

Ardışık Kesikli Reaktörde (AKR) Organik Madde ve Azotun Birlikte Giderimine Aerobik ve Anoksik Faz Sürelerinin Etkisi

Engin GÜRTEKİN*

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ

Özet

Bu çalışmada, ardışık kesikli reaktörde (AKR) birlikte organik karbon ve azot giderimine aerobik ve anoksik faz sürelerinin etkisi çalışılmıştır. En yüksek organik madde ve azot giderme verimi, aerobik faz süresinin 4 saat ve anoksik faz süresinin 2 saat olduğu reaktörde (AKR 2) elde edilmiştir. Bu reaktörde (AKR 2), % 90 KOİ, % 92 NH₄⁺-N ve % 64 NO_x (NO₂+NO₃) giderme verimi bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ardışık kesikli reaktör, nitrifikasyon, denitrifikasyon, aerobik, anoksik.

The Effect of Aerobic and Anoxic Phase Durations on Simultaneous Organic Carbon and Nitrogen Removal in Sequencing Batch Reactor (SBR)

Abstract

In this study, the effect of aerobic and anoxic phase durations on simultaneous organic carbon and nitrogen removal was studied in three sequencing batch reactor (SBR). The higher organic matter and nitrogen removal was obtained in reactor (AKR 2) to be aerobic phase duration of 4 hours and anoxic phase duration of 2 hours. In this reactor (AKR 2), the removal efficiencies of COD, NH₄⁺-N, NO_x (NO₂+NO₃) were about 90 %, 92 % and 64 %, respectively.

Keywords: Sequencing batch reactor, nitrification, denitrification, aerobic, anoxic.

*e-mail: egurtekin@firat.edu.tr

1. Giriş

Azotlu bileşikler; ötrofikasyon ve su kalitesinin bozulmasına neden olan, insan veya hayvan sağlığına potansiyel tehdit oluşturan kirleticilerdir [1]. Azot giderme gereksinimi gittikçe arttığından, yüksek azot giderimi elde etmekte şart olmuştur [2]. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon ile biyolojik azot giderimi iyi bilinen, etkili ve ekonomik bir arıtma prosesidir [3-5]. Nitrifikasyon sırasında, amonyum öncelikle nitrite daha sonra nitrata okside olmakta ve denitrifikasyon sırasında ise, nitrat moleküler azota indirgenmektedir.

Klasik aktif çamur sistemleri, organik madde gideriminde etkili olmasına rağmen azot gideriminde yetersizdirler [6-8]. Son yıllarda, atıksuların biyolojik arıtımında ardışık kesikli reaktörün kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır [9]. Ardışık kesikli reaktörün avantajlarından biri, farklı faz sürelerinin ayarlanabilmesinden dolayı esnek bir yapıya sahip oluşudur [10]. Ardışık kesikli reaktörün işletimi basittir ve azot giderimi tek bir reaktörde aerobik ve anoksik proseslerin ardışıklığıyla gerçekleştirilebilmektedir [11]. Ardışık kesikli reaktörde azot giderimi için değiştirilebilen karakteristikler; hidrolik bekleme zamanı, çamur bekleme zamanı, anoksik/aerobik oranı, anoksik/aerobik fazların sayısı ve doldurma ile kontrol stratejileridir [10]. Aerobik ve anoksik faz sürelerinin uzunluğu, uzaklaştırılacak azot miktarını belirlemektedir [12].

Bu çalışmanın amacı, ardışık kesikli reaktörde farklı aerobik ve anoksik faz sürelerinin birlikte organik madde ve azot giderimine etkisini araştırmaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada, çalışma hacmi 5 l olan üç laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör kullanılmıştır. AKR'de her bir devir 8 saat olup, günde 3 devir yapılmıştır. Her bir devir; 15 dakika doldurma, 360 dakika reaksiyon, 75 dakika çökeltme, 15 dakika boşaltma ve 15 dakika dinlendirme fazlarından oluşmaktadır. Reaktör içerisinde atıksuyun havalandırılması hava pompası ve difüzör yardımı ile yapılmıştır. Reaktörlerdeki toplam askıda katı madde (TAKM) konsantrasyonu 3000 ± 100 mg/l'de tutulmuştur. Tüm çalışma boyunca reaktörlerdeki çamur yaşı sabit tutulmuş olup, 20 günlük çamur yaşında çalıştırılmışlardır. Reaktörlerin anoksik fazında çözünmüş oksijen konsantrasyonu 0-0,4 mg/l aralığında değişmiştir. Aerobik fazda ise, hava akış hızı kontrol edilerek çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 2,0 mg/l'nin üstüne çıkmaması sağlanmıştır. Reaktörlerde pH kontrolü yapılmamış olup, pH değeri 7,1 ile 7,8 aralığında kalmıştır. Reaktörler, 25 °C sıcaklıkta işletilmişlerdir.

2.2. Deneysel çalışma planı

Reaksiyon periyodu aerobik ve anoksik fazların ardışıklığında tamamlanmıştır. Bu çalışmada, üç reaktörde 6 saatlik reaksiyon periyodunda sırasıyla farklı aerobik ve anoksik faz süreleri (5 saat ve 1 saat (AKR 1), 4 saat ve 2 saat (AKR 2), 3 saat ve 3 saat (AKR 3)) kullanılarak organik madde ve azot giderimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

2.3. Atıksu ve çamur

Bu çalışmada kullanılan atıksu bir evsel atıksu arıtma tesisinden edilmiştir. Atıksuyun ortalama KOİ konsantrasyonu 400 mg/l ve $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonu 35 mg/l'dir. Aktif çamur da, aynı Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin geri devir hattından alınmıştır.

2.4. Analitik yöntemler

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve TAKM analizleri Standart Metotlara [13] göre yapılmıştır. TAKM konsantrasyonu, Whatman filtre kağıdı kullanılarak tayin edilmiştir. Amonyum, nitrit ve nitrat analizi ise Standart Kit (Merck Specquorant, Nova 60) kullanılarak yapılmıştır. Çözünmüş oksijen, WTW OXI 330 model çözünmüş oksijen cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

3. Bulgular ve Tartışma

Reaksiyon periyodunda farklı aerobik ve anoksik faz sürelerinin kullanıldığı üç ardışık kesikli reaktörde elde edilen KOİ giderme verimleri Tablo 1'de verilmiştir. Aerobik faz süresinin 5 saat olduğu AKR 1'de aerobik faz süresince % 80 KOİ giderme verimi bulunmuştur. Aerobik faz süresinin 4 saat olduğu AKR 2'de KOİ giderme verimi % 75 ve aerobik faz süresinin 3 saat olduğu AKR 3'de KOİ giderme verimi % 71 olarak bulunmuştur. Havalandırma faz süresinin azaltılmasıyla okside olan organik madde miktarı azalmıştır. AKR 1, AKR 2 ve AKR 3'ün çıkışındaki KOİ konsantrasyonu sırasıyla 35 mg/l, 40 mg/l ve 60 mg/l olarak bulunmuştur. Bunlara karşılık gelen KOİ giderme verimleri ise sırasıyla % 91, % 90 ve % 85'dir. Reaksiyon periyodunda yer alan aerobik faz süresinin azaltılmasıyla AKR çıkışında da KOİ konsantrasyonu artış göstermiştir. Aerobik faz sonundaki KOİ konsantrasyonu ile çıkıştaki KOİ konsantrasyonları karşılaştırıldığında anoksik ortamda da KOİ gideriminin olduğu görülmektedir. Anoksik ortamda organik madde giderimi; ya anoksik fazın başlangıcında çözünmüş oksijen olması durumunda heterotrof bakteriler tarafından ya da anoksik ortamda denitrifikasyonu yapan denitrifikasyon bakterileri tarafından gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Aerobik ve anoksik faz sürelerinin KOİ giderme verimine etkisi

AKR	Aerobik faz sonu (mg/l)	KOİ		
		Giderme verimi (%)	Çıkış (mg/l)	Giderme verimi (%)
AKR 1	80	80	35	91
AKR 2	100	75	40	90
AKR 3	116	71	60	85

Aerobik fazın sonunda $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonu AKR 1, AKR 2 ve AKR 3'de sırasıyla 2,1 mg/l, 3,5 mg/l ve 10,6 mg/l'ye azalmış olup, bunlara karşılık gelen giderme verimleri % 94, % 90 ve % 70'dir (Tablo 2). Nitrifikasyon için en uygun aerobik faz süresinin 5 saat olduğu görülmektedir. Aerobik faz süresinin 4 saate indirgenmesi nitrifikasyon prosesini az etkilemiştir. Ancak, aerobik faz süresi 3 saate indirgenince nitrifikasyon büyük ölçüde tamamlanamamıştır. Leung ve Tam [14] yaptıkları çalışmada, 8 saatlik reaksiyon periyodunda 4 saatlik aerobik faz süresinin % 90'dan daha fazla nitrifikasyon elde etmek için yeterli olduğunu bulmuşlardır. Anoksik fazda da $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonu nispeten azalmıştır.

Bu azalma, anoksik fazın başlangıcında çözünmüş oksijenin var olduğunu göstermektedir. AKR 1, AKR 2 ve AKR 3’de elde edilen $\text{NH}_4^+\text{-N}$ giderme verimleri sırasıyla % 95, % 92 ve % 73 olarak bulunmuştur.

Tablo 2. Aerobik ve anoksik faz sürelerinin $\text{NH}_4^+\text{-N}$ giderme verimine etkisi

AKR	Aerobik faz sonu (mg/l)	$\text{NH}_4^+\text{-N}$		
		Giderme verimi (%)	Çıkış (mg/l)	Giderme verimi (%)
AKR 1	2,1	94	1,8	95
AKR 2	3,5	90	2,8	92
AKR 3	10,6	70	9,5	73

$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 'un oksidasyonu sonucu aerobik faz sonunda oluşan NO_x konsantrasyonları AKR 1, AKR 2 ve AKR 3’de sırasıyla 25,8 mg/l, 21,2 mg/l ve 14,5 mg/l olarak bulunmuştur. AKR 1, AKR 2 ve AKR 3 için anoksik fazda elde edilen NO_x giderme verimleri sırasıyla % 43, % 64 ve % 72’dir. Sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir. AKR 1’deki 1 saatlik anoksik faz süresi yeterli olmamasına rağmen, AKR 2’de 2 saatlik ve AKR 3’de 3 saatlik anoksik faz süresinin denitrifikasyon için yeterli olduğu söylenebilir. Mekonen ve diğ. [15] yaptıkları çalışmada, 40-160, 200 ve 250 mg/l nitrat konsantrasyonuna sahip numunelerde nitrat konsantrasyonunun istenilen değere (<10 mg/l) azalması için anoksik faz süresinin sırasıyla 3 saat, 5 saat ve 7 saat olması gerektiğini belirtmişlerdir. AKR 1’de NO_x giderme veriminin düşük olmasında, denitrifikasyonun tamamlanması için yeterli organik karbon bulunmaması da etkili olmuştur. Çünkü, AKR 1’de anoksik fazın başlangıcında KOİ konsantrasyonu daha azdır. Li ve Irvin [5] bir ardışık kesikli reaktörde aerobik ve anoksik ardışıklığında yaptıkları çalışmada, giriş KOİ konsantrasyonunun 120 mg/l’den az olması halinde denitrifikasyonun gerçekleşmeyeceğini ve NO_3^- konsantrasyonunun 20 mg/l’den daha fazla olacağını, ancak giriş KOİ konsantrasyonunun 242 mg/l olması halinde çıkış NO_3^- konsantrasyonunun 7 mg/l’den daha az olacağını belirtmişlerdir.

Tablo 3. Aerobik ve anoksik faz sürelerinin NO_x (NO_2+NO_3) giderme verimine etkisi

AKR	Aerobik faz sonu (mg/l)	NO_x (NO_2+NO_3)	
		Çıkış (mg/l)	Giderme verimi (%)
AKR 1	25,8	14,6	43
AKR 2	21,2	7,7	64
AKR 3	14,5	4,0	72

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, ardışık kesikli reaktörde organik madde ve azotun birlikte giderimine aerobik ve anoksik faz sürelerinin etkisi araştırılmıştır. Aerobik faz süresinin 5 saat, anoksik faz süresinin 1 saat olduğu reaktörde (AKR 1), % 91 KOİ, % 95 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ve % 43 NO_x giderme verimi elde edilmiştir. Aerobik faz süresinin 4 saat, anoksik faz süresinin 2 saat olduğu reaktörde (AKR 2) KOİ, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ve NO_x giderme verimleri sırasıyla % 90, % 92 ve % 64’dür. Aerobik faz süresinin 3 saat, anoksik faz süresinin 3 saat olduğu reaktörde ise (AKR 3) % 85 KOİ, % 73 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ve % 72 NO_x giderme verimi elde edilmiştir. Bu çalışmanın sonunda; ardışık kesikli reaktörde birlikte organik madde ve azot giderimi için en iyi sonuçların, 6 saatlik reaksiyon periyodunun 4 saatinin aerobik ve 2 saatinin anoksik fazdan oluşturulmasıyla elde edilebileceği bulunmuştur.

5. Kaynaklar

- [1] Ghafari S., Hasan M., Aroua M.K., Bio-electrochemical removal of nitrate from water and wastewater-A review, *Bioresource Technology*, 99, 3965-3974, 2008.
- [2] Campos J.L., Garrido J.M., Corral A.M., Mendez R., Stability of a nitrifying activated sludge reactor, *Biochemical Engineering Journal*, 35, 87-92, 2007.
- [3] Coelho M.A.Z., Russo C. and Araujo O.Q.F., Optimization of a sequencing batch reactor for biological nitrogen removal *Water, Research*, 34(10), 2809-2817, 2000.
- [4] Liu Y.Q., Tay J.H., Ivanov V., Moy B.Y.P., Yu L., Tay S.T.L., Influence of phenol on nitrification by microbial granules, *Process Biochemistry*, 40, 3285-3289, 2005.
- [5] Li B., Irvin S., The comparison of alkalinity and ORP as indicators for nitrification and denitrification in a sequencing batch reactor (SBR), *Biochemical Engineering Journal*, 34, 2007.
- [6] Bilanovic D., Battistoni P., Cecchi F., Pavan P., Denitrification under high nitrate concentration and alternating anoxic conditions, *Water Research*, 33(15), 3311-3320, 1999.
- [7] Thuan T.H., Chung Y.C., Ahn D.H., Study of nitrogen and organics removal in sequencing batch reactor (SBR) using hybrid media, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 38(3), 577-588, 2003.
- [8] Mees J.B.R., Gomes S.D., Hasan S.D.M., Gomes B.M., Boas M.A.V., Nitrogen removal in a SBR operated with and without pre-denitrification: effect of the carbon:nitrogen ratio and the cycle time, *Environmental Technology*, 2013.
- [9] Puig S., Vives M.T., Corominas L.I., Balaguer M.D., Colprim J., Wastewater nitrogen removal in SBRs, applying a step-feed strategy: from lab-scale to pilot-plant operation, *Water Science and Technology*, 50(10), 89-96, 2004.
- [10] Manga J., Venegas C., Acosta M.J.P., Abad D., An experimental study for biological nitrogen removal and control strategies in a sequencing batch reactor (SBR), *Environmental Technology*, 28, 793-798, 2007.
- [11] Peng Y.Z., Chen Y., Peng C.Y., Liu M., Wang S.Y., Song X.Q., Cui Y.W., Nitrite accumulation by aeration controlled in sequencing batch reactors treating domestic wastewater, *Water Science and Technology*, 50(10), 35-43, 2004.
- [12] Rodrigues A.C., Brito A.G., Melo L.F., Post-treatment of a brewery wastewater using a sequencing batch reactor, *Water Environment Research*, 73 (1), 45-51, 2001.
- [13] APHA, AWWA, WCPF., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, *American Public Health Association*, Washington, D.C., 1998.
- [14] Leung G.L.W., Tam N.F.Y., Operation strategy of a sequencing batch reactor for simultaneous removal of wastewater organic matter and nutrients, *Resources, Conservation and Recycling*, 11(1-4), 209-223, 1994.
- [15] Mekonen A., Kumar P., Kumar A., Use of sequencing batch reactor for biological denitrification of high nitrate containing water, *Journal of Environmental Engineering*, 127(3), 273-278, 2001.