



ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖRDE AKTİF ÇAMURUN ÇÖKELEBİLİRLİĞİNE SICAKLIĞIN ETKİSİ

Engin GÜRTEKİN^{1,*}

¹Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ

ÖZET

Bu çalışmada, laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörde aktif çamurun çökelebilirliğine sıcaklığın ve sıcaklıkta meydana gelecek 5 °C'lik artış ve azalmanın etkisi araştırılmıştır. Reaktörler, Elazığ Evsel Atıksu Arıtma tesisinden getirilen atıksuyla beslenmiştir. Sıcaklığın 20 °C olduğu reaktörde en düşük çamur hacim indeksi, çıkış suyu bulanıklık değeri ve daha yüksek çökeltme hızı elde edilmiştir. Sıcaklığın artması (20 °C'den 25 °C ve 30 °C'e) ve azalması (20 °C'den 5 °C, 10 °C ve 15 °C'e) durumunda çamur hacim indeksi, çıkış suyu bulanıklık değeri artmış ve çökeltme hızı azalmıştır. Sıcaklıkta yapılan 5 °C'lik artış (20 °C'den 25 °C'ye) ve azalma (25 °C'den 20 °C'ye) ise, çamur hacim indeksinin artmasıyla sonuçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ardışık kesikli reaktör, Sıcaklık, Çamur hacim indeksi, Çökeltme, Atıksu.

EFFECT OF TEMPERATURE ON ACTIVATED SLUDGE SETTLEABILITY IN SEQUENCING BATCH REACTOR

ABSTRACT

In this study, the effects of temperature, a 5 °C temperature upshift and a 5 °C temperature downshift on the settling properties of activated sludge was examined in lab-scale sequencing batch reactor. The reactors were fed with wastewater from the Elazığ Wastewater Treatment Plant. In the reactor operated at 20 °C, it was obtained sludge with lower sludge volume index, lower turbidity of effluent and higher sedimentation velocity. The increasing (20 °C'den 25 °C and 30 °C'e) and decreasing (20 °C'den 5 °C, 10 °C and 15 °C'e) of temperature caused higher sludge volume index, turbidity and lower sedimentation velocity. A 5 °C temperature upshift (from 20 °C to 25 °C) and a 5 °C temperature downshift (from 25 °C to 20 °C) were associated with increasing of sludge volume index.

Keywords: Sequencing batch reactor, Temperature, Sludge volume index, Settling, Wastewater.

1. GİRİŞ

Aktif çamur prosesiyle atıksu arıtımında çıkış suyu kalitesi yüksek oranda çökeltme işleminin verimine bağlıdır. Aktif çamur prosesinde çökeltme verimi, floküle olmuş biyokütle kapasitesi ile tayin edilmektedir. Aktif çamurun iyi floküle olmadığı durumlarda, çıkış suyundaki askıda katı madde konsantrasyonu artmaktadır. Havalandırma ve çökeltme işlemi ayrı ünitelerde yapılabileceği gibi ardışık kesikli reaktörlerde olduğu gibi aynı ünite içerisinde de yapılabilmektedir. Ardışık kesikli reaktörler, aktif çamur prosesin bir modifikasyonu olup doldur-boşalt prensibine göre çalışmaktadırlar.

Sıcaklık, mikrobiyal büyümeyi etkilediğinden aktif çamur prosesinde çok önemli bir parametredir. Çoğu mikroorganizmalar geniş bir sıcaklık aralığında yaşamlarını sürdürebilmesine rağmen, genellikle her bir tür için bir optimum sıcaklık bulunmaktadır. Aktif çamur proseslerinde, mevsimsel sıcaklık değişimlerine karşı yavaş bir adaptasyon söz konusudur. Sıcaklık değerlerinde meydana gelen değişimler mikrobiyal hücrelerin yüzey özelliklerini de değiştirdiğinden dolayı flokülasyonu da etkilemektedir.

Aktif çamur prosesinde normal şartlarda filamentli bakteriler ile flok oluşturan bakteriler arasında bir denge mevcuttur. Filamentli bakterilerin varlığı, iyi çökelen floklar için bir makroyapı oluşturduğundan dolayı önemlidir.

Şişkin çamur olarak bilinen filamentli mikroorganizmaların aşırı büyümesi aktif çamur proseslerinde karşılaşılan çökeltme problemlerinin başlıca nedenidir. Bu problem yarım yüzyıldır bilinmesine rağmen kesin bir çözüm bulunamamıştır [1].

Çökeltme, aktif çamur floklarının yapısına, büyüklüğüne ve yoğunluğuna bağlıdır [2]. Atıksuların biyolojik olarak arıtımında geçici şartlar meydana gelebilmektedir. Bu geçici şartlar, besi maddesi ve besi elementi konsantrasyonunda değişim veya toksik bileşikler, çözünmüş oksijen, pH ve sıcaklık gibi parametrelerde meydana gelen değişimler olup, çamurun flok yapısını bozduğu bilinmektedir [3].

Sıcaklık değişimleri (35 °C'den 45 °C'ye ve 45 °C'den 35 °C'ye) ve periyodik sıcaklık salınımları (31.5 °C - 40 °C), çıkış suyunda çözülmüş kimyasal oksijen ihtiyacının ve askıda katı madde konsantrasyonunun artmasına ve çamur çökme karakteristiklerinin bozulmasına neden olmuştur [4]. Sıcaklığın 30 °C'den 45 °C'ye artırılmasıyla da benzer sonuçlar elde edilmiştir [3]. Farklı sıcaklıklarda (15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C ve 35 °C) yapılan çalışmada, sıcaklığın artmasıyla çamur hacim indeksinin azaldığı bulunmuştur [5]. Sıcaklık değişiminin bakteriyel yapıyı ve fonksiyonunu etkilediği ve sıcaklık artışının (30 °C'den 45 °C'ye) çözülmüş kimyasal oksijen ihtiyacı giderimi veriminde azalmaya ve bulanıklığın artmasına neden olduğu belirtilmiştir [6].

Literatüre bakıldığında ardışık kesikli reaktörde sıcaklığın aktif çamurun çökebilirliğine etkisi ile ilgili fazla çalışma olmadığı görülmektedir. Bu çalışmada, ardışık kesikli reaktörde sıcaklığın etkisi ve sıcaklıkta meydana gelecek 5 °C'lik artış ve azalmanın aktif çamurun çökebilirliğe etkisi araştırılmıştır.

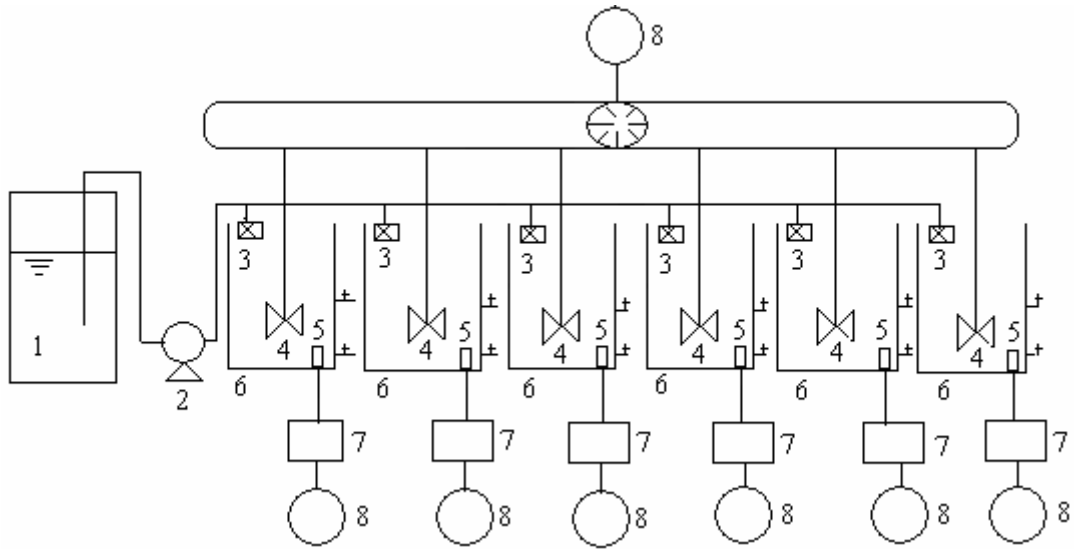
2. MATERYAL ve METOT

2.1. Materyal

Bu çalışmada birbirine paralel olarak işletilen 6 ardışık kesikli reaktör kullanılmıştır (Şekil 1). Her bir AKR'nin çalışma hacmi 2 l büyüklüğündedir. AKR'de her bir devir 6 saat olup, günde 4 devir yapılmıştır. Her bir devir; 10 dakika doldurma, 170 dakika reaksiyon (havalandırma), 30 dakika çökme, 15 dakika boşaltma ve 15 dakika dinlenme fazlarından oluşmaktadır. Her bir devrin başlangıcında doldurma fazı süresince reaktöre 1 l atıksu beslenmiştir. Her bir devrin sonunda ise, reaktörden 1 l atıksu çekilmiştir. Böylece tüm reaktörlerde hidrolik bekleme zamanının 12 saat olması sağlanmıştır. Tüm çalışma boyunca reaktörlerdeki çamur yaşı sabit tutulmuş olup, 10 günlük çamur yaşında çalıştırılmışlardır. Reaktör içerisinde atıksuyun havalandırılması hava pompası ve difüzör yardımı ile yapılmıştır. Reaktörlerdeki sıcaklık, termometre ile gözlenmiştir.

Reaktörlerin içerisinde sıcaklık yaklaşık olarak sırasıyla; 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C ve 30 °C olması sağlanarak aktif çamurun çökebilirliğine etkisi tespit edilmiştir. Daha sonra, iki reaktörde 5 °C'lik sıcaklık değişiminin aktif çamurun çökebilirliğine etkisini tespit etmek

amacıyla çalışmalar yapılmıştır. 20 °C’de çalıştırılan reaktörde sıcaklık 25 °C’ye çıkarıldı. Bu hızlı sıcaklık artışının aktif çamurun çökebilirliğine etkisini gözlemlemek amacıyla reaktörde 7 gün boyunca deneysel çalışmalara devam edilmiştir. 25 °C sıcaklıkta çalıştırılan reaktörde ise, sıcaklık 20 °C’ye azaltıldı ve reaktörde aktif çamurun çökebilirliğindeki değişim 7 gün boyunca deneysel çalışmalar yapılarak tespit edilmiştir. Böylece, 5 °C’lik sıcaklıktaki artışın ve azalmanın aktif çamurun çökebilirliğine etkisi tayin edilmiştir. Çamurun çökebilirliğinin tayini için çamur hacim indeksi parametresi kullanılmıştır. Çamur hacim indeksi hesabında, imhoff konisinde 30 dakikalık çökmeden sonraki çamur hacmi alınmıştır.



1. Atıksu tankı, 2. Pompa, 3. Vana, 4. Karıştırıcı, 5. Difüzör, 6. Reaktör, 7. Hava pompası, 8. Zaman saati

Şekil 1. Deneysel düzeneğin şematik diyagramı.

2.2. Atıksu ve Çamur

Bu çalışmada kullanılan evsel atıksu Elazığ Evsel Atıksu Arıtma Tesisinden temin edilmiştir. Evsel atıksuyun karakterizasyonu [Tablo 1](#)'de verilmiştir. Aktif çamurda aynı tesisten temin edilmiştir. Aktif çamurun 3 hafta süre boyunca reaktördeki çalışma şartlarına adaptasyonu sağlanmıştır.

Tablo 1. Evsel atıksuyun karakterizasyonu

Parametre	Konsantrasyon (mg/l)
KOİ	460
NH ₄ -N	35
TP	16
PO ₄ -P	8
NO ₃ -N	0.90
AKM	120
Bulanıklık*	55

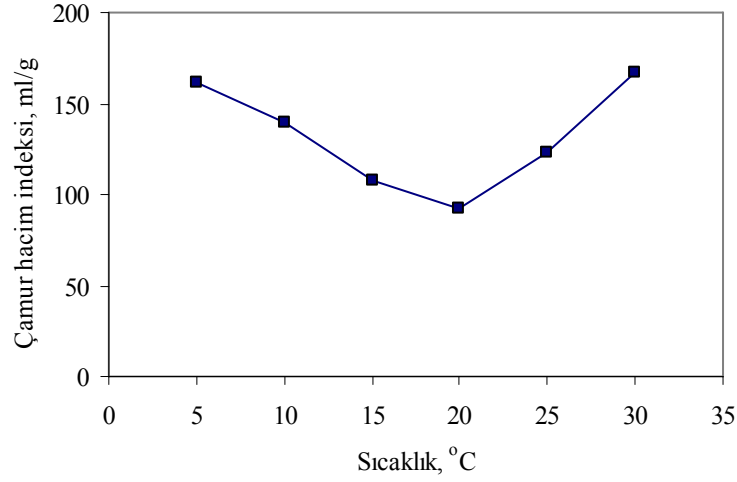
* Birimi = NTU

2.3. Analitik Yöntemler

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), çamur hacim indeksi ve bulanıklık analizleri Standart Metotlara [7] göre yapılmıştır. Amonyum, Toplam fosfor, fosfat, nitrat analizleri Standart Kit (Merk Specquorant) kullanılarak yapılmıştır. Çözünmüş oksijen analizi, WTW OXI 330 model çözünmüş oksijen cihazıyla ve prob kullanılarak yapılmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

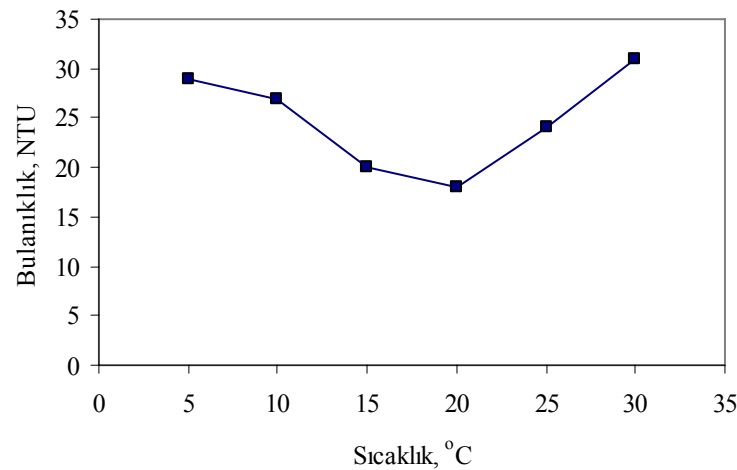
Çamur hacim indeksinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi Şekil 2’de verilmiştir. 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C ve 30 °C’de çalıştırılan reaktörlerde çamur hacim indeksi ortalama değerleri sırasıyla 161 ml/g, 140 ml/g, 108 ml/g, 92 ml/g, 123 ml/g ve 167 ml/g olarak bulunmuştur. En düşük çamur hacim indeksinin 20 °C’de elde edildiği görülmektedir. Her iki yöndeki sıcaklık değişiminin yani hem yüksek sıcaklık (25 °C ve 30 °C) hem de düşük sıcaklık (5 °C, 10 °C ve 15 °C) durumunda çamur hacim indeksinin arttığı gözlenmiştir. Çamur hacim indeksindeki bu artış, deneysel çalışma sırasında da gözlenen çamurun çökelme karakteristiğinin ve flok yapısının bozulmasından kaynaklanmaktadır. Benzer sonuçlar, önceki çalışmalarda da [4,5] rapor edilmiştir. 150 ml/g’ın üzerindeki çamur hacim indeksi değerlerine sahip çamurlar şişkin çamur olarak sınıflandırılmaktadır [8]. Bu çalışmada, 5 °C ve 30 °C sıcaklıkta çalıştırılan reaktörlerde bu değer aşılmıştır.



Şekil 2. Çamur hacim indeksinin sıcaklığa göre değişimi.

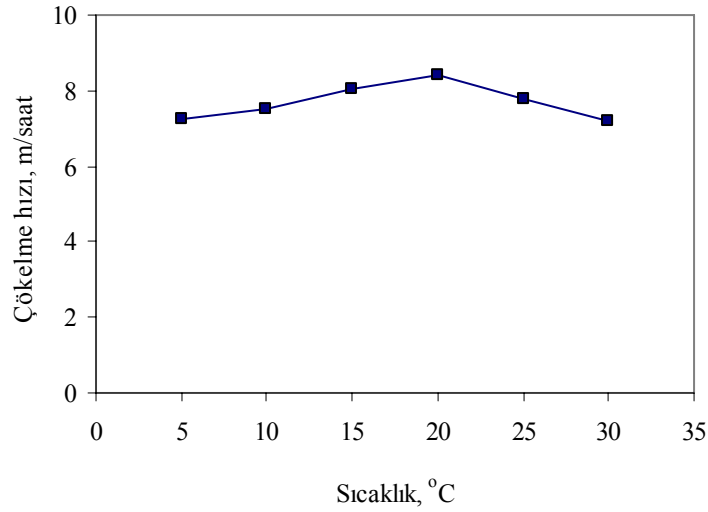
Çamur hacim indeksi, çamurun çökelme özelliğini karakterize eden en iyi parametre olarak bilinmektedir. Çamur hacim indeksi, şişkin çamur içinde iyi bir indikatördür. Atıksu arıtma tesislerinde çamur hacim indeksi 30 ml/g ile 400 ml/g arasında değişen değerler alabilmektedir.

Sıcaklığa bağlı olarak elde edilen çıkış suyu bulanıklık değerleri [Şekil 3](#)'de verilmiştir. En düşük bulanıklık değeri çamur hacim indeksinde olduğu gibi 20 °C'de elde edilmiştir. Sıcaklığın artması ve azalmasıyla bulanıklık değeri artmıştır. 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C ve 30 °C'de çalıştırılan reaktörlerde bulanıklık değerleri ortalama olarak 29 NTU, 27 NTU, 20 NTU, 18 NTU, 24 NTU ve 31 NTU olarak bulunmuştur.



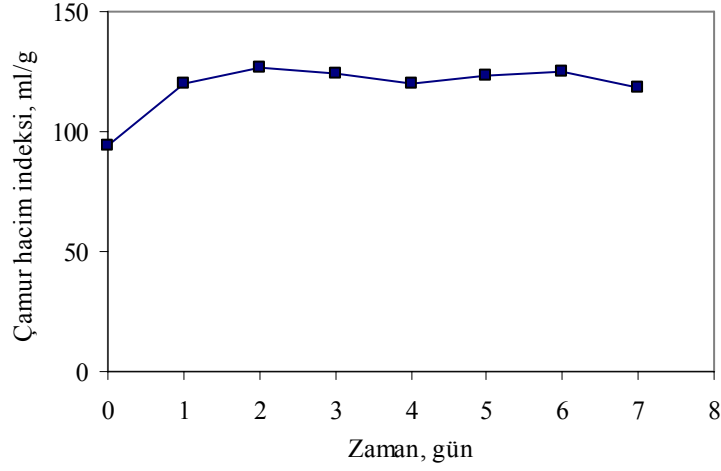
Şekil 3. Çıkış suyu bulanıklık değerlerinin sıcaklığa göre değişimi.

Çökeltme hızı, literatürde verilen matematiksel formül [9] kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplama sonucu elde edilen sonuçlar Şekil 4’de verilmiştir. 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C ve 30 °C’de çalıştırılan reaktörlerde ortalama çökeltme hızları sırasıyla 7.25 m/saat, 7.52 m/saat, 8.06 m/saat, 8.41 m/saat, 7.79 m/saat ve 7.18 m/saat olarak hesaplanmıştır. Daha önceden yapılan çalışmalarda ortalama çökeltme hızları 9.9 m/saat [9], 10.5 m/saat [10] ve 7.8 m/saat [11] olarak bulunmuştur.



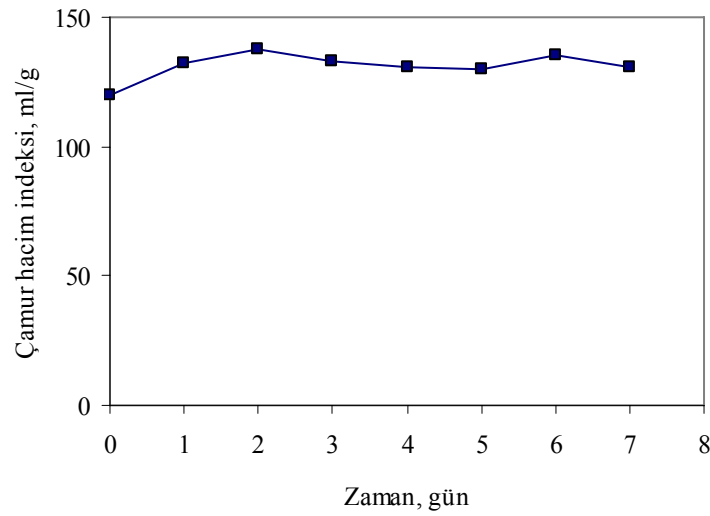
Şekil 4. Çökeltme hızlarının sıcaklığa göre değişimi.

Sıcaklığın 20 °C’den 25 °C’ye artırılmasıyla çamur hacim indeksinde meydana gelen değişim Şekil 5’de verilmiştir. Çamur hacim indeksi 94 ml/g iken 5 °C’lik sıcaklık artışının ardından 1. gün sonunda 120 ml/g’a yükselmiştir. 2. gün sonunda bu değer 127 ml/g’a kadar çıkmıştır. Çamur hacim indeksi 3. ve 7. gün arasında ortalama 122 ml/g değerini almıştır. Bu sonuçlar, 5 °C’lik sıcaklık artışına bağlı olarak çamur hacim indeksinin arttığını ve daha yüksek bir değerde dengeye ulaştığını göstermektedir. Sıcaklık artışına bağlı olarak çamur hacim indeksinde elde edilen denge değerinin 25 °C’de elde edilen çamur hacim indeksi değeriyle benzer olduğu görülmektedir.



Şekil 5. 5°C sıcaklık artışının çamur hacim indeksine etkisi.

Sıcaklığın 25 °C'den 20 °C'ye azaltılmasıyla çamur hacim indeksinde meydana gelen değişim Şekil 6'da verilmiştir. Çamur hacim indeksi 120 ml/g iken 5 °C'lik sıcaklık azalmasına bağlı olarak 1. gün sonunda çamur hacim indeksi 132 ml/g'a kadar yükselmiştir. 2. gün sonunda bu değer 138 ml/g'a kadar yükselmiştir. Çamur hacim indeksi 3. ve 7. gün arasında ortalama 132 ml/g değerini almıştır. Sıcaklığın 20 °C'ye azaltılmasıyla aktif çamurun çökebilirliği düzelmemiştir. 20 °C'de çamur hacim indeksi 92 ml/g bulunmuşken sıcaklığın 25 °C'den 20 °C'ye azaltılması durumunda çamur hacim indeksi ortalama 132 ml/g değerini almıştır. 5°C sıcaklık artışı ve azalmasıyla birlikte çamur hacim indeksinde meydana gelen artış, muhtemelen çamurun flok yapısının bozulmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 6. 5°C sıcaklık azalmasının çamur hacim indeksine etkisi.

4. SONUÇLAR

Ardışık kesikli reaktörde sıcaklığın aktif çamurun çökebilirliğini etkilediği görülmüştür. Sıcaklığın 20 °C olduğu reaktörde çamurun çökebilirliği daha yüksektir. 20 °C'den yüksek (25 °C ve 30 °C) ve düşük (5 °C, 10 °C ve 15 °C) sıcaklıklarda çamur hacim indeksi, çıkış suyu bulanıklık değeri artmış ve çökme hızı azalmıştır. Sıcaklıkta yapılan 5 °C'lik artış (20 °C'den 25 °C'ye) ve azalma (25 °C'den 20 °C'ye) ise, çamur hacim indeksinin artmasıyla sonuçlanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Martins A.M.P., Heijnen J.J., van Loosdrecht M.C.M., Effect of dissolved oxygen concentration on sludge settleability, Appl. Microbiol. Biotechnol., 62, 586-593, 2003.
2. Wilen B.M., Balmer P., The effect of dissolved oxygen concentration on the structure, size and size distribution of activated sludge flocs. Water Research, 33 (2), 391-400, 1999.
3. Morgan-Sagastume F., Allen D.G., Activated sludge deflocculation under temperature upshifts from 30 to 45 °C, Water Research, 39, 1061-1074, 2005.
4. Morgan-Sagastume F., Allen D.G., Effects of temperature transient conditions on aerobic biological treatment of wastewater. Water Research, 37, 3590-3601, 2003.
5. Krishna C., Van Loosdrecht M.C.M., Effect of temperature on storage polymers and settleability of activated sludge. Water Research, 33 (10), 2374-2382, 1999.
6. Nadarajah N., Allen D.G., Fulthorpe R.R., Effects of transient temperature conditions on the divergence of activated sludge bacterial community structure and function. Water Research, 41, 2563-2571, 2007.
7. APHA., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17th Edition, Washington, D.C., 1989.
8. Palm J.C., Jenkins D., Parker D.S., Relationship between organic loading, dissolved oxygen concentration and sludge settleability in the completely mixed activated sludge process. Journal Water Pollution Control Federation, 52 (19), 2484-2506, 1980.
9. Akça L., Kınacı C., Karpuzcu M., A model for optimum design of activated sludge plants. Water Research, 27 (9), 1461-1468, 1993.
10. Janczukowicz W., Szewczyk M., Krzemieniewski M., Pesta J., Settling properties of activated sludge from a sequencing batch reactor (SBR), Polish Journal of Environmental Studies, 10 (1), 15-20, 2001.
11. Daigger E., Roper E.J.R., The relationship between SVI and activated sludge settling characteristics, Journal Water Pollution Control Federation, 57 (8), 859-866, 1985.