

**itüdergisi/e**  
**su kirlenmesi kontrolü**  
Cilt:20, Sayı:1, 57-65  
Mayıs 2010

# Biyolojik arıtma çamurlarının aerobik stabilizasyonunun değerlendirilmesi

**Emine UBAY ÇOKGÖR\***, **Elif PEHLİVANOĞLU-MANTAŞ**, **Didem OKUTMAN TAŞ**,  
**Güçlü İNSEL**, **Egemen AYDIN**, **Tuğba ÖLMEZ-HANCI**, **Erdem GÖRGÜN**

*İTÜ İnşaat Fakültesi, ÇevreMühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul*

## Özet

Ülkemizde uygulanan çevre mevzuatı gerekleri, atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamurun arıtımını ve nihai uzaklaştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Evsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurları üzerinde yapılan analizler sonucu, bu çamurların özellikle toplam ve çözünmüş organik karbon değerlerinin yönetmelikteki değerleri sağlamadığı ve çamurların bu parametreler bakımından tehlikeli atık sınıfında değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışma kapsamında Marmara Bölgesi'nde yer alan çeşitli evsel ve endüstriyel arıtma tesisinden kaynaklanan çamurların organik madde içerikleri değerlendirilmiş ve bu çamurların stabil hale getirilmesi için aerobik stabilizasyon işlemi uygulanmıştır. Aerobik stabilizasyon reaktörlerinde, 15 gün süreyle organik madde içeriklerinin değişimi UAKM, TOK ve ÇOK parametreleri esas alınarak ve evsel çamur numuneleri için zehirlilik parametresi de dikkate alınarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre aerobik stabilizasyon sonunda genel olarak TOK değerleri azalırken, ÇOK değerlerinde çamur numunelerine bağlı olarak artış ya da azalmalar gözlenmiştir. İncelenen evsel çamurların ikisinde de TOK konsantrasyonu %50'den daha fazla azalırken ÇOK değerlerinde artış tespit edilmiştir. Endüstriyel atıksu arıtma çamurları arasında en yüksek TOK giderimi %62 ile Nevresim Endüstriyel çamurunda gözlenmiş olup, bu endüstri ÇOK gideriminde de en yüksek verimi sağlamıştır. Elde edilen bu sonuçlar ışığında, aerobik stabilizasyon işleminin uygulanma aşamasından önce her tesis için ayrıca değerlendirme yapılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Her çamur örneği için standartların sağlanması aerobik stabilizasyon ile mümkün olamamasına rağmen, bu işlemin bazı organik maddelerin giderilmesini sağladığı aerobik stabilizasyon sonrasında evsel numunelerdeki zehirliliğin tamamen giderilmesi ile ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Çamur, stabilizasyon, aerobik, evsel- endüstriyel-tehlikeli atık.

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Emine UBAY ÇOKGÖR. [ubay@itu.edu.tr](mailto:ubay@itu.edu.tr); Tel: (212) 285 65 76.

Bu makale 04-06 Bu makale, 04-06 Kasım 2009 tarihleri arasında İzmir'de düzenlenen 2. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu'nda sunulan bildiriler arasından, İTÜ Dergisi/e Su Kirlenmesi Kontrolü dergisinde basılmak üzere seçilmiştir. Makale metni 19.12.2009 tarihinde dergiye ulaşmış, 02.04.2010 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.10.2010 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

## Evaluation of aerobic stabilization of biological treatment sludges

### Extended abstract

The main waste-product of the biological wastewater treatment processes is the excess sludge which needs to be disposed properly to prevent the entry of the pollutants back into the water cycle, especially after the disposal of the wasted sludge cakes into the landfill area. During the adaptation period of European Union membership of Turkey, the increase in the number of both municipal and industrial Wastewater Treatment Plant (WWTP) due to the stringent new regulations for wastewater treatment will pose more significant sludge disposal and sanitation problems in the future for Turkey. Treatment and ultimate disposal of domestic and industrial wastewater treatment plant sludges is obligated according to the regulations in Turkey. Treatment sludges categorized in three different groups namely: inert sludge, non-hazardous sludge and hazardous sludge according to the characteristics of the sludge. The total organic carbon (TOC) concentration of the sludge itself and dissolved organic carbon (DOC) concentration in the eluent of the sludge are mainly used for this classification. The higher levels of TOC and DOC values qualifies the domestic and industrial wastewater treatment sludges as hazardous sludge. The principal objective of sludge treatment is its stabilization, that is a controlled decomposition of easily degradable organic matter resulting in a significant reduction of volatile suspended solids (VSS) content, a change of an unpleasant smell into an earthy one, and an elimination of sludge putrescibility. Aerobic biological stabilization at ambient conditions has traditionally been undertaken for the stabilization of treatment sludges originated from both domestic and industrial wastewater treatment plants.

In this study the characterization of the different treatment sludges originated from domestic and industrial wastewater treatment plants in Turkey was investigated and the stabilization level of these sludges was evaluated by using aerobic stabilization process. The stabilization level of sludges was evaluated by monitoring the VSS, TOC and DOC content of the sludge. Moreover, ecotoxicological assays were conducted on domestic wastewater treatment plant sludges to observe the effect of stabilization on the toxicity. Respirometric and modeling studies were also performed to assess the decrease in the organic content of the domestic wastewater

treatment plant sludge during aerobic stabilization. The results of analysis conducted on the sludge itself and sludge eluent indicated that the sludges are in hazardous nature. These results suggest that the treatment sludge generated from both domestic and industrial treatment plants have to be stabilized before ultimate disposal. During the course of the aerobic stabilization experiments, VSS, TOC and DOC measurements were performed at the beginning and 15 days after the beginning (at the end of the stabilization experiment) in order to monitor the extent of VSS, TOC and DOC removal. Measured TOC and DOC concentrations during the stabilization experiments of studied treatment sludges did not show a consistent trend during the 15 days of stabilization. However, the stabilization of the industrial wastewater treatment plants sludges showed a parallel stabilization to the domestic sludge. However, it is important to conduct laboratory studies prior to the application of aerobic stabilization to a treatment plant on the case basis. The acute toxicity as  $EC_{20}$  (%) and  $EC_{50}$  (%) shows the toxic value in terms of effective concentrations (%) of tested solutions that result in 20 and 50% of bioluminescence decrease. The  $EC_{20}$  and  $EC_{50}$  values were found between 0.3 and 7.3% for the studied raw domestic sludges which is in accordance with the literature data. Significant decrease in the toxicity of domestic wastewater treatment plant sludges were observed at the end of the 15 days of aerobic stabilization. The evaluation of the results obtained in this study showed that aerobic stabilization could be an alternative for stabilization of sludges originated from domestic and industrial wastewater treatment plants. However, the organic content of the sludges mainly depend on the influent wastewater characterization of wastewater treatment plant which affects the stabilization performance. Sludge stabilization results indicate higher VSS, TOC and DOC removal efficiencies for domestic wastewaters compared to the industrial sludges. Although aerobic stabilization was not successful for the compliance with the standards in each case, the removal of toxicity exerted by sludges after 15 day-stabilization suggest that at least some toxic organic material has been successfully biodegraded during the stabilization. In order to provide appropriate municipal and industrial sludge management in Turkey, more elaborate research and engineering experience should be gained.

**Keywords:** Sludge, stabilization, aerobic, domestic-industrial-hazardous waste.

## **Giriş**

Atıksu arıtma tesislerinde (AAT) oluşan çamurun miktarı işlem gören atıksuya oranla çok düşük hacimlere sahip olsa da bu çamurun bertarafı toplam işletme maliyetinin %50'sinden fazlasını oluşturmaktadır (Vesilind ve Spinosa, 2001). Atıksu arıtma tesislerinden gelen çamur genellikle sıvı veya yarı katı özellikte olup ağırlıkça %0.25-12 katı içermektedir (Tchobanoglous vd., 2003). Çamurların atık çamur keki şeklinde nihai bertarafa verilmeden önce yaratabilecekleri problemlerin en aza indirilmesi amacıyla arıtılması gerekmekte olup, çamurun stabilizasyonu çamur arıtımında karşılaşılan en büyük problemlerden biridir (Spinosa, 2007).

Şu anda ülkemizde yürürlükte olan Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne (TAKY, 2005) göre atıklar inert, tehlikesiz ve tehlikeli olmak üzere üç sınıfta toplanmıştır. Yapılan çalışmalar, evsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamurların bir çoğunun diğer parametreleri sağlasalar bile Ek-11A'da verilen toplam organik karbon (TOK) ve çözünmüş organik karbon (ÇOK) değerleri sebebiyle (Tablo 1), tehlikeli atık olarak nitelendirileceğini ortaya koymuştur (Eldem vd., 2006; Uk vd., 2005; Pehlivanoglu-Mantas vd., 2007; Görgün vd., 2008). Çamurların tehlikeli atık sınıfında değerlendirilmesi ise çamurun nihai uzaklaştırılmasında depolama alanlarına gönderilmesine engel teşkil etmektedir.

Çamurun nihai depolama alanlarına gönderilmeden önce tabii tutulabileceği işlemlerden biri olan aerobik stabilizasyon hizmet verilen kişi sayısının 50000 eşdeğer nüfustan küçük olması durumunda tercih edilmektedir (Nowak, 2006). Aerobik stabilizasyon ile çamurun organik madde içeriği azaltılmakta, aynı zamanda çamurda koku ve patojen mikroorganizma giderimi de sağlanmaktadır (Arnaiz vd., 2006).

Bu çalışmada Marmara Bölgesi'nde yer alan çeşitli evsel ve endüstriyel arıtma tesisinden kaynaklanan arıtma çamurları incelenerek organik madde içerikleri Ek-11A'ya göre değerlendirilmiştir. Buna ilave olarak çamurlara aerobik stabilizasyon uygulanmış ve organik madde içe-

riklerinin değişimi uçucu askıda katı madde (UAKM) ve TOK parametreleri esas alınarak incelenmiştir. Evsel arıtma çamurunun aerobik stabilizasyon ile heterotrofik biyokütle aktivitesinin azalması ve UAKM giderimi arasındaki ilişki modelleme ve respirometrik değerlendirmeler ışığında belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca aerobik stabilizasyonun evsel atıksu arıtma tesislerinden elde edilen çamurların zehirliliğine etkisi de incelenmiştir.

## **Materyal ve metot**

### **Çamur numuneleri**

Çalışma kapsamında numune alınan atıksu arıtma tesislerinin özellikleri Tablo 2'de verilmektedir.

### **Aerobik stabilizasyon çalışmaları**

Aerobik çamur stabilizasyonu için  $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$  sabit sıcaklıkta 5 L silindir reaktörler kullanılmıştır. Reaktörlerdeki çözünmüş oksijen konsantrasyonu hava taşları kullanılarak en az 2 mg/L sürekli olarak sağlanmıştır. Sodyum bikarbonat olacak şekilde muhafaza edilmiştir. Ayrıca, reaktörlerin tam karışımı manyetik karıştırıcılar ile ( $\text{NaHCO}_3$ ) ilavesi ile pH  $7 \pm 0.5$  seviyesinde tutulmuştur. Gerekli durumlarda pH kontrolü 0.1 N HCl ve 0.1 N NaOH çözeltileri ile sağlanmıştır.

### **Kimyasal ölçümler**

Reaktörlerde tam karışımdan alınan çamur örneklerinde askıda katı madde (AKM) ve UAKM parametreleri Standart Metotlar (APHA, 2005) uyarınca tayin edilmiştir. TOK ve ÇOK ölçümleri ise yüksek sıcaklıkta yanma sağlayan Shimadzu TOC V<sub>CPN</sub> enstrümanı ile Türk Standartları (TS 8195) uyarınca gerçekleştirilmiştir. Reaktörlerden tam karışımdan alınan çamur numuneleri 5000 rpm'de 5 dakika süre ile santrifüj edilerek çamur keki oluşturulmuş ve deneyler Katıdan Özütleme Analizi (TS EN 12457-4:2003) uyarınca gerçekleştirilmiştir.

Gerçek ve laboratuvar ortamında oluşturulan çamur keki örneklerinde su muhtevası parametresi Standart Metotlar (APHA, 2005) uyarınca tayin edilmiştir. Zehirlilik deneyleri için Biotox kitleri kullanılmış olup bu deneyler aerobik stabilizasyonun başında ve sonunda oluşturulan

Tablo 1. Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği Ek-11A'da verilen atık sınıflandırması

	İnert Atık	Tehlikesiz Atık	Tehlikeli Atık
<b>Eluat Kriterleri L/S=10 L/kg</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>(mg/L)</b>	<b>(mg/L)</b>
<b>ÇOK<sup>(1)</sup></b>	$\leq 50$	50-80	< 80-100
<b>Orijinal atıkta bakılacak kriterler</b>	<b>(mg/kg)</b>	<b>(mg/kg)</b>	<b>(mg/kg)</b>
<b>TOK</b>	$\leq 30000$ (% 3)	50000 (% 5)- pH $\geq 6$ <sup>(2)</sup>	60000 (% 6)

(1) ÇOK limit değeri atığın kendi pH değerinde sağlanamıyorsa, pH 7.5 – 8.0 değerinde test tekrarlanmalı ve limit değerin aşılmadığı tespit edilmelidir.

(2) Tehlikesiz jips bazlı atıkların evsel atık düzenli depolama sahalarında çözünebilir atıkların kabul edilmediği ayrı bir hücrede depolanması gerekir. Jips bazlı atıklarla birlikte depolanacak atıkların bu limitleri sağlaması gerekir.

Tablo 2. İncelenen arıtma tesislerinin işletim koşulları

	Örnek	Ortalama debi (m <sup>3</sup> /gün)	Çamur yaşı (gün)
AE1	Evsel	60000	17
AE2	Evsel	210000	2
AE3	İlaç	30	>50
AE4	Perde	1800	15
AE5	Nevresim	2500	17

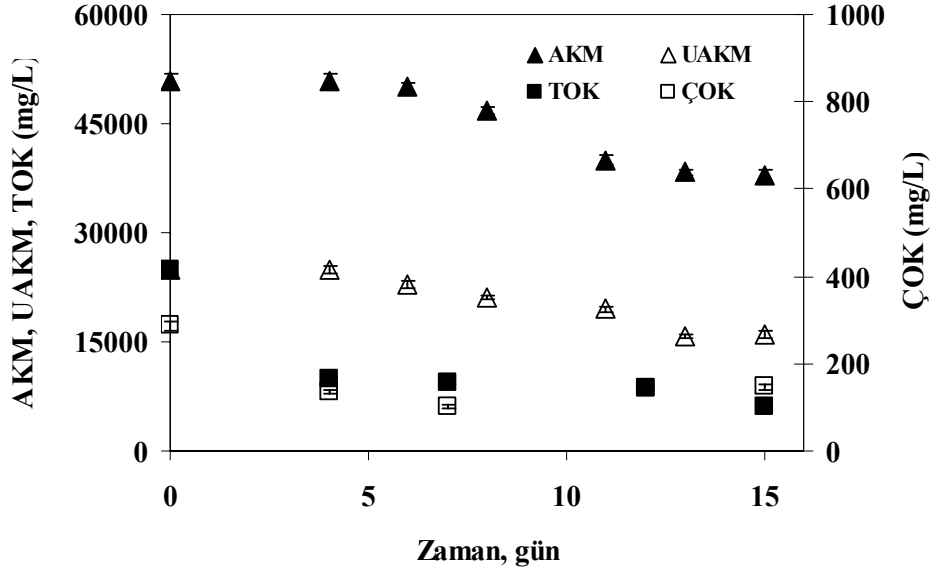
çamur keklerinin santrifüj edilmesiyle elde edilen eluatta yapılmıştır (ISO 11348-3; Deheyn vd., 2004 ). Oksijen Tüketim Hızı (OTH) ölçümünde Applitek Ra-Combo respirometre cihazı kullanılmıştır. Deney koşulları ve heterotrofik aktif biyokütle hesabında kullanılan kabuller daha önce çeşitli makalelerde ayrıntılı olarak verilmiştir (Pehlivanoglu-Mantas vd., 2007; Çokgör vd., 1998).

### DeneySEL sonuçlar ve değerlendirme

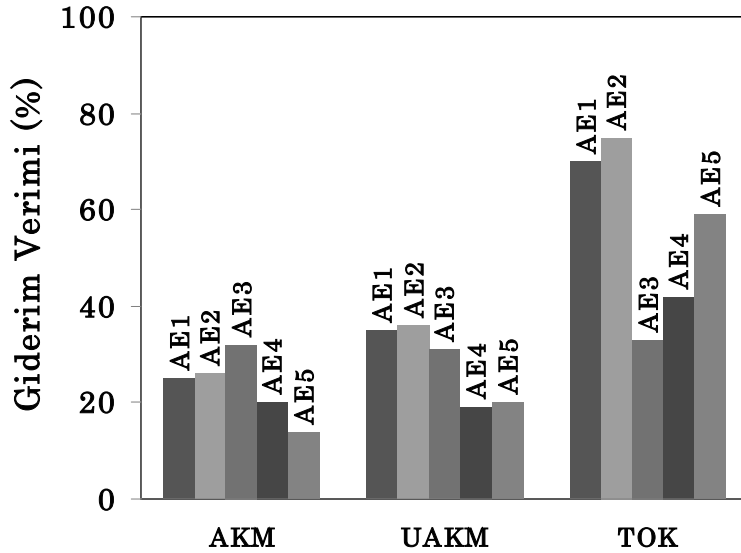
Çalışmada incelenen evsel ve endüstriyel arıtma tesisi çamurları organik madde içeriklerine göre değerlendirildiğinde Tablo 1'de verilen atık sınıflandırmasına göre tehlikeli atık sınıfına girmektedir. Bu durumda bu çamurların nihai olarak uzaklaştırılmasında depolama alternatifinin kullanılabilmesi için çamurların TOK ve ÇOK değerlerinin azaltılarak Tablo 1'de inert ya da tehlikeli olmayan atıklar için verilen değerlere indirilmesi gerekmektedir. Çamurların stabil hale getirilmesi için çeşitli biyolojik ya da kimyasal arıtma yöntemleri mevcut olup, bu çalışma kapsamında, incelenen bütün evsel ve endüstriyel nitelikteki çamurlara aerobik stabilizasyon işlemi uygulanmıştır. Oluşturulan reaktörlerde,

15 gün süresince evsel ve endüstriyel nitelikli çamurlardaki organik madde değişimi takip edilmiştir. 15 günlük stabilizasyon süresince AKM, UAKM, TOK, ve ÇOK konsantrasyonlarındaki değişim profillerine örnek olarak evsel nitelikteki arıtma çamuru numunesi (AE2) için Şekil 1'de verilmiştir. Bütün numuneler için 15 günlük aerobik stabilizasyon sonucunda reaktör içinden alınan numunelerde ölçülen organik madde parametrelerindeki giderim verimleri Şekil 2'de verilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde, farklı tesislerden alınmış olmasına ve bu tesisler farklı çamur yaşlarında işletilmesine rağmen, AKM, UAKM ve TOK giderim verimlerinin evsel atıksu arıtma tesisi çamurları için çok benzer olduğu görülmüştür. Evsel AAT çamurlarındaki UAKM ve TOK giderim verimleri, incelenen endüstriyel AAT çamurlarından fazla olup, özellikle yüksek TOK giderimi elde edilmiştir. Bu sonucun evsel çamurun endüstriyel çamurlara kıyasla daha kolay ayrışabilir yapıda olmasından kaynaklanmaktadır. Endüstriyel tesisler arasında en yüksek UAKM giderimi en yüksek çamur yaşına sahip olmasına rağmen AE3'de gözlenmiştir.



Şekil 1. Stabilizasyon süresince evsel çamur numunesi (AE2) AKM, UAKM, TOK ve ÇOK konsantrasyonlarındaki değişim



Şekil 2. Aerobik çamur stabilizasyonunun genel bir değerlendirilmesi (Reaktör performansı)

Ancak reaktör içinden alınan numunelerdeki ÇOK miktarında stabilizasyonun sonunda bir artış gözlenmiştir.

Reaktörden alınan numunelerde gerçekleştirilen ÇOK ölçümleri sonucunda AE1 ve AE2’de herhangi bir değişim gözlenmemiş, AE3 numunesinde ise ÇOK konsantrasyonu %30 civarında artmıştır. AE4 ve AE5 numunelerinde ise ÇOK konsantrasyonlarında azalma gözlenmiş olup bu azalma sırasıyla %20 ve %50 şeklindedir.

Yönetmelik kapsamında tehlike atık değerlendirilmesinde orijinal atık ve bu atığın eluatında ölçülmüş TOK ve ÇOK değerleri baz alındığından, 15 günlük stabilizasyon sonucunda laboratuvarında oluşturulan çamur numunelerinin TOK ve ÇOK değerleri de Tablo 1’te verilmiştir. Bu sonuçlara göre stabilizasyon sonunda genel olarak TOK değerleri azalırken, ÇOK değerlerinde numuneye bağlı olarak artış ya da azalmalar gözlenmiştir. Evsel çamurların ikisinde de TOK konsantrasyonu %50’den daha fazla azalmış,

ama iki numunede de ÇOK değerleri artmıştır. Endüstriyel atıksu çamurları arasında en yüksek TOK giderimi %62 ile Nevresim Endüstrisi çamurunda gözlenmiş olup, bu endüstri ÇOK giderimde de en yüksek verimi sağlamıştır. Benzer ama tam ters yöndeki eğilim ilaç endüstrisi için gözlenmiş olup TOK konsantrasyonu sadece %6 azalırken ÇOK konsantrasyonu neredeyse 6 kat artmıştır.

Evsel atıksu arıtma tesislerinden alınan çamurların aerobik stabilizasyona tabii tutulması ile zehirliliklerde meydana gelen değişiklikler EC<sub>20</sub> (%) ve EC<sub>50</sub> (%) olarak Tablo 4'te verilmiştir. EC<sub>20</sub> (%) ve EC<sub>50</sub> (%) değerleri bakterilerin biyoşınımlarını %20 ve %50 oranında azaltan akut toksisiteye tekabül eden efektif konsantrasyon olup bu değerler evsel atıksu arıtma tesisleri çamurları için literatürde elde edilmiş olan 0.31±0.08 ve 2.05±0.23 değerleri ile benzeşmektedir (Mantis vd., 2005). 15 günlük aerobik stabilizasyon sonucunda elde edilen çamurlar iki evsel çamur numunesi için de zehirli bir özellik göstermemektedir. Atıksu çamurlarında zehirlilik çeşitli organik ya da inorganik maddelerden kaynaklanabilmekle birlikte, elde edilen sonuçlar t:0 anında zehirliliğe neden olan maddelerin aerobik stabilizasyon ile parçalanabilen yapıda organik bileşikler olduğunu göstermektedir.

Heterotrofik aktif biyokütle, ortalama giriş KOİ karakterizasyonunu ve işletme koşullarını kullanarak arıtma tesisinin simülasyonu ile Aktif Çamur Modeli No: 1 (uyarlanmış içsel solunum yaklaşımı) uyarınca tayin edilmiştir. AAT2 çamuru üzerinde 20 günlük bir aerobik çürütmenin sonunda, aktif biyokütle fraksiyonundaki azalma ile UAKM giderimi arasındaki ilişkiyi bulmak için biyokütlenin aktif fraksiyonu simülasyon ile hesaplanmış ve çamurda yürütülen ÇOK/TOK deneyleri ile karşılaştırılmıştır. Tablo 5'de kararlı durum koşulları ve 20 günlük aerobik stabilizasyon için deneysel UAKM, OTH (Şekil 3), TOK/ÇOK ve simüle edilmiş heterotrofik aktif biyokütlenin (X<sub>H</sub>) konsantrasyonları verilmiştir. Simülasyondan sonra, yoğunlaşmış çamurda ölçülen UAKM ve OTH için deneysel sonuçlara benzer değerler elde edilmiş ve modelin aktif çamur sistem davranışlarını tanımlayabileceği sonucuna ulaşılmıştır. AAT2 için 20 günlük aerobik stabilizasyondan sonra heterotrofik aktivite simülasyon sonuçlarına göre yaklaşık %85 azalmıştır. Spesifik UAKM giderimi olarak tanımlanan birim günlük kişi başına UAKM yükü çamurun stabilize olduğunun bir göstergesi olarak kullanılabilir (Nowak vd., 1996; 1999). Birim günlük kişi başına UAKM yükünün 16-22 gram olması çamurların stabilize olmuş olduğunu gösterir. Şekil 4'te

Tablo 1. Aerobik stabilizasyonun incelenen arıtma çamurlarının organik madde içeriklerine etkisi

	TOK (mg/kg)		ÇOK (mg/L)	
	t:0	t:15 gün	t:0	t:15 gün
AAT1-Evsel	80000	36000	70	170
AAT2-Evsel	56000	19000	550	650
AAT3-İlaç	70000	66000	150	1000
AAT4-Perde	90000	66000	565	427
AAT5-Nevresim	55775	21405	1345	595

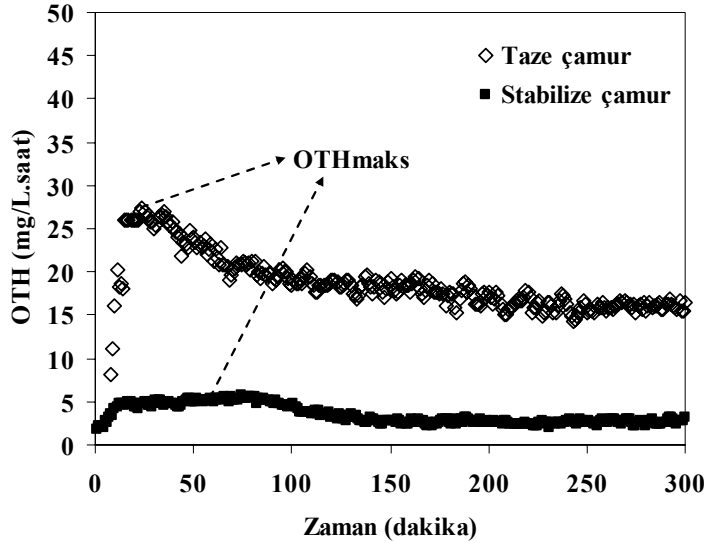
Tablo 2. Evsel atıksu arıtma tesisi çamurları için aerobik stabilizasyonun zehirliliğe etkisi

Numune	EC <sub>20</sub> (%)		EC <sub>50</sub> (%)	
	t=0	t=15	t=0	t=15
AE1	2	>100	7.3	>100
AE2	0.3	>100	1.2	>100

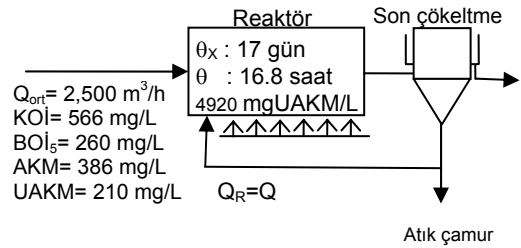
Tablo 5. Aerobik stabilizasyon boyunca aktif biyokütle ile TOK/ÇOK ve UAKM giderimlerinin karşılaştırılması (AAT1)

	UAKM (mgUAKM/L)	OTH <sub>maks0</sub> * (mgO <sub>2</sub> /L·sa)	TOK <sub>0</sub> (mg/L)	ÇOK <sub>0</sub> (mg/L)	X <sub>H</sub> * (mgKOİ/L)
Taze çamur (süre=0 gün)	8200	22	14950	116	4270
Stabilize çamur (süre=20 gün)	5735	3	3920	360	575

\*Simulasyonlarda kullanılan parametreler: Heterotrofik dönüşüm oranı,  $Y_H=0.67$  g hücreKOİ/gKOİ; İçsel solunum hızı,  $b_H=0.1$  gün<sup>-1</sup>; Maksimum çoğalma hızı,  $\hat{\mu}_H=3.5$  gün<sup>-1</sup>; İnert içsel biyokütle bileşeni,  $f_E=0.2$ ; KOİ/UAKM=1.48 ve UAKM/AKM=0.85



(a)



(b)

Şekil 3. a) AAT2 çamuru için zamana karşı OTH değişimi b) AAT1 akım şeması

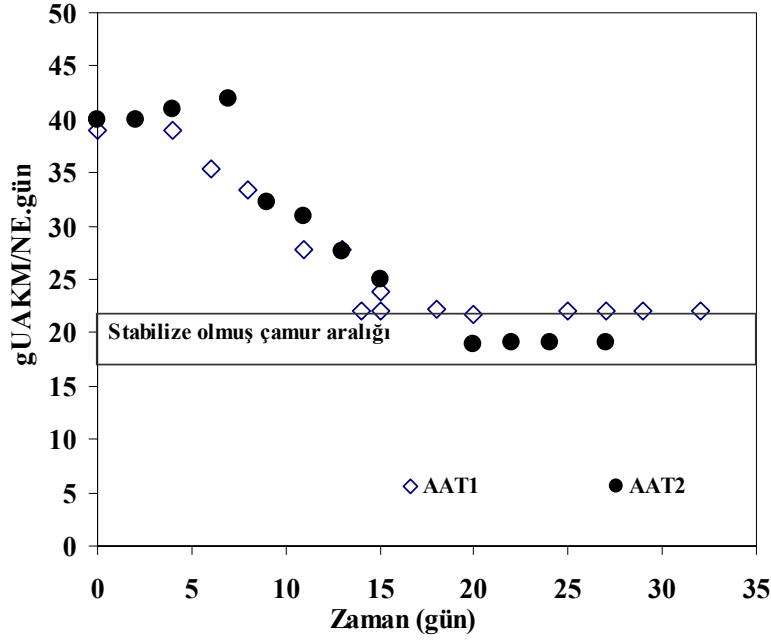
evsel AAT çamurlarının kişi başına UAKM giderimleri verilmiştir. Evsel çamur için 15 günlük bir aerobik stabilizasyon işlemi sonunda bu değer in sağladığı gözlenmiştir.

## Sonuçlar

Atıksu arıtımında oluşan çamurların nihai uzaklaştırılmasından önce, çamurların uzaklaştırılma sonrası çevreye yapabileceği olumsuz etkilerin azaltılması ve önlenmesi amacıyla stabilizasyonu gereklidir. Literatürde çamurların stabilize olduğunu gösteren çeşitli parametreler mevcut olup, bu çalışmada fiziko-kimyasal parametrelerden UAKM/AKM ve TOK/ÇOK konsantrasyonlarındaki azalma ve spesifik UAKM giderimi ile metabolik parametrelerden OTH parametresi incelenmiştir. Atıksu arıtma tesislerinde oluşan keklerdeki TOK ve ÇOK değerlerine göre tehlikeli atık olarak değerlendirilen evsel ve

endüstriyel biyolojik atık çamurlara uygulanan aerobik stabilizasyon sonunda atık çamurların düzenli depolama alanlarına depolanması ile ilgili ana kriterlerden biri olan çamur keki TOK ve ÇOK değerlerinin reaktör içinden alınan numunelerden oluşturulmuş keklerde ölçümü, çamurun Türkiye'deki yönetmeliklere göre tehlikeli atık sınıfından çıkamadığını ortaya koymuştur. Ancak, aerobik stabilizasyonun olumlu etkisi evsel çamurların zehirliliğinin ortadan kaldırılması şeklinde de gözlenmiştir. AB direktifinden doğrudan tercüme edilmiş olan çamur yönetmeliğinin evsel atıksu karakterizasyonu Avrupa'dan çok farklı olan Türkiye'de kullanılması uygun olmayabilir.

Türkiye'deki atıksu karakteri Avrupa'ya kıyasla daha kuvvetli olduğu için bu atıksulardan oluşacak çamurların TOK/ÇOK içeriğinin de AB'de



Şekil 4. Spesifik UAKM giderim hızı

oluşan çamurlara göre yüksek olması beklenen bir sonuçtur. Bu durumda eğer uygun ve yeterli bir çamur stabilizasyonu ile atık çamurların Türkiye'deki standartların altına düşmesi gerçekleştirilemiyorsa bu durumda ya evsel ve endüstriyel atıksuların arıtılması sırasında oluşan çamur keklerinin nihai uzaklaştırılmasında diğer uzaklaştırma metotlarının kullanımı ya da Türkiye'de uygulanan Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği uyarınca düzenli depolama alanlarına gönderilme limitleri atık çamurların stabilizasyonu sağlandıktan sonra içerdiği TOK/ÇOK değerleri dikkate alınarak tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bunun için de değişik atıksu karakterizasyonuna sahip atıksuların değişik işletim sistemlerinde arıtımı sonucu oluşan biyolojik atık çamurların stabilizasyonu aerobik ve anaerobik olarak -gerekirse çeşitli ön işlemler de uygulanarak- gerçekleştirilmeli ve stabilizasyonun sağlandığı çeşitli fiziko-kimyasal ve metabolik parametreler ile belirlenmelidir.

## Kaynaklar

- Andreozzi, R., Insola, A., Caprio, V. ve Damore, M.G., (1992). Quinoline ozonation in aqueous-solution, *Water Research*, **26**, 639-643.
- APHA, (1989). Standard methods for examination of water and wastewater, 17<sup>th</sup> edition, American Public Health Association, Washington D.C.

- APHA, AWWA, WEF, (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater, 21<sup>st</sup> edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington D.C.
- Arnaiz, C., Gutierrez, J.C. ve Lebrato, J., (2006). Biomass stabilization in the anaerobic digestion of wastewater sludges, *Bioresource Technology*, **97**, 1179-1184.
- Cokgor, E.U., Sözen, S., Orhon, D. ve Henze, M., (1998). Respirometric analysis of activated sludge behaviour I. assessment of the readily biodegradable substrate, *Water Research*, **32**, 2, 461-475.
- Deheyn, D.D., Bencheikh-Latmani, R. ve Latz, M.I., (2004). Chemical speciation and toxicity of metals assessed by three bioluminescence-based assays using marine organisms, *Environmental Toxicology*, **19**, 3, 161-178.
- Eldem, N., Ayaz, S., Alp, K. ve Ozturk I., (2006). Experimental characterization of wastewater treatment plant sludges, 10<sup>th</sup> Industrial Pollution Control Symposium, Istanbul, Turkey.
- Görgün, E., Ubay Çokgör, E., İnsel, G., Pehlivanoglu-Mantas, E., Erginbaş, B. ve Çığgın, A., (2008). Zorluteks tekstil nevresim ve perde fabrikaları arıtma çamurlarının yönetimi projesi, Sonuç Raporu.
- Hoigné, J. ve Bader, H., (1977a). Ozonation of water: selectivity and rate of oxidation of solutes, *Proceedings, 3<sup>rd</sup> IOA Congress, Paris, France*.



- ISO 11348-3, (1999). Determination of the inhibitory effect of water samples on light emission of *Vibrio Fischeri* (Luminescent Bacteria Test).
- Mantis, I., Voutsas, D. ve Samara, C., (2005). Assessment of the environmental hazard from municipal and industrial wastewater treatment sludge by employing chemical and biological methods, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **62**, 397-407.
- Nowak, O., Franz, A., Svoldal, K. ve Müller, V., (1996). Specific organic and nutrient loads in stabilized sludge from municipal treatment plants, *Water Science and Technology*, **33**, 12, 243-250.
- Nowak, O., Svoldal, K., Franz, A. ve Kuhn, V., (1999). Degradation of particulate organic matter-A comparison of different models concepts, *Water Science and Technology*, **39**, 1, 119-127.
- Nowak, O., (2006). Optimizing the use of sludge treatment facilities at municipal WWTPs, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, **41**, 1807-1817.
- Pehlivanoglu-Mantas, D., Okutman Tas, D., Insel, G., Aydın, E., Ozturk, D.C., Olmez, T., Görgün, E., Cokgor, E.U. ve Orhon, D., (2007). Evaluation of municipal and industrial wastewater treatment sludge stabilization in Istanbul, *Clean-Soil Air Water*, **35**, 6, 558-564.
- Spinosa, L., (2007). Wastewater sludge: A global overview of the current status and future prospects, IWA Publishing, London, UK.
- TAKY, (2005). *Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği*, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L. ve Stensel, H.D., (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse*, Mc Graw Hill Press, New York U.S.
- TS 8195, (2000). Su kalitesi – Toplam organik karbon (TOK) ve çözülmüş organik karbon (ÇOK) ölçümü.
- EN 12457-4, (2004). Characterisation of waste - Leaching - Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges - Part 4: One stage batch test at a liquid to solid ratio of 10 L/kg for materials with particle size below 10 mm (without or with size reduction).
- Uk, C., Erdogan, I., Saritemur, R., Deniz, O. ve Ozdemir, S., (2005). Sludge treatment in Istanbul, 1. National Treatment Sludge Symposium, ACM2005, Izmir, Turkey.
- Vesilind, P.A. ve Spinosa, L., (2001). Production and regulations, Ch. 1 in *Sludge into Biosolids*. IWA, London.