

## ORGANİK VE pH ŞOK YÜKLEMELERİNİN ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖRLERDE (AKR) ARITIM VERİMİNE ETKİSİ

Tuba ERTUĞRUL, Ali BERKTAY, Bilgehan NAS

S.Ü., Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, KONYA

Makalenin Geliş Tarihi: 04.10.2004

**ÖZET:** Bu çalışmada laboratuvar şartlarında biri kontrol diğeri ise şok yükleme uygulanan reaktör olmak üzere birbirine paralel 2 AKR kullanılarak organik ve pH şok yüklemelerin arıtım verimine etkisi araştırılmıştır. Atıksu kaynağı olarak sentetik atıksu kullanılmıştır. Her iki reaktör de normal şartlarda (KOİ=1000 mg/l) işletilirken 1. reaktöre KOİ=5000 mg/l organik şok yüklemesi uygulanmıştır. Daha sonra aynı reaktöre ardışık organik şok yüklemeler tatbik edilmiştir. pH şok yüklemesi ise reaktör hacminin 1/10'u oranında pH= 2 ve pH=12 olan suyun ani olarak reaktöre verilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Sistem, uygulanan birinci şok yüklemeden etkilenmiş ancak 2 gün içerisinde normal işletme şartlarına geri dönmüştür. Ardışık olarak uygulanan organik şok yüklemeler sonrası ise sistemde çamur çökme özellikleri bozulmuş ve sistem normal haline geri dönememiştir. Uygulanan pH şok yüklemeler sistemi fazla etkilememiş ve arıtım veriminde önemli değişiklikler oluşturmamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Atıksu arıtımı, şok yükleme, organik şok, pH şok, AKR

### Effects of Organic and pH Shock Loadings on Treatment Performance in Sequencing Batch Reactors (SBR)

**ABSTRACT:** In this research, works were carried out employing two identical laboratory-scale SBR in order to investigate the effect of organic and pH shock loadings on treatment performance. The feed wastewater used was a synthetic wastewater. Two reactors were operated to reach until steady state conditions (COD= 1000 mg/l) and first reactor was loaded with water having COD of 5000 mg/l. Then this organic shock loading was repeated. pH=2 and pH=12 shock loadings were applied to the reactor at a 1/10 ratio of reactor volume. Although, the reactor was affected by single organic shock loading but recovered itself within 2 days. On the other hand, it was seriously affected by consecutive organic shock loadings and it was not able to return steady state conditions. pH shock loadings did not affect the reactor and not much change was observed on treatment performance.

**Key words:** Wastewater treatment, shock loading, organic shock, pH shock, 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.

Ardışık Kesikli Reaktörler (AKR) de esas olarak bir biyolojik arıtım prosesi olan aktif çamur prosesinin modifikasyonudur. Ancak AKR'ler doldur-boşalt prensibine göre çalışan ve doldurma, reaksiyon (havalandırma), çöktürme, boşaltma ve yeniden doldurma gibi ana aşamalardan meydana gelen sistemlerdir. AKR'ler çeşitli operasyon sürelerinde çalıştırılabilir ve havalandırma, çöktürme

işlemleri aynı tankta gerçekleştirilir (Metcalf&Eddy, 2003).

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 yükün, organik yükün, giriş suyu pH değerinin ve sıcaklığının normal değerlerin çok üzerinde de ani değişimi şeklinde gerçekleşebileceği gibi herhangi bir ağır metalin (krom, civa, kadmiyum vb.) veya çözülmüş inorganiklerin (tuzlar) ani ve yüksek konsantrasyonda reaktöre girmesi şeklinde de meydana gelebilir.

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. Başka bir 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 (www.ibec.ie.). Bir başka kaynakta, şok yüklemeler arıtma tesislerinde önemli oranda mikroorganizmalara toksik etki gösteren veya işletme problemlerine neden olan yüklemeler olarak tanımlanmıştır. Olası problemler koku ve mikroorganizma büyümesinin engellenmesi olarak tarif edilmiş, hidrolik ve organik yüklemelerin şok yüklemelere neden olabileceği belirtilmiştir (www.alken-murray.com). 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.

Literatüre bakıldığında AKR'de organik şok yüklemelerin etkileri üzerine yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmüş, AKR'de pH şok yüklemesi ile ilgili herhangi bir

çalışmaya rastlanamamıştır. Mora ve diğ. (2002), 200 mg/l olan başlangıç KOİ konsantrasyonunun aniden 470 mg/l'ye ve KOİ/N oranının 25'e çıkarılması halinde, AKR'nin ani konsantrasyon artışına karşı dayanıklılığının yüksek olduğunu ve şok yüklemenin çamur karakterinde çökelmeyi etkileyecek herhangi bir sonuç doğurmadığını görmüşlerdir. Kargı ve Uygur (2003-a) KOİ yüklemesinin 40-86 mg KOİ/g MLVSS-saat arasında, N ve P yüklemelerinin ise sabit KOİ/N/P oranlarında olması halinde KOİ ve NH<sub>4</sub>-N gideriminin yüklemelerden fazla etkilenmediğini, artan KOİ yüklemesi ile biyokütlenin artması sonucu Çamur Hacim İndeksi'nin (ÇHI) azaldığını belirlemişlerdir.

AKR üzerine pH şok yüklemesiyle karşılaşılmasına karşın, genel olarak pH şok yüklemelerinin biyolojik arıtım üzerinde arıtım verimi açısından etkilenmelere yol açtığı bilinmektedir. Berktay (1996) RBC üzerine yaptığı pH=2 ve pH=12 şok yüklemeleri sonucu arıtım veriminin etkilendiği ve sistemin normal denge şartlarına gelebilmesi için çok daha fazla çalıştığı sonucuna varmıştır.

Bu çalışma AKR kullanarak bir atıksu arıtma tesisinde görülebilecek organik ve pH şok yüklemelerinin etkisini ve bu etkiye karşı sistemin dayanımını belirlemek amacıyla yapılmıştır.

## MATERYAL ve METOT

Şekil 1'de bu çalışmada kullanılan AKR düzeneği görülmektedir. Çalışmada birbirine paralel 2.5 l hacminde 2 Ardışık Kesikli Reaktör (AKR) kullanılmıştır. Reaktördeki atıksu, hava pompası ve difüzör yardımıyla havalandırılmıştır. Her iki reaktöre verilen hava miktarı sabit olup, 1.3 l/dak'dır. Karıştırma işlemi ayarlı karıştırıcı ile, atıksu girişi ise peristaltik pompa yardımıyla sağlanmıştır.

## Atıksuyun Kompozisyonu

Bu çalışmada atıksu kaynağı olarak sentetik atıksu kullanılmıştır. Kullanılan sentetik atıksu formülü Uygur ve Kargı (2003 a ve 2003 b)'nin çalışmasında kullanılan sentetik atıksu formülüne benzerlik göstermektedir. Sentetik atıksu, glikoz, sodyum asetat, NH<sub>4</sub>Cl, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>,

NaHCO<sub>3</sub>, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ve iz element olarak CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O (50 mg/l), FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (50 mg/l) içermektedir. Giriş atıksuyu KOİ değeri 1000 mg/l, alkalitesi 690 mg CaCO<sub>3</sub>/l, pH=7.06, NH<sub>4</sub>-N=54.4 mg/l, PO<sub>4</sub>-P=11.2 mg/l olup, KOİ/N/P oranı 100/5.4/1.1 olarak hesaplanmıştır.

### Mikroorganizma

Aktif çamur kültürü Konya Başarakavak Atıksu Arıtma Tesisinden alınmış ve laboratuvar şartlarında 1 aylık adaptasyon süresi sonrası kullanılmıştır.

Sistem atıksu girişi 30 dakika, reaksiyon aşaması 4 saat, çöktürme aşaması 1 saat ve arıtılmış su çekimi 30 dakika olmak üzere 6 saatlik döngü ile günde 1 döngü olmak üzere çalıştırılmıştır. Döngü sonunda kalan çamur bir sonraki güne kadar sürekli havalandırma ve karıştırma işlemi uygulanarak saklanmıştır. Reaktörler tüm çalışma boyunca çamur yaşı 10 gün olacak şekilde ayarlanmıştır. Aktif çamur kültürü, 1 ay boyunca günde 6 saatlik döngü ile çalıştırılarak, çamur adaptasyonu ve çamur yaşının 10 güne ayarlanması sonrası kullanılmıştır.

Deneyel çalışmada kullanılan AKR'nin işletme şartları Tablo 1'de toplu halde verilmektedir.

Organik şok yükleme, 1'er hafta arayla olmak üzere ardışık olarak 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Bunun için birinci aşamanın ilk günü KOİ= 5000 mg/L olan sentetik atıksu şok yükleme yapılacak reaktöre verilmiş, kontrol reaktörü ise normal şartlarda KOİ=1000 mg/l olan sentetik atıksu ile beslenmiştir. Organik şok yüklemde, sentetik atıksu içerisinde sadece KOİ

konsantrasyonu arttırılmıştır, azot ve fosfor miktarları değiştirilmemiştir. İkinci günden itibaren her iki reaktör de normal şartlardaki KOİ=1000 mg/l olan sentetik atıksu ile beslenmiştir.

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan AKR işletme şartları.

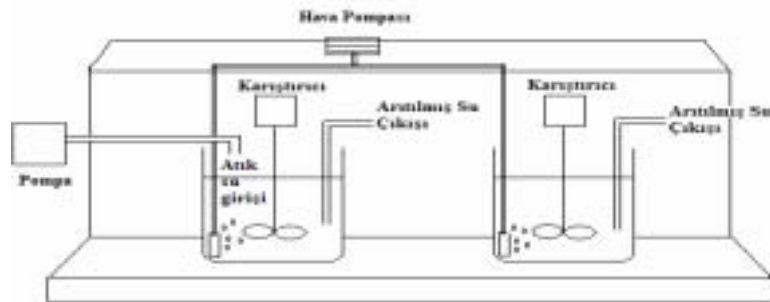
**Table 1.** Operation parameters of SBR.

Parametre	Değer
Toplam tank hacmi (l)	2.5
F/M (kg KOİ/ kg MLSS.gün)	0.29-2.54
Havalandırma Şekli	Difüzör
Çamur yaşı (gün)	10
Döngü süresi (saat)	6

pH=2 şok yüklemesinde 1. reaktöre ilk gün reaktör hacminin 1/10 oranında olacak şekilde H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile pH değeri 2'ye ayarlanmış 250 ml su ani olarak verilmiştir. Kontrol reaktörü ise normal şartlarda işletilmiştir. İkinci günden itibaren reaktörler normal şartlarda çalıştırılmıştır ve deneyler 5 gün sürmüştür.

pH=12 şok yüklemesinde ilk gün, NaOH ile pH değeri 12'ye ayarlanmış 250 ml su şok yükleme yapılacak reaktöre ani olarak verilirken, kontrol reaktörü normal şartlarda işletilmiştir. 2. günden itibaren her iki reaktör normal sentetik atıksu ile çalıştırılmış ve deneyler 5 gün sürmüştür.

Çalışmada, 6 saatlik döngü boyunca, saat başı olmak üzere ÇO, pH ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler WTW marka multiparametre cihazla, prob yardımıyla, yapılmıştır.



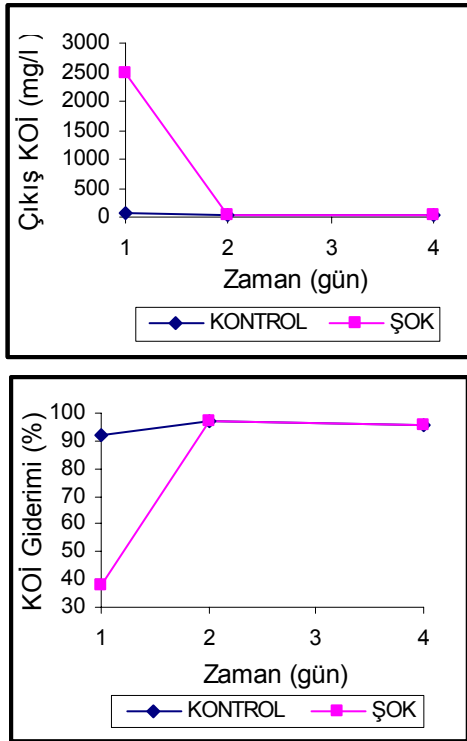
**Şekil 1.** Çalışmada kullanılan AKR düzeneği.

**Figure 1.** SBR reactors used in this study.

Herbir çalışma süresi sonunda, kontrol ve şok yükleme yapılan reaktörlerdeki artılmış 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).

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Birinci organik şok yükleme sonrası şok yükleme yapılan reaktörde mikroorganizmaların aktivitelerinin şok yüklemeye maruz kalmasından etkilenmesi sonucu organik madde oksitlenmesi için oksijen kullanımı daha uzun sürmüştür ve normal yükleme yapılan reaktöre göre ÇO değerindeki artış daha az olmuştur. 2. günden itibaren şok yükleme yapılan reaktördeki ÇO kullanımı kontrol reaktörüyle paralel gitmiştir.



Şekil 2. 1. aşama organik şok yüklemeye çıkış suyu KOİ değerleri ve KOİ giderim oranları.

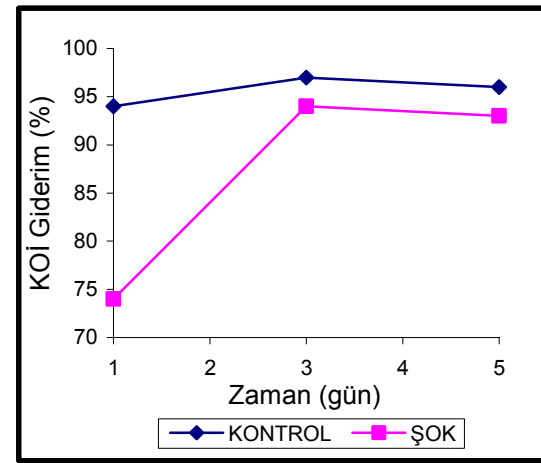
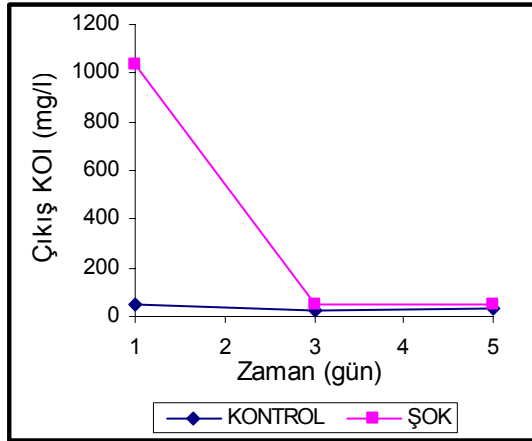
Figure 2. Effluent COD and COD removal efficiency in first stage organic shock loading.

Birinci organik şok yükleme sonrası ölçülen çıkış suyu KOİ konsantrasyonu ve KOİ giderim verimlerinin değişimi Şekil 2’de verilmektedir. Şok yükleme yapılan reaktörde, ilk gün çıkış KOİ konsantrasyonu artmış, kontrol reaktöründe KOİ giderimi % 92 iken, şok yükleme yapılan reaktörde KOİ giderimi %38 olarak hesaplanmıştır. Ancak sistem 2. gün sonunda dengeye gelerek, kontrol reaktörü ile paralel KOİ değerlerine ulaşmıştır. Birinci aşama organik şok yükleme sonrası MLSS ve ÇHİ değerlerinde herhangi bir değişim gözlenmemiş ve şok yükleme yapılan reaktör ile kontrol reaktörü sonuçları benzerlikler göstermiştir.

İkinci aşama organik şok yükleme sonrası, şok yükleme yapılan reaktördeki ÇO konsantrasyonu ilk şok yüklemeye nazaran daha da düşmüş ancak reaktör üçüncü günden itibaren, kontrol reaktöründeki ÇO profiline benzer bir profil sergilemeye başlamıştır.

Çıkış suyu KOİ konsantrasyonu şok yükleme yapılan reaktörde 1. gün artmıştır, KOİ giderim verimi kontrol reaktöründe %94 iken, şok yüklemeye bu oran %74’e düşmüştür. Ancak sistem üçüncü gün sonunda dengeye gelerek normal reaktördeki KOİ giderim verimiyle benzerlikler sergilemiştir. Reaktörde mikroorganizmaların organik madde şok yüklemesine adaptasyonu sonucu KOİ giderim verimindeki etkilenme, birinci aşama şok yüklemeye nazaran daha azalmıştır. Birinci aşama şok yüklemeye KOİ giderim oranı %38’e düşerken, ikinci aşama şok yüklemeye bu oran %74 olarak hesaplanmıştır. Bu da mikroorganizmaların yeni işletme şartlarına uyum sağlamaya çalışmaları olarak ifade edilebilir.

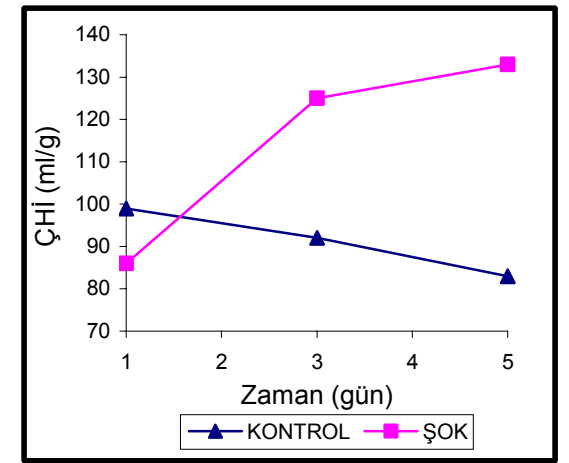
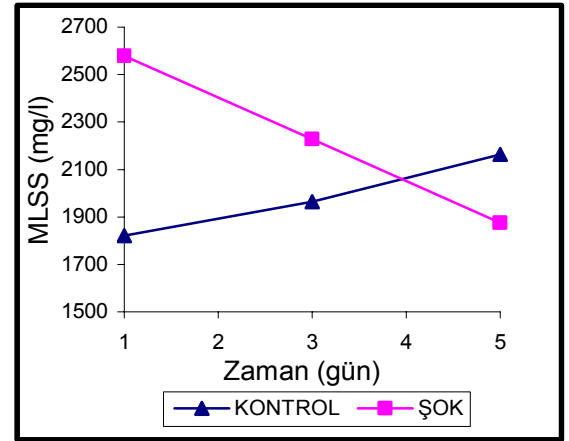
İkinci aşama organik şok yükleme sonrası çıkış KOİ konsantrasyonu ve giderim verimlerinin zamana karşı değişimi Şekil 3’de, MLSS ve ÇHİ değerlerinin zamana karşı değişimi ise Şekil 4’de verilmektedir. Ardışık organik şok yükleme MLSS ve ÇHİ profillerinde, sınırlı da olsa, etkilenmelere neden olmuş çamur çökeltme özelliklerinin kötüleşmesine bağlı olarak sistemde MLSS kaçmaları, dolayısıyla da reaktör içinde MLSS konsantrasyonunda azalmalar gözlenmiştir.



**Şekil 3.** 2. aşama organik şok yüklemede çıkış suyu KOİ değerleri ve KOİ giderim oranları.

**Figure 3.** Effluent COD and COD removal efficiency in second stage organic shock loading.

Üçüncü aşama organik şok yüklemede, reaktörlerdeki ÇO profilleri Şekil 5'de verilmektedir. Şok yüklemenin ilk günü, şok yüklemeye yapılan reaktör içinde ÇO konsantrasyonu tüm reaksiyon süresi boyunca düşük değerlerde kalmıştır. Bunun nedeni reaktördeki mikroorganizmaların aktivasyonlarının şok yüklemeden etkilenmiş olması ve organik maddeyi parçalayabilmek için daha çok çalışmaya başlaması olarak düşünülmektedir. 2. günden itibaren şok yüklemeye yapılan reaktörde ÇO kullanımı kontrol reaktörüne benzerlik göstermeye ve oksijen daha kısa sürede kullanılarak organik madde oksitlenmeye başlanmış yani mikroorganizma şok yüklemenin etkisini tolere etmeye çalışmıştır. Ancak 4. günden sonra geri

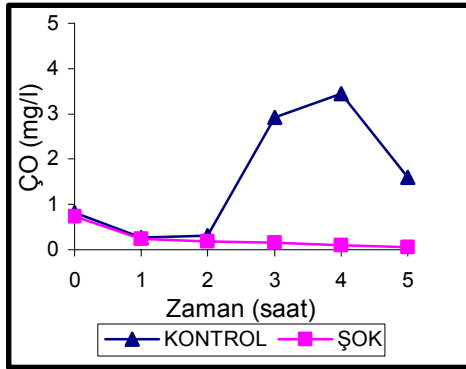


**Şekil 4.** 2. aşama organik şok yüklemede MLSS ve ÇHI profilleri.

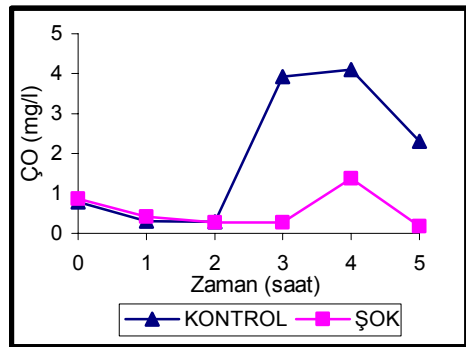
**Figure 4.** MLSS and SVI profile in second stage organic shock loading.

dönemeyecek şekilde şok yüklemenin etkisinden kurtulamamıştır.

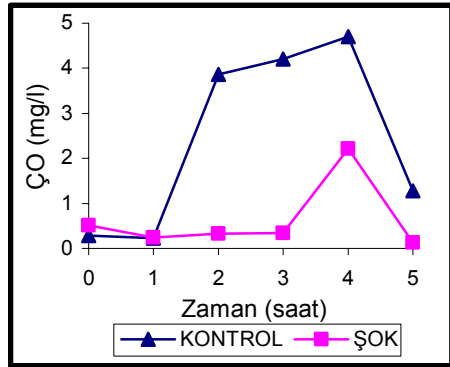
Ardışık şok yüklemenin üçüncü aşamasında, ilk gün şok yüklemeye yapılan reaktörde çıkış KOİ konsantrasyonu yükselmiş, kontrol reaktöründeki KOİ giderim oranı %97 iken, şok yüklemeye sonrası bu oran %82'ye düşmüştür. İkinci gün reaktör dengeye gelerek normaldeki verime yakın bir verimle organik madde gidermiştir. 3. günden itibaren şok yüklemeye yapılan reaktördeki çıkış suyu KOİ konsantrasyonu yükselmiştir. Bunun nedeni sisteme ardışık olarak yapılan şok yüklemeler sonrası mikroorganizmaların aktivitelerinin, tekrar kararlı hale dönemeyecek şekilde bozulmaya başlamasıdır.



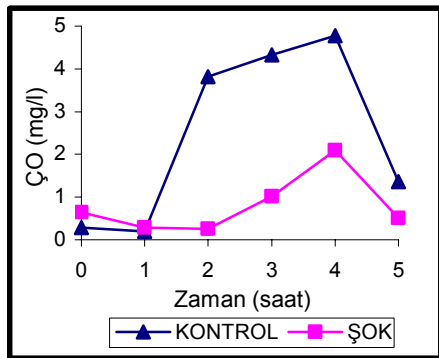
a) 1. gün ÇO profili



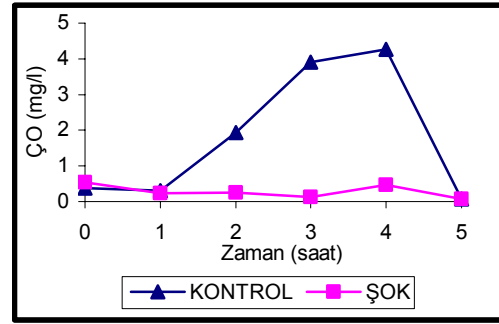
b) 2. gün ÇO profili



c) 3. gün ÇO profili



d) 4. gün ÇO profili



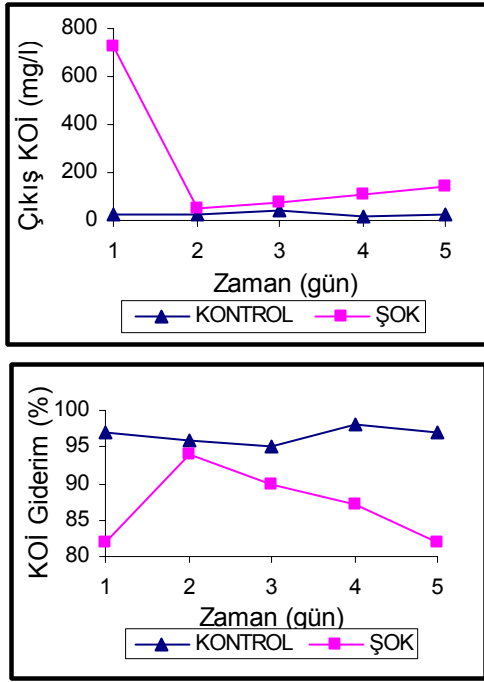
e) 5. gün ÇO profili

Şekil 5. 3. aşama organik şok yüklemde ÇO profilleri.

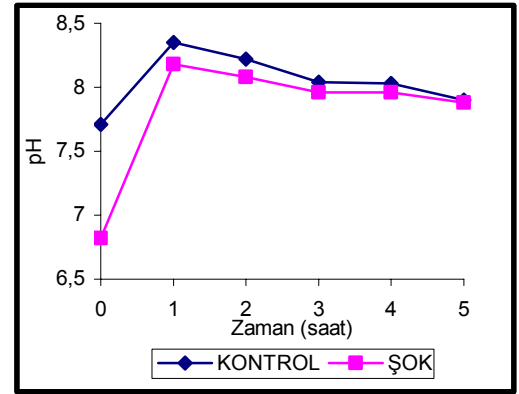
*Figure 5. DO profile in third stage organic shock loading.*

Üçüncü aşama organik şok yükleme sonrası çıkış suyu KOİ konsantrasyonu ve KOİ gideriminin zamana karşı değişimi Şekil 6'da, MLSS ve ÇHİ değişimi ise Şekil 7'de verilmektedir. Üçüncü aşama organik şok yükleme MLSS değerlerinde azalmaya ve ÇHİ değerlerinde önemli yükselmelere dolayısıyla çamur çökmesinde ciddi bozulmalara neden olmuştur. MLSS azalmasının nedeni mikroorganizmaların organik maddeyi parçalamakta zorluk çekmeye başlaması, dolayısıyla da besi maddesinin biyokütleyle dönüşme oranının düşmesi ile ÇHİ değerlerindeki yüksek artışlar nedeniyle şok yükleme yapılan reaktör içinde çökmenin zayıf olması ve sistemden MLSS kaçması olarak gösterilebilir. Üçüncü aşama organik şok yükleme sonrası sistemde çamur çökme özellikleri tamamen bozulmuş ve sistem dengeye gelememiştir.

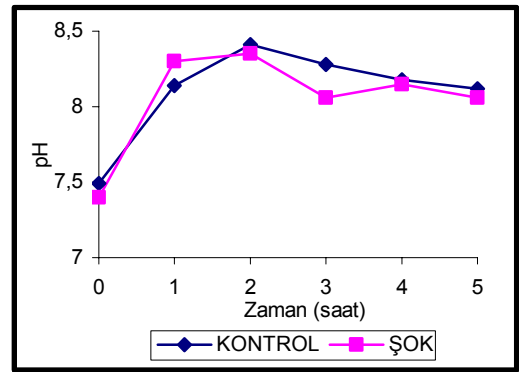
pH=2 şok yüklemesi sonunda elde edilen pH profilleri Şekil 8'de verilmektedir. pH=2 şok yüklemesi sonrası şok yükleme yapılan reaktörle normal yükleme yapılan reaktör arasında, reaksiyon başlangıcında, yaklaşık olarak 1.0 birimlik bir pH farkı oluşmuş, ancak şok yükleme yapılan reaktör bu farkı reaksiyon sonunda tamponlayabilmiş ve normal reaktördeki pH değerine ulaşmıştır. 2. günden itibaren, kontrol reaktöründeki pH profili ile şok yükleme yapılan reaktördeki pH profili paralellik sergilediğinden dolayı örnek olması bakımından 1., 2. ve 3. güne ait pH profilleri verilmiştir.



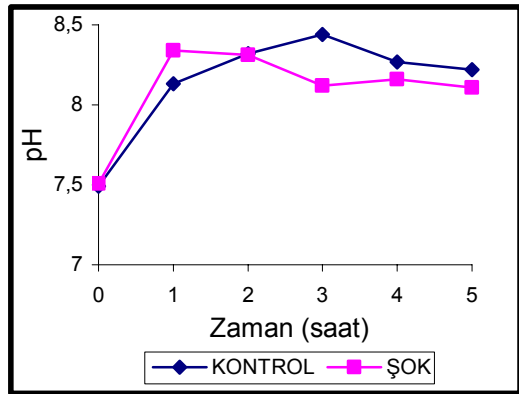
Şekil 6. 3. aşama organik şok yüklemesinde çıkış suyu KOİ değerleri ve KOİ giderim oranları.  
**Figure 6.** Effluent COD and COD removal efficiency in third stage organic shock loading.



a) 1. gün pH profili

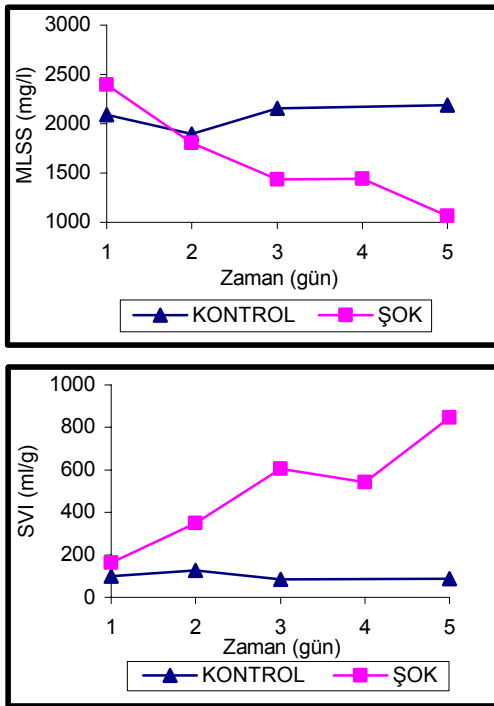


b) 2. gün pH profili



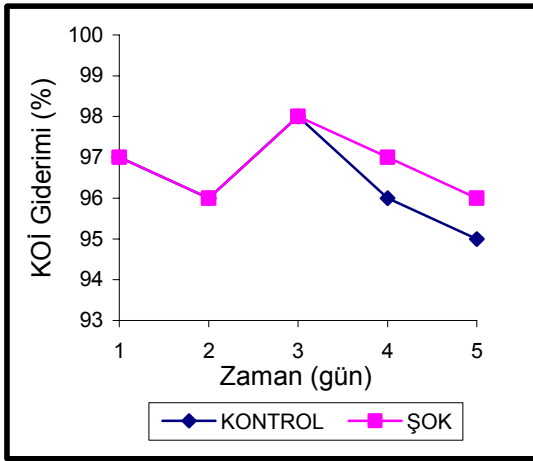
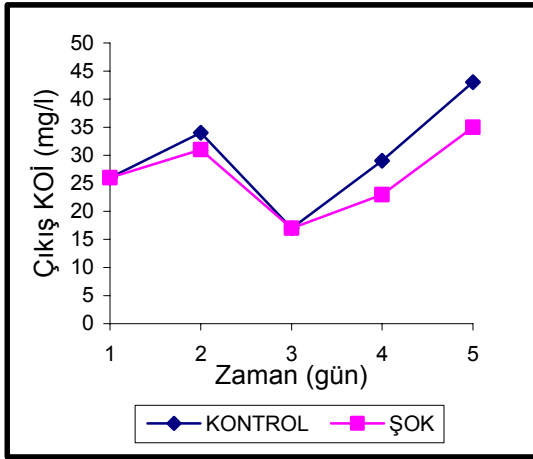
c) 3. gün pH profili

Şekil 8. pH=2 şok yüklemesinde pH profilleri.  
**Figure 8.** pH profile in pH=2 shock loading.



Şekil 7. 3. aşama organik şok yüklemesinde MLSS ve Çİİ profilleri.  
**Figure 7.** MLSS and SVI profile in third stage organic shock loading.

pH=2 şok yüklemesinde çıkış suyu KOİ konsantrasyonu ve KOİ giderim veriminin zamana karşı değişimi Şekil 9'da verilmektedir. Yapılan pH=2 şok yüklemesi, reaktörde KOİ giderimi, MLSS ve Çİİ değerleri açısından herhangi bir etkilenmeye neden olmamış, değerler kontrol reaktöründeki değerlerle paralel gitmiştir.



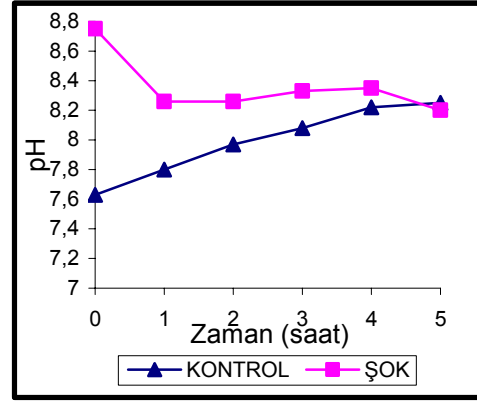
Şekil 9. pH=2 şok yüklemde çıkış suyu KOİ değerleri ve KOİ giderim oranları.

Figure 9. Effluent COD and COD removal efficiency in pH =2 shock loading.

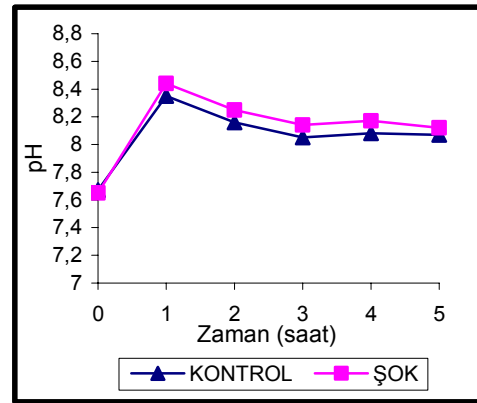
Şekil 10'da pH=12 şok yüklemesi sonrası reaktörlerdeki pH değerlerinin zamana karşı değişimi verilmektedir. pH=12 şok yüklemesi sonrasında, şok yüklemesi yapılan reaktörde yaklaşık 1.10 birimlik bir pH farkı oluşmuş ancak 1. gün reaksiyon bitiminde pH değeri tamponlanarak, kontrol reaktöründeki pH değerine ulaşmıştır. 2. günden itibaren, kontrol reaktöründeki pH profili ile şok yüklemesi yapılan reaktördeki pH profili paralellik sergilediği için örnek olması açısından 1., 2. ve 3. güne ait pH profilleri verilmiştir.

pH=12 şok yüklemesi sonrası reaktörlerdeki çıkış suyu KOİ konsantrasyonu ve KOİ giderim veriminin zamana karşı değişimi Şekil 11'de

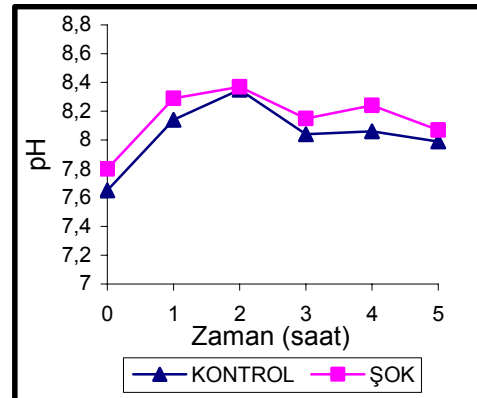
görülmektedir. pH=12 şok yüklemesi sonrası çıkış suyu KOİ konsantrasyonu, MLSS ve ÇHI değerlerinde etkilenme olmamıştır.



a) 1. gün pH profili



b) 2. gün pH profili

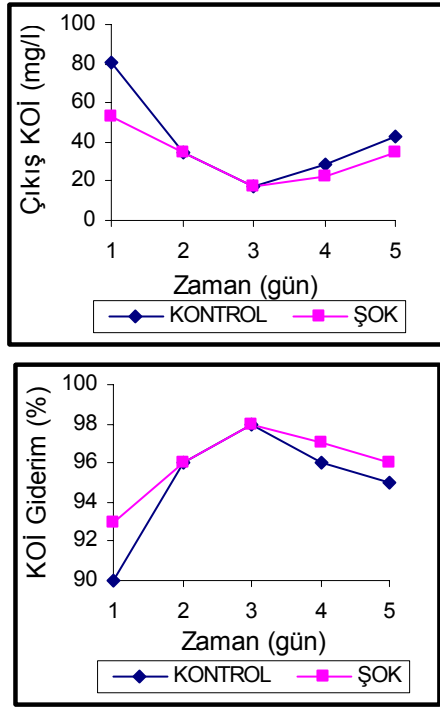


c) 3. gün pH profili

Şekil 10. pH=12 şok yüklemde pH profilleri.

Figure 10. pH profile in pH= 12 shock loading.





**Şekil 11.** pH= 12 şok yüklemesinde çıkış suyu KOİ değerleri ve KOİ giderim oranları.

**Figure 11.** Effluent COD and COD removal efficiency in pH=12 shock loading.

## SONUÇ

Sonuç olarak uygulanan tek organik şok yükleme sonrası, sistemde sadece KOİ giderim verimi etkilenmiş ancak sistem 2 gün gibi kısa bir sürede dengeye gelmiştir. Ardışık şok yükleme sonrası ise sistem hem KOİ giderimi açısından hem de ÇHİ ve MLSS değerleri açısından etkilenmiş ve üçüncü aşama şok yükleme sonrası sistem tamamen bozulmuş, 5. günde bile tekrar karalı hale dönememiştir. pH=2 ve pH=12 şok yüklemeleri sonrası ise sistemde herhangi bir etkilenme görülmemiştir. Bu çalışmanın bulgusu olarak AKR'nin organik ve pH şok yüklemelerine karşı dayanıklılığının oldukça yüksek olduğu, şok yüklemenin etkilerini kısa sürede tolere edebildiği söylenebilir.

## TEŞEKKÜR

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

## KAYNAKLAR

- American Public Health Association (APHA), 1998, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 17th ed., Washington, DC, U.S.A.
- Berktaş, A., 1996, Effect of Hydraulic and Toxic Shock Loadings on a Rotating Biological Disc Unit; Geosound 29: 71-81.
- Gray, N.F., 1989, Biology of Wastewater Treatment, Oxford University Press, U.S.A., New York.
- Kargı, F., Uygur, A., 2003 (a), Nutrient Loading Rate Effects on Nutrient Removal in a Five-Step Sequencing Batch Reactor; Process Biochemistry 34: 313-318.
- Kargı, F., Uygur, A., 2003 (b), Effect of Carbon Source on Biological Nutrient Removal in a Sequencing Batch Reactor; Biosource Technology 89: 89-93.
- Metcalf & Eddy., 2003, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, Fourth Edition, McGraw-Hill International Editions.
- Mora, F.R., Giner, G.F., Andara, A.R., Estaban, J.L., 2002, Effect of Organic Carbon Shock Loading on Endogenous Denitrification in Sequential Batch Reactor; Biosource Technology 88:215-219.
- [www.alken-murray.com/glossarybug2.html](http://www.alken-murray.com/glossarybug2.html)
- [www.ibec.ie/ibec/buspolicies/buspoliciesdoclib3.nsf](http://www.ibec.ie/ibec/buspolicies/buspoliciesdoclib3.nsf)

