayarlanması sonrası kullanılmıştır.

Deneyisel çalışmada kullanılan AKR'nin işletme şartları Tablo 1'de verilmektedir.

Salvado ve diğ. (2001) çalışmalarında, aktif çamurda 5 g/L NaCl'ye kadar protozoaların ani NaCl yüklemelerine karşı dayandığı, 10 g/L NaCl'den sonra dayanıklılığın düştüğü, sonucuna varmıştır. Uygur ve Kargı (2003)'de da %1 (w/v) NaCl içeriğinden (10 g/L NaCl) itibaren sistem veriminde belirgin değişimlerin olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada ise reaktör içinde 20 g/L NaCl konsantrasyonu sağlanacak şekilde hazırlanan sentetik atıksuyla şok yükleme yapılmıştır. Kontrol reaktörüne ise normal sentetik atıksu verilmiştir. 2. günden itibaren her iki reaktör de normal sentetik atıksu ile beslenmiştir.

Metcalf&Eddy (2003), 1 mg/L Cr⁶⁺ konsantrasyonundan itibaren Cr⁶⁺'nın toksik etki gösterdiğini belirtmiştir. Bu çalışmada 5 mg/L Cr⁶⁺ ve 10 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemeleri uygulanmış ve Stasinakis ve diğ. (2002)'nin yaptığı çalışmaya benzer şekilde Cr⁶⁺ kaynağı olarak potasyum dikromat kullanılmıştır. 5 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesi için reaktör içinde 5 mg/L konsantrasyon sağlanacak şekilde potasyum dikromat çözeltisi hazırlanmış ve şok yükleme yapılacak reaktöre aniden verilmiştir. Kontrol reaktörü ise normal sentetik atıksu ile beslenmiştir. 2. günden itibaren her iki reaktör de normal şartlarda çalıştırılmıştır.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan AKR düzeneği.
Figure 1. SBR reactors used in this study.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan AKR işletme şartları.
Table 1. Operational parameters of SBR.

Parametre	Tuz			5 mg/L Cr ⁶⁺			10 mg/L Cr ⁶⁺		
	min	max	ort.	min	max	ort.	min	max	ort.
Sıcaklık (°C)	19.3	23.0	21.4	20.1	22.8	21.7	20.3	22.0	21.2
pH	7.13	8.56	8.1	7.24	8.34	8.1	7.24	8.35	8.1
MLSS (mg/L)	1687	2580	2050	2012	2667	2260	2206	2316	2260
ÇHİ (mL/g)	58	116	85	66	91	76	43	63	50

Şok yükleme yapılan reaktörde elde edilen sonuçlar **koyu** renkle gösterilmiştir.

10 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemede, reaktör içerisinde 10 mg/L Cr⁶⁺ olacak şekilde potasyum dikromat dozlanmıştır. Kontrol reaktörü ise sentetik atıksu ile normal olarak beslenmiştir. Her iki reaktör de 2. günden itibaren sentetik atıksu ile normal işletme koşullarında çalıştırılmıştır.

Analitik Yöntemler

Çalışmada, 6 saatlik döngü boyunca, saat başı olmak üzere ÇO, pH ve sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler WTW 340i model multiparametre cihazıyla, prob yardımıyla, yapılmıştır.

Her bir döngünün bitiminde, kontrol ve şok yükleme yapılan reaktörlerdeki berrak üst sıvıda KOİ analizi (Closed Reflux- titrimetric method),

karışık sıvıda MLSS analizi yapılmış ve karışık sıvının 30 dakika çöktürülmesi sonrasında ise ÇHİ değeri hesaplanmıştır. Analizler Standart Metotlarda belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır (APHA, 1998).

Bunun yanında NaCl şok yüklemesi sonrası günlük Elektriksel İletkenlik (EC) değerleri ölçülmüştür. Ölçümler WTW 340i model multiparametre cihazla yapılmıştır. Elde edilen veriler g/L cinsinden tuz konsantrasyonuna çevrilmiştir (Metcalf & Eddy, 2003). Cr⁶⁺ şok yüklemesinde ise her gün reaksiyon öncesi reaktör içinde Cr⁶⁺ konsantrasyonu ölçülmüş ve Cr⁶⁺'nın artım verimi üzerine etkisi takip edilmiştir. Cr⁶⁺ ölçümleri CADAS 200 UV/VIS spektrofotometresi ile Dr.Lange LCK-313 kiti kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

NaCl Şok Yükleme

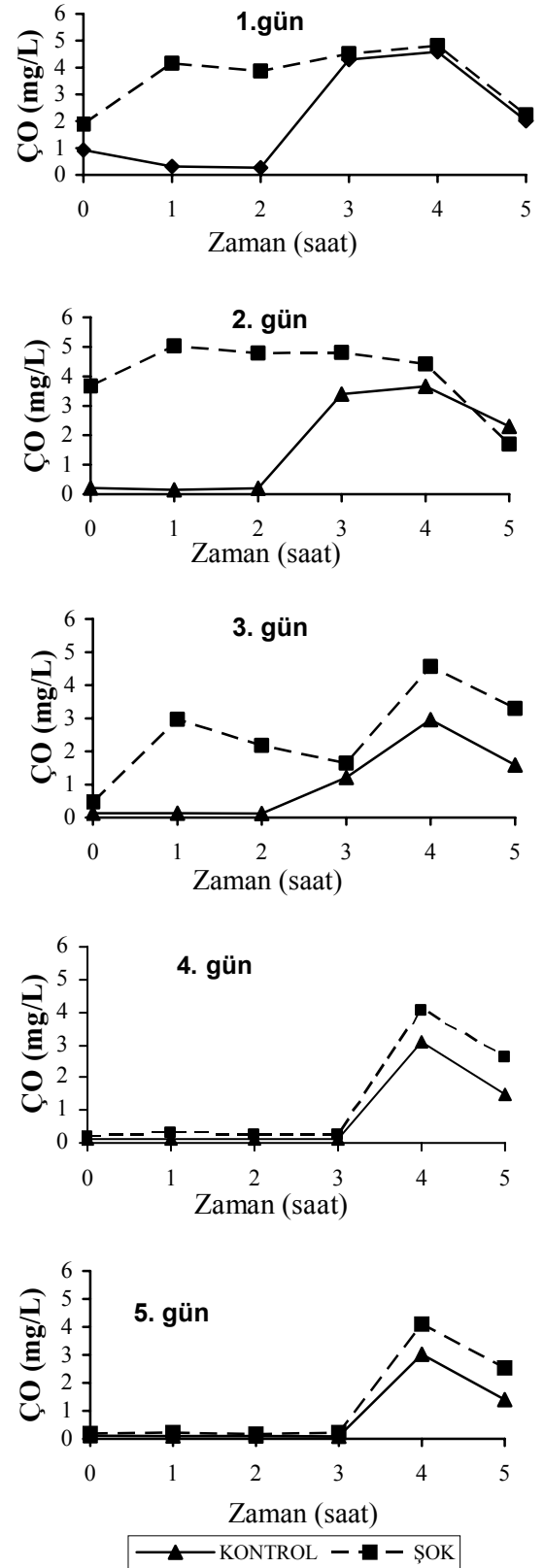
NaCl şok yüklemesinde ortalama sıcaklık ve pH değerleri sırasıyla 21.4 °C ve 8.1'dir. MLSS değerleri genel olarak 2000-2500 mg/L aralığında olup, NaCl şok yükleme boyunca şok yükleme yapılan reaktör ve kontrol reaktörü için ortalama MLSS konsantrasyonları sırasıyla 2050 mg/L, 1930 mg/L; SVI değerleri ise 85 mL/g ve 110 mL/g olarak hesaplanmıştır.

Şekil 2'de 20 g/L NaCl şok yüklemesinde, reaksiyon süresi boyunca oksijen kullanımları görülmektedir. Şekilde şok yüklemeyi takiben reaksiyon başlangıcında ölçülen ÇO değeri t=0 ile gösterilmiştir. Yapılan şok yükleme reaktör içinde mikroorganizma faaliyetini etkilediği için ilk 2 gün reaktör içinde ÇO tam olarak kullanılamamış ve ölçülen ÇO değerleri yüksek çıkmıştır. 3. günden itibaren oksijen kullanımları başlamış, 4. günden itibaren şok yükleme yapılan reaktördeki ÇO değeri kontrol reaktörüyle paralel gitmiş ve reaktör normal çalışma şartlarına dönmüştür.

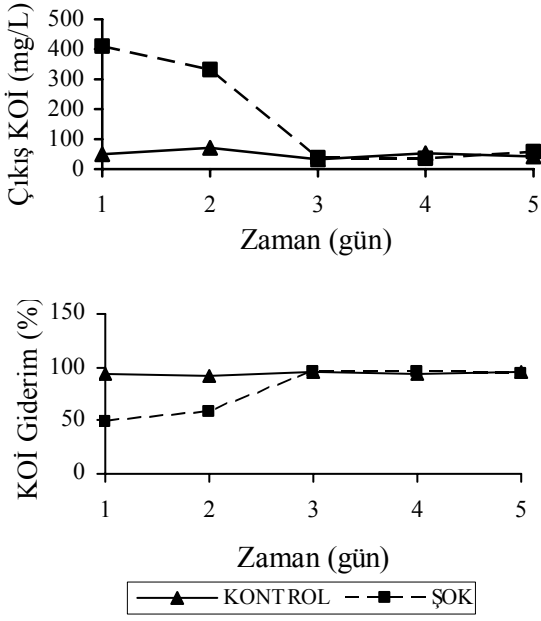
Şekil 3'de NaCl şok yüklemesinde çıkış suyu KOİ değerleri ve KOİ giderim oranları görülmektedir. NaCl şok yükleme yapılan reaktörde ilk iki gün boyunca çıkış KOİ konsantrasyonu, kontrol reaktöründekine kıyasla daha yüksek çıkmış ve ilk gün KOİ giderim verimi % 94'den % 49'a düşmüştür. Bu, mikroorganizma faaliyetinin şok yüklemeden etkilenmesi ve organik maddeyi tam olarak parçalamamasının bir sonucudur. Şok yükleme yapılan reaktörde 3. gün, döngü bitiminde organik madde gideriminin kontrol reaktöründeki giderimle aynı seviyeye geldiği görülmüştür.

5 mg/L Cr⁶⁺ Şok Yükleme

5 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesinde ortalama sıcaklık ve pH değerleri sırasıyla 21.7 °C ve 8.1'dir. Ortalama MLSS konsantrasyonu şok yükleme yapılan reaktör ve kontrol reaktörü için sırasıyla 2260 mg/L ve 2500 mg/L; SVI değerleri ise 76 mL/g ve 78 mL/g olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. NaCl şok yüklemesinde ÇO profilleri.
Figure 2. DO profile in salt (NaCl) shock loading.

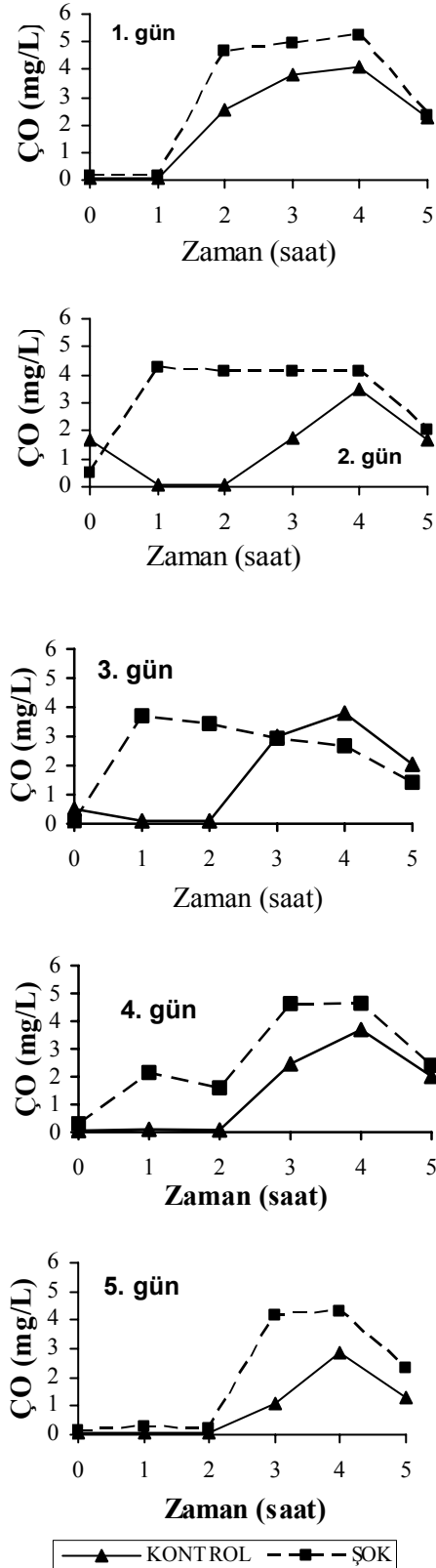


Şekil 3. NaCl şok yüklemesine ait çıkış KOİ değerleri ve KOİ giderimi.

Figure 3. Effluent COD and COD removal efficiencies in salt (NaCl) shock loading.

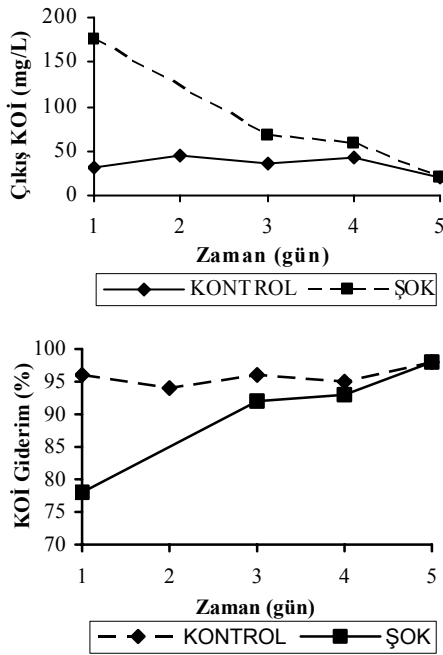
Şekil 4'de, 5 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesinde reaksiyon süresi boyunca çözünmüş oksijen kullanımları görülmektedir. İlk gün kontrol ve şok yükleme yapılan reaktörler arasında belirgin bir farklılık görülmemiştir. Şok yüklemenin etkisi, 2. günden 4. güne kadar görülmüştür. Mikroorganizmaların şok yükleden etkilenmesi sonucu 2. ve 4. günler arasında çözünmüş oksijen etkili bir şekilde kullanılamamış ve yüksek ÇO değerleri ölçülmüştür. 5. gün ise ÇO profilleri kontrol ve şok yükleme yapılan reaktörler için benzer değerler sergilemiştir.

Şekil 5'de çıkış suyu KOİ konsantrasyonu ve KOİ giderim profili verilmiştir. 5 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesinin ilk günü KOİ konsantrasyonu kontrol reaktörüne kıyasla yüksek çıkmıştır. 2. gün şok yükleme etkisini daha fazla göstermiş ve çıkış KOİ konsantrasyonu daha artmıştır. İlk gün KOİ giderim verimi % 96'dan % 78'e düşerken, 2. gün ise % 63'e düşmüştür. 3. gün, döngü bitiminde çıkış KOİ konsantrasyonu düşmüş, kontrol reaktöründeki seviyelere ulaşmış ve reaktör normal şartlara dönmüştür. Benzer sonuçlar Yetiş ve diğ. (1996) yaptığı çalışmada da görülmüş, sistem Cr⁶⁺ şok yüklemesinin 2. günü 1. güne göre daha çok etkilenmiştir.



Şekil 4. 5 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesinde ÇO profilleri.

Figure 4. DO profiles in 5 mg/L Cr⁶⁺ shock loading.

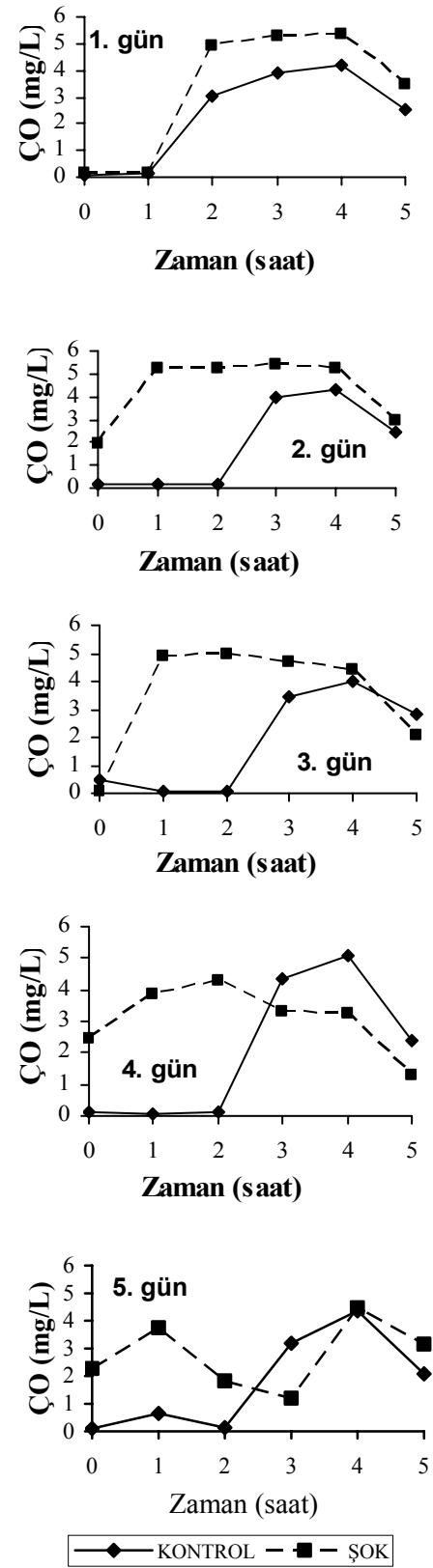


Şekil 5. 5 mg/L Cr^{6+} şok yüklemesine ait çıkış suyu KOİ değerleri ve KOİ giderimi.
Figure 5. Effluent COD and COD removal efficiency in 5 mg/L Cr^{6+} shock loading.

10 mg/L Cr^{6+} Şok Yükleme

10 mg/L Cr^{6+} yüklemesinde ortalama sıcaklık ve pH değerleri sırasıyla 21.2 °C ve 8.1'dir. Ortalama MLSS konsantrasyonu şok yüklemeye yapılan reaktör ve kontrol reaktörü için sırasıyla 2260 mg/L ve 2480 mg/L; SVI değerleri ise 50 mL/g ve 58 mL/g olarak hesaplanmıştır. Çözünmüş oksijen değerleri 5 mg/L Cr^{6+} şok yüklemesindeki benzer bir profil sergilemiştir.

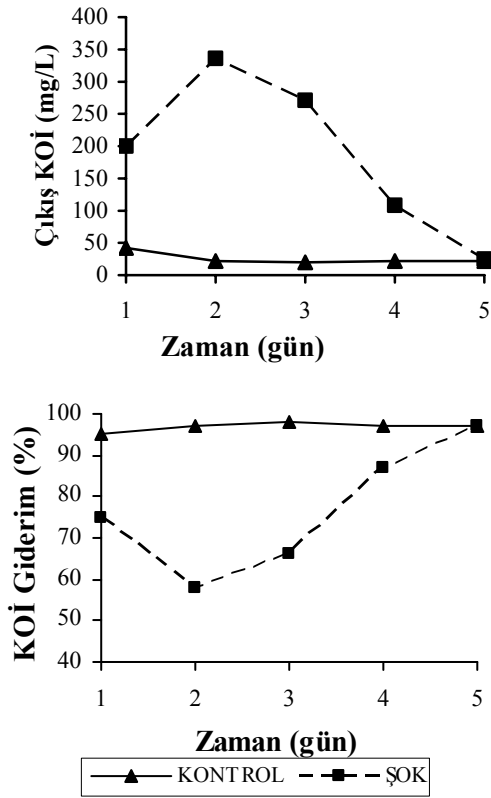
Şok yüklemenin etkisi, 2. günden 4. güne kadar görülmüştür. 2. ve 3. günlerde ÇO konsantrasyonunda salınımlar görülmüş ve şok yüklemeye yapılan reaktörde ÇO konsantrasyonları yüksek çıkmış, mikroorganizma faaliyeti engellenmiş ve oksijen tam olarak kullanılamamıştır. 4. gün oksijen yavaş yavaş kullanılmaya başlamış, ÇO konsantrasyonunda zaman zaman azalmalar görülmüştür. ÇO profilinde tam düzleşme 5. gün görülmüştür. Şok yüklemeye yapılan reaktör beş günlük deney periyodu süresince normal yüklemeye yapılan reaktör ile paralel bir ÇO profili sergileyememiş ve ancak 4. ve 5. günlerde oksijen kullanımı gerçekleştirebilmiştir. 10 mg/L Cr^{6+} şok yüklemesinde reaksiyon süresi boyunca çözünmüş oksijen kullanımları Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. 10 mg/L Cr^{6+} şok yüklemesinde ÇO profilleri.

Figure 6. DO profiles in 10 mg/L Cr^{6+} shock loading.

10 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesine ait çıkış suyu KOİ değerleri ve KOİ giderim profilleri Şekil 7'de verilmiştir. 10 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesi sonrası reaktörde KOİ çıkış konsantrasyonu artmış ve 5 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesine benzer şekilde KOİ giderim verimindeki azalma 2. gün daha fazla olmuştur. İlk gün KOİ giderim verimi % 95'den % 75'e, 2. gün ise % 58'e düşmüştür. Toksik madde konsantrasyonunun artması nedeniyle reaktörün dengeye gelme süresi uzamış ve reaktör 5. gün sonunda normal çalışma şartlarına dönerek, kontrol reaktöründeki çıkış KOİ konsantrasyonuna yakın değerlere ulaşmıştır.



Şekil 7. 10 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesine ait çıkış KOİ değerleri ve KOİ giderimi.

Figure 7. Effluent COD and COD removal efficiencies in 10 mg/L Cr⁶⁺ shock loading.

Bu çalışmada, 2000-2500 mg/L gibi yüksek MLSS değerlerinde ve yüksek çamur yaşında (10 gün) çalışılması sonucu mikroorganizmaların şok yüklemelere karşı daha dayanıklı

olabildikleri görülmüştür. Yetiş ve diğ. (1996)'nın 700 mg/L MLSS konsantrasyonunda 3 gün çamur yaşı ile kesikli reaktör çalışmasında 1 ve 2 mg/L gibi düşük konsantrasyonlarda dahi reaktörün şok yüklemeye etkilendiği görülmüş, biyokütle konsantrasyonlarında önemli düşüşler gözlenmiş ve çıkış KOİ konsantrasyonu artmıştır. Bunun yanında sistemin dengeye gelme süreleri de uzamış örneğin 1 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesinde sistem dengeye gelinceye kadar 300 saat (\cong 13 gün) geçmiştir, bu çalışmada ise sistem 5 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesinde 3 gün, 10 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesinde ise 5 gün gibi daha kısa sürelerde normal şartlara geri dönmüştür.

SONUÇLAR

Bu çalışmada mikroorganizmaların NaCl şok yüklemesinden başlangıçta önemli oranda etkilendiği, KOİ giderim oranının düştüğü görülmüştür. Ancak sistem 3 gün içinde düzelenek, normal şartlara geri dönmüştür. 5 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesinde reaktörde KOİ giderim oranı düşmüş, 2. gün ilk güne nazaran daha fazla etkilenmiş ancak sistem 3 gün içinde normal çalışma şartlarına dönmüştür. 10 mg/L Cr⁶⁺ şok yüklemesinde ise KOİ giderim oranı yine düşmüş ancak toksik madde konsantrasyonunun artmasıyla sistemin normal şartlara gelme süresi uzamış ve sistem 5. gün sonunda kontrol reaktöründeki performansa ulaşabilmiştir. Tüm şok yüklemelerde MLSS ve ÇHI değerlerinde önemli bir etkilenme görülmemiştir. Bu çalışmanın sonucunda, AKR'nin NaCl ve toksik (5 mg/L ve 10 mg/L Cr⁶⁺) şok yüklemelerine karşı dayanıklı olduğu ve kısa sürelerde sistemin şok yüklemenin etkisinden kurtulup, normal çalışma şartlarına geri döndüğü belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından 2003/117 nolu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akın, B.S., Uğurlu, A. 2003, Biological removal of carbon, nitrogen and phosphorous in a sequencing batch reactor, *J. Environ. Sci. Heal. A*, **38**, 8,1479-1488.
- APHA (American Public Health Association), 1998, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 17th ed., Washington, DC, U.S.A.
- ChuaU, H., 1998, Effects of trace chromium on organic adsorption capacity and organic removal in activated sludge, *Sci. Total Environ.*, **214**, 239-245.
- Banas, J., Plaza, E., Styka, W., Trela, J., 1999, SBR technology used for advanced combined municipal and tannery wastewater treatment with high receiving water standards, *Water Sci. Technol.*, **40**, 4-5, 451-458.
- Fongsatitkul, P., Elefsiniotis, P., Yamasmit, A., Yamasmit, N., 2004, Use of sequencing batch reactors and Fenton's reagent to treat a wastewater from a textile industry, *Biochem. Eng. J.*, **21**, 3, 213-220.
- Franta, J.R., Wilderer, P.A., 1997, Biological treatment of papermill wastewater by sequencing batch reactor technology to reduce residual organics, *Water Sci. Technol.*, **35**, 1,129-136.
- Gray, N.F., 1989, Biology of Wastewater Treatment, Oxford University Press. U.S.A. New York.
- Gökçay, C.F., Yetiş, Ü., 1991, Effect of chromium (VI) on activated sludge, *Water Res.*, **25**, 65-73.
- İleri, R., Şengil, İ.A., Kulaç, S., Damar, Y., 2002, Treatment of mixed pharmaceutical industry and domestic wastewater by sequencing batch reactor, 5th Specialised Conference on Small Water and Wastewater Treatment Systems, İstanbul-Türkiye, 447-452.
- Jirawatjanya, A., 1998, Effects of Chromium (VI) on Kinetic Coefficients in a Completely Mixed Activated Sludge Process, Thesis abstract, Chiang Mai University, Thailand, <http://www.chiangmai.ac.th/abstract/1998/Abstract/eng/abstract/eng980411>.
- Kargı, F., Uygur, A., 2003, Nutrient loading rate effects on nutrient removal in a five-step sequencing batch reactor, *Process Biochem.*, **34**, 313-318.
- Lee, D.S., Jeon, C.O., Park, J.M., 2001, Biological nitrogen removal with enhanced phosphate uptake in a sequencing batch reactor using single sludge system, *Water Res.*, **35**, 16, 3968-3976.
- Metcalf & Eddy., 2003, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, Fourth Edition, McGraw-Hill International Editions.
- Obaja, D., Macé, S., Costa, J., Sans, C., Mata-Alvarez, J., 2003, Nitrification, denitrification and biological phosphorus removal in piggery wastewater using a sequencing batch reactor, *Bioresource Technol.*, **87**, 1, 103-111.
- Obaja, D., Macé, S., Mata-Alvarez, J., 2005, Biological nutrient removal by a sequencing batch reactor (SBR) using an internal organic carbon source in digested piggery wastewater, *Bioresource Technol.*, **96**, 1, 7-14.
- Ramirez, C.N., Martinez, S.G., 2000, Phosphorous uptake kinetics in a biofilm sequencing batch reactor, *Bioprocess Eng.*, **23**, 143-147.
- Salvado, H., Mas, M., Menendez, S., Gracia, M.P., 2001, Effect of shock loads of salt on protozoan communities on activated sludge, *ACTA Protozool.*, **40**, 177-185.
- Stasinakis, A.S., Mamais, D., Thomaidis, N.S., Lekkas, D.T., 2002, Effect of chromium (VI) on bacterial kinetics of heterotrophic biomass of activated sludge, *Water Res.*, **36**, 3341- 3349.
- Stasinakis, A.S., Thomaidis, N.S., Mamais, D., Papanikolaou, E.C., Tsakon, A., Lekkas, D.T., 2003, Effect of chromium (VI) addition on the activated sludge process, *Water Res.*, **37**, 2140-2148.
- Taşlı, R., Artan, N., Orhon, D., 1997, The influence of different substrates on enhanced biological phosphorous removal in a sequencing batch reactor, *Water Sci. Technol.*, **35**, 1, 75-80.
- Uygur, A., Kargı, F., 2003, Salt inhibition on biological nutrient removal from saline wastewater in a sequencing batch reactor, *Enzyme Microb. Tech.*, **34**, 313-318.
- <http://www.ibec.ie/ibec/buspolicies/buspoliciesdoelib3.nsf>
- <http://www.alken-murray.com/glossarybug2.html>
- Yetiş, Ü., Demirer, G., Tekin, H., 1996, Şok krom (VI) yüklemesinin aktif çamur prosesine etkisi, *Tr. J. of Eng. Environ. Sci.*, **22**, 445-453.

