

**POSSIBLE OPERATING PROBLEMS AND THEIR SUGGESTED SOLUTIONS  
FOR TREATMENT OF POULTRY MANURE WASTEWATER BY  
ANAEROBIC SLUDGE BED REACTOR****Kaan YETİLMEZSOY, Emel KOÇAK\*, Süleyman ŞAKAR***Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Esenler-İSTANBUL***Received/Geliş: 31.08.2009 Revised/Düzeltilme: 22.06.2010 Accepted/Kabul: 09.07.2010****ABSTRACT**

In this study, possible operating problems for treatment of poultry manure wastewater by two identical 15.7-L anaerobic sludge bed reactor were appraised in a lab-scale study. It was aimed to provide a background information for the industrial-scale plants. In the scope of this study, the influences of several process-related operating problems such as manure odor, up-flow velocity, sludge problem, and raw manure characteristics were examined. With high up-flow velocities (1.40–1.96 m/h), both sludge bed and blanket were clearly observed to be expanded, and therefore the expected contact between the granular biomass and the poultry manure was not provided. Similarly, with low up-flow velocities (0.21–0.42 m/h), some dead zones were recorded in the sludge bed, probably due to low hydraulic conditions. Therefore, taking into account both the literature findings and the hydraulic behaviour of the present system, the most suitable up-flow velocity was determined to be 0.70 m/h in this study. Based on the authors' experimental observations, as well as on the relevant literature, possible solutions for other operating problems were proposed and the obtained results were discussed.

**Keywords:** Poultry manure, anaerobic sludge bed reactor, anaerobic digestion, operating problems.

**TAVUK ÇİFTLİĞİ ATIKLARININ HAVASIZ ÇAMUR YATAKLI REAKTÖRDE  
ARITILMASINDA KARŞILAŞILMASI MUHTEMEL İŞLETME PROBLEMLERİ VE ÇÖZÜM  
ÖNERİLERİ****ÖZET**

Bu çalışmada, tavuk çiftliklerinden kaynaklanan atıkların her biri 15,7 L aktif hacimli iki adet havasız çamur yataklı reaktör sisteminde arıtılmasında karşılaşılabilecek muhtemel işletme problemleri laboratuvar ölçeğinde incelenmiştir. Elde edilen sonuçların sanayi ölçekli tesisler için bir altyapı oluşturması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında, koku problemi, yukarı akış hızı, çamur problemi ve ham atık içeriği gibi bir çok proses kaynaklı işletme problemi ele alınmıştır. Yüksek akış hızlarında (1.40–1.96 m/saat) çamur yatağının ve çamur örtüsünün normalden daha fazla genişlediği ve tavuk atıkları ile granüler aşı çamuru arasında yeterli temas sağlanmadığı görülmüştür. Benzer şekilde, düşük yukarı akış hızı denemelerinde (0.21–0.42 m/saat) ise düşük hidrolik şartlar sebebiyle ölü bölge oluşumlarının başladığı görülmüştür. Bu sebeple yukarı akış hızı, literatür verileri ve sistemin hidrolik özellikleri göz önüne alınarak, reaktöre tabandan yukarı akışlı olarak yapılan beslemelerde en uygun akış hızı 0.70 m/saat olarak belirlenmiştir. Çalışma süresince elde edilen gözlemler ve literatür bilgileri esas alınarak, olası diğer işletme problemlerine çözüm önerileri getirilmiş ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Tavuk atıkları, havasız çamur yataklı reaktör, havasız arıtma, işletme problemleri.

\*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: ekocak@yildiz.edu.tr, tel: (212) 383 53 70

## 1. GİRİŞ

Tavukçuluk sektöründeki teknolojik gelişmeler ve sektörde sağlanan yapısal değişiklikler ile ülkemizde geleneksel köy tavukçuluğunun yerini hızla ticari ve endüstriyel tavukçuluk işletmeleri almıştır. Türkiye’de tavukçuluk alanında kullanılan teknolojiler, tarımsal faaliyetin diğer dallarına nazaran daha yüksek düzeyde olup, özellikle son yıllarda beyaz et tüketimi ülkemizde hızla artmaktadır. Bilhassa ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde tavuk çiftliklerinden kaynaklanan atıkların sebep olduğu çevre kirliliğinin azaltılması ve kirlenmenin giderilmesi konusunda, uygulamaya yönelik çözüm alternatifleri hemen hemen bulunmamaktadır [1]. Ülkemizde, hayvansal atıkların bir kısmı kırsal kesimlerde yakacak olarak kullanılmakta olup, kalan büyük bir kısmı ise bilinçsizce ekim alanlarına, meralara, açık alanlara ve akarsulara atılmaktadır [2]. Hayvansal atıkların düzenli bir yönetime tabi tutulmadan kontrolsüz bir şekilde uzaklaştırılması neticesinde, yüzeysel sular ve yeraltı suları kirlenmekte, koku, sinek ve haşereler oluşmakta ve bununla birlikte ciddi çevresel problemler ve hastalıklar meydana gelmektedir [1].

Son yıllarda evsel atıksular, gıda işleme ve kâğıt endüstrisi atıksuları başta olmak üzere organik menşei pek çok atık ve atıksular hem havasız olarak arıtılmakta hem de biyogaz üretimiyle az da olsa yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar, kümes ve çiftlik hayvanlarından kaynaklanan atıkların havasız sistemlerde başarılı bir şekilde arıtılabildiğini göstermiştir [3]. Bu tür kuvvetli atıkların havasız çürütme sistemlerinde bertaraf edilmesi ve enerji kaynağı olarak değerlendirilmesinin, kirliliği azaltıcı özellikleri yanında gelir getirici birçok avantajları da mevcuttur [4]. Bu konuda Sung ve Santha [5], atıkların zararlı etkilerinin azaltılması ve parçalanma neticesinde tarımsal uygulamalar için besleyicilik özelliği olan kararlı bir ürün oluşturması açısından havasız arıtmanın çift yönlü bir fayda sağladığını ifade etmiştir.

Havasız arıtma sistemlerindeki teknolojik gelişmeler, özellikle havasız temas prosesleri, havasız filtreler, havasız genişleyen/akışkan yataklı reaktörler ve yukarı akışlı havasız çamur yatağı gibi birçok reaktör modelinin tasarımına öncülük etmiştir [6]. Örneğin, yüksek hızlı havasız sistemler (genişleyen/akışkan yataklı reaktörler, sabit yataklı reaktörler), askıda büyüyen ve belli bir yüzeyde bağlanmış şekilde büyüyen prosesler olmak üzere genel olarak iki kademede incelenmektedir [7]. Havasız arıtma sistemleri son yıllarda her ne kadar teknolojik gelişme göstermiş olsa da, her atık tipi için ayrı bir işletme planının ve atık yönetim stratejisinin geliştirilmesi gerekmektedir. Özellikle kümes ve çiftlik hayvanlarından kaynaklanan atıklar, pek çok atık türünden oldukça farklı özellik gösterdiğinden dolayı, hayvansal atıkların havasız arıtılması konusunda yapılacak spesifik araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bilhassa, arıtma sistemlerindeki işletme problemlerinin laboratuvar ölçekli uygulamalarla belirli bir atık tipi için tespit edilmesi, özellikle büyük ölçekli işletmelerde meydana gelmesi olası teknik hataların projelendirme safhasında belirlenmesine yardımcı olacak ve işletme maliyetinin düşürülmesine katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada, spesifik atık tipi olarak seçilen tavuk atıklarının iki adet havasız çamur yataklı reaktör (HÇYR) sisteminde arıtılmasında karşılaşılabilecek muhtemel işletme problemleri laboratuvar ölçeğinde incelenmiş olup, elde edilen sonuçların sanayi ölçekli işletmeler için bir altyapı oluşturması hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlar; tavuk atıklarının muhafazası, atıksu beslemesi, çıkış suyunun toplanması olmak üzere arıtma sürecinin farklı kademeleri için yorumlanmış ve her aşama için çeşitli çözüm önerileri sunulmuştur.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Çalışmada Kullanılan Tavuk Atıklarının Temini ve HÇYR Sisteminin Teknik Özellikleri

Bu çalışmada kullanılan ham tavuk atıkları, İstanbul Silivri’deki Büyükkılıçlı Köyü’nde yumurta tavukçuluğu üretimi yapan orta ölçekli bir tavuk çiftliğinden sisteminden temin edilmiş ve

+4°C'de muhafaza edilmiştir. Araştırmada kullanılan taze tavuk atıklarının genel özellikleri önceki çalışmada verilmiştir [1]. Tavuk çiftliği atıklarının arıtılmasında, R1 ve R2 olarak adlandırılan laboratuvar ölçekli iki adet 15,7 L kapasiteli HÇYR sistemi kullanılmıştır. HÇYR sistemi, 5 mm et kalınlığındaki pleksiglas malzemeden yapılmış olup konik giriş kısmı, silindirik bir gövde, gaz toplama kısmı ve çıkış savağı olmak üzere 4 ana parçadan meydana gelmektedir. Kesik koni şeklinde yapılan konik giriş kısmının (alt ve üst taban iç çapları sırasıyla 5 cm ve 11 cm, yüksekliği 20 cm ve hacmi yaklaşık 1,05 L) üzerinde silindirik bir gövde (iç çapı 11 cm, yüksekliği 1 m ve hacmi yaklaşık 9,50 L) tasarlanmış olup, bu parçalar altta çamur yatağını ve bunun üzerinde çamur örtüsünü taşıyacak şekilde planlanmıştır. Çalışmada kullanılan HÇYR sistemine ait diğer detaylar önceki çalışmada verilmiştir [1].

## 2.2. Çalışmada Kullanılan Aşı Çamurunun Genel Özellikleri

Bu çalışma kapsamında kullanılan granüler aşı çamuru, İstanbul'daki TEKEL Paşabahçe İçki Fabrikası'ndan temin edilmiş olup, her iki HÇYR sistemine (R1 ve R2) yaklaşık 4,5 L koyulmuştur. Reaktörde bulunan aşı çamuru hacmi, 15,7 L'lik aktif reaktör hacminin yaklaşık %28,6'sını oluşturmuştur. Çalışmada kullanılan granüler aşı çamurunun başlangıçtaki TKM miktarı 90,8 g/L olarak tespit edilmiştir. Aşı çamurundaki UKM miktarı, çamurun TKM değerinin yaklaşık %82,3'ü olup 74,7 g/L'dir. Buna göre reaktörler, yaklaşık 336 g UKM muhtevastaki granüler aşı çamuru ile aşılanmıştır [1]. Çalışma kapsamında belirlenen granül çapı ( $d = 1,18$  mm) ve granülün özgül ağırlığı ( $\rho_p = 1075$  kg/m<sup>3</sup>) değerlerine göre gerçekleştirilen hidrodinamik hesaplamalar neticesinde, oda sıcaklığındaki suyun dinamik viskozitesi ( $\mu = 10^{-3}$  kg.m/s veya Pa.s) için granüler aşı çamurunun ortalama terminal çökme hızı ve bu çökme hızındaki Reynolds sayısı sırasıyla 74,16 m/saat ve 24,31 olarak tespit edilmiştir [8, 9, 10].

## 2.3. HÇYR Sisteminin Devreye Alınması ve İşletme Koşulları

Bu çalışmanın ilk aşamasında, granüler aşı çamurunun tavuk atıklarına adaptasyonu maksadıyla dinamik besleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kümülatif olarak 216 gün süren dinamik besleme çalışmalarında, farklı organik ve hidrolik yükleme şartlarıyla oluşturulan besleme koşullarının HÇYR sistemi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu adaptasyon sürecinde, tavuk çiftliklerinden kaynaklanan atıkların laboratuvar ölçekli HÇYR sisteminde arıtılmasında 1+8 (1 kg taze tavuk atığı + 8 L çeşme suyu), 1+6, 1+4 ve 1+2 şeklindeki 4 farklı besleme oranının ve her bir besleme seti için 15,7, 12 ve 8 günlük hidrolik bekletme süresi ( $\theta_h$ , HBS) değerlerinin esas alındığı toplam 12 farklı dinamik besleme durumu esas alınmıştır. Çalışmalarda, 1+8 ve 1+6 değerindeki besleme oranları ile gerçekleştirilen birinci ve ikinci besleme setleri R1 sisteminde, 1+4 ve 1+2 değerindeki besleme oranları ile gerçekleştirilen üçüncü ve dördüncü besleme setleri ise R2 sisteminde çalışılmıştır [1]. HÇYR sisteminde gerçekleştirilen dinamik besleme çalışmalarından sonra, her iki sistem içerisinde kalan ve tavuk atıklarına adapte olmuş aktif granüler aşı çamuru ile çalışmanın ikinci aşamasındaki kararlı hal deneyleri gerçekleştirilmiştir. 1+8 ve 1+6 besleme oranları ile gerçekleştirilen kararlı durum çalışmaları sırasıyla R1 ve R2 sistemlerinde yapılmıştır. Her bir HÇYR sistemi, 1 haftalık alışma süresinden sonra en az  $3 \times \theta_h$  süresi ( $3 \times HBS$ ) boyunca tavuk atıkları ile beslenmiş ve bu süreyi müteakip  $1,5 \times \theta_h$ 'lık kısım ( $1,5 \times HBS$ ), kararlı hal süreci olarak çalışılmıştır. Her bir reaktör sisteminde, 15,7 ve 12 günlük 2 farklı HBS değeri esas alınmış olup kümülatif olarak 280 günlük besleme süreci gerçekleştirilmiştir. Kararlı hal süreci neticesinde elde edilen sonuçlar ve diğer işletme koşulları, önceki çalışmalarımızda özetlenmiştir [1,11]. Çalışmadaki tüm analizler, Su ve Atıksu Analizlerine ait Standart Metotlar'a göre gerçekleştirilmiştir [12].

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Tavuk Atıklarının Muhafazası Esnasındaki Muhtemel Problemler ve Çözüm Önerileri

Bu çalışmada, tavuk atıklarının HÇYR sistemindeki arıtma sürecine ait öncelikli işletme sorunu, koku problemi olarak değerlendirilmiştir. Özellikle, laboratuvar ölçeğinde tavuk atıklarının depolandığı kapların günlük beslemeler için açılması, atıkların seyreltilmesi amacıyla belirli bir bölgeye taşınması ve boşalan muhafaza kaplarına ana stok kaynağından alınan atıkların yeniden istiflenmesi esnasında önemli derecede koku problemi meydana gelmektedir. Bu durum, özellikle sanayi ölçeğinde ciddi boyutlarda bir problem teşkil etmektedir. LPES [13] tarafından yapılan bir araştırmada, depolanan hayvansal atıkların üzerinin siyah renkli plastik ile kapatılması ile koku problemi ve sinek oluşumu gibi işletme problemlerini minimize edebileceği vurgulanmıştır. Bu maksatla, bu çalışma kapsamında kullanılan ham tavuk atıkları, plastik ve sızdırmaz kutularda istiflenmiş ve her bir plastik kutu polietilen torbalar içerisine koyulmuş olup, substrat dekompozisyonunun ve koku probleminin engellenmesi amacıyla bir sanayi buzdolabında +4°C'de muhafaza edilmiştir. Hayvansal atıklardan kaynaklanan koku ve biriktirme problemlerinin laboratuvar ölçeğinde dahi rahatsız edici boyutları dikkate alındığında, özellikle sanayi ölçeğindeki çiftliklerde meydana gelen hayvansal atıklar için yeterli büyüklükte sızdırmaz ve muhafazalı bir depolama tankının inşa edilmesinin, bu kapsamdaki çevresel ve estetik problemlerin çözümünde son derece gerekli olduğu düşünülmektedir.

#### 3.2. Besleme Sıvısının Hazırlanmasındaki Muhtemel Problemler ve Çözüm Önerileri

Kümes ve çiftlik hayvanlarından kaynaklanan atıklar; dışkı, hayvan tüyü, yem, atık su, yatak malzemesi (taş, kum, talaş, tahta parçaları, vs.), yumurta kırıkları ve ölü fraksiyonlar gibi karmaşık bir kompozisyona sahiptir. Bu sebeple hayvansal atıklar, evsel ya da endüstriyel karakterli atıksulardan oldukça farklı özellik göstermektedir [14]. Lorimor vd. [15]'e göre, hayvansal atık karakterizasyonunun hayvanın türü, uygulanan besleme şekli, hayvanın sindirim sistemi, protein ve lif yapısı, hayvanın yaşı, barınma koşulları, üretim kademesi ve diğer çevresel şartlar gibi bir çok faktöre bağlı olduğunu ifade edilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan tavuk atıkları, HÇYR sistemine beslenmeden önce çeşme suyu ile istenilen oranda seyreltilmiş ve düşey bir karıştırıcı vasıtasıyla homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra 1,18 mm çaplı elekten geçirilmiştir. Böylece yukarıda ifade edildiği gibi besleme suyuna karışması muhtemel yatak malzemesi, yumurta kırıkları, kum, taş ve tüy gibi inert maddeler ve safsızlıklar giriş akımından bertaraf edilmiştir. Laboratuvar ölçeğinde, elekten geçirme işlemini gerçekleştirilmeden yapılan basma denemelerinde ise özellikle yüksek organik yüklemelerde ekipmanların (besleme pompası ve pompaya bağlı hortumlar) daha çabuk yıprandığı tespit edilmiştir. Bu durumun pratikte bertaraf edilmesi maksadıyla, ticari ölçekli tesislerde bir mekanik ızgara sisteminin kurulmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, yüksek organik yüklemeye şartlarına viskozitesi oldukça artan bir karışımdan homojen bir besleme sıvısı elde etmek için, besleme tankını karıştıran düşey karıştırıcı daha fazla çalışmakta ve daha fazla enerji harcanmaktadır. Bu nedenle, yüksek organik yüklemeye koşullarında işletilen tesislerin projelendirilme aşamasında aşınmaya dayanıklı ekipmanların seçilmesi ve bu ekipmanlar için periyodik bir bakım programının oluşturulması ömrünün artmasına katkı sağlayacaktır.

Reaktörde optimum biyokimyasal faaliyetlerin sağlanması maksadıyla, besleme sıvısının belirli bir sıcaklık değerinde reaktöre beslenmesi gerekmektedir. Sıcak iklimte sahip bölgelerde bu durum önemli bir problem olarak gözükmesi de, daha soğuk bölgeler için dikkate alınması gereken bir durumdur. Bu çalışmada olduğu gibi ısıtma ile karıştırma işleminin aynı anda uygulanması, söz konusu besleme sıvısında sıcaklık gradyanının oluşmasını engelleyerek besleme sıvısının her noktasında homojen bir sıcaklığın temin edilmesini sağlamaktadır. Ancak, besleme sıvısındaki katı madde muhtevası arttıkça, ısıtma esnasındaki karıştırma işlemi de

zorlaşmaktadır. Özellikle yüksek katı madde sebebiyle oluşan ağır hidrolik koşullar sebebiyle karıştırma işleminde daha yüksek enerji harcanmaktadır. Bu da ilâve bir işletme maliyetine sebep olacaktır. Ancak, artan organik yüklemeye bağlı olarak oluşan biyogaz miktarı kararlı proses koşullarında daha fazla olduğundan yenilenebilir bir enerji kazanımı söz konusu olacaktır. Düşük organik yükleme koşullarında ise hazırlanan besleme sıvısındaki katı madde oranı daha düşük olmaktadır. Ancak bu durumda seyreltme suyu çok daha fazla kullanıldığından, ticari ölçekteki tesisler için ilave bir su sarfiyatı söz konusu olacaktır. Bunun yanında, yüksek organik yükleme koşullarına göre bir seferde daha az atık bertarafı sağlanacaktır. Bu durum, işletmede daha çok atığın birikmesine ve beklemesine sebep olacaktır. Düşük organik yükleme şartlarında, yüksek organik yükleme koşullarına göre daha az kirlilik yüküne sahip çıkış suyu elde edilse de, düşük organik yüklemeye bağlı olarak reaktör sisteminden elde edilecek biyogaz miktarı da az olacaktır.

Bu çalışmada ifade edildiği gibi, her ne kadar düşük ya da yüksek organik yükleme oranları ile gerçekleştirilecek işletme koşullarının birbirine göre avantaj ya da dezavantajı olsa da, yenilenebilir enerji açısından daha yüksek miktarda biyogaz eldesi ve daha fazla atık bertarafı pratikte tercih sebebi olmaktadır. Özellikle, üretilen biyogazın tesis içerisinde değerlendirilmesi durumunda söz konusu tesis, bir süre sonra yatırım maliyetlerini amorti edebilecek duruma gelebilecektir.

### 3.3. Besleme Esnasındaki Muhtemel Problemler ve Çözüm Önerileri

Besleme esnasındaki muhtemel problemler için çözüm önerileri maddeler halinde aşağıda verilmiştir:

1) Muhafaza ve besleme sıvısının hazırlanmasının yanında, yukarı akış hızı da reaktörün arıtma verimini etkileyen temel faktörlerdendir [16, 17]. Wiegant [18], reaktörün hacmine bağlı olarak yukarı akış hızının özellikle oldukça seyreltik atıksuların ve yüksek katı madde içeriğine atıksuların arıtılmasında sınırlayıcı bir rol oynadığını ifade etmiştir. Bu nedenle, etkili bir arıtma verimi açısından yukarı akış hızı, çamur yatağı içerisinde sıkışmış olan gaz ceplerini harekete geçirecek ve substrat kaynağı ile biyokütle arasındaki teması sağlayacak kadar yeterli seviyede olmalıdır [19]. Kuvvetli atıksuların yukarı akışlı havasız çamur yataklı reaktör sistemi ile arıtılması konusunda yapılan bazı çalışmalarda [20, 21] reaktör içerisindeki yüksek gaz basıncı sebebiyle zaman zaman çıkış savağından kaçabilen partiküler maddeler çöktürmeli şekilde tasarlanan çıkış suyu depolama tankı ile tutularak uygun bir boru bağlantısı ile reaktör içerisine veya besleme tankına geri verilmiş ve çıkış suyundaki katı madde muhtevası azaltılmıştır. Konu ile ilgili diğer çalışmalar [22, 23] literatürde mevcuttur.

2) Bu çalışma kapsamında denenen yüksek akış hızlarında (1.40–1.96 m/saat) çamur yatağının ve çamur örtüsünün normalden daha fazla genişlediği ve tavuk atıkları ile granüler aşu çamuru arasında yeterli temas sağlanmadığı görülmüştür. Benzer şekilde, düşük yukarı akış hızı denemelerinde (0,21–0,42 m/saat) ise düşük hidrolik şartlar sebebiyle ölü bölge oluşumlarının başladığı görülmüştür. Bu sebeple yukarı akış hızı, literatür verileri ve sistemin hidrolik özellikleri göz önüne alınarak tespit edilmiş ve bu konuda kararlılık sağlanmıştır. Reaktöre tabandan yukarı akışlı olarak yapılan beslemelerde en uygun akış hızı 0,70 m/saat olarak belirlenmiştir.

3) Artan organik ve hidrolik yüklemelerle birlikte biyogaz üretiminde artış görülmüş, bu da çamur yatağının ve çamur örtüsünün karışmasını sağlamıştır. Her ne kadar laboratuvar ölçeğinde gerçekleştirilen bu çalışmada yüksek yükleme koşullarında dahi önemli bir işletme problemi görülme de, yüksek organik ve hidrolik yükleme şartları altında işletilen sanayi ölçekli tesislerin çıkış hattında ilave bir köpük sıyırma ünitesinin veya yukarıdaki diğer ekipmanların (çöktürmeli çıkış suyu depolama tankı ve/veya plakalı çöktürücü) tasarlanmasını gerekebilir.

4) Artan organik yükleme durumunda çıkış suyundaki kirlenici madde konsantrasyonu bir önceki yükleme şartlarına nazaran yükseldiğinden dolayı, HÇYR sisteminden çıkan atıksuların alıcı

ortama deşarj edilebilirliğini sağlamak maksadıyla muhtemel bir ikincil arıtma kademesinin gerekliliği önem arz etmektedir. Özellikle, HÇYR sisteminden çıkan atıksuyun azot ve fosfor muhtevasının yüksek olması sebebiyle, öncelikli olarak çıkış suyunun tarımsal uygulamalarda sıvı gübre olarak kullanılması tavsiye edilmektedir [1]. Ancak, çok daha hassas deşarj kriterlerinin gerektiği durumlarda, HÇYR sisteminden sonra Fenton oksidasyonu, elektrokoagülasyon ve MAP prosesi gibi fizikokimyasal arıtma alternatiflerinin uygulanması önerilmektedir [8, 9, 24].

**REFERENCES / KAYNAKLAR**

- [1] Yetilmezsoy K., "Tavuk çiftliği atıklarının havasız çamur yataklı reaktörde arıtılabilirliği", Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.T.Ü., 2008.
- [2] Enturk E., Yetilmezsoy K., Ozturk M., "Gübre Atıklarının Arıtılmasında Sabit Kubbeli Çin Tipi Biyogaz Reaktörü Tasarımı: Bir Örnek Uygulama", Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi , 2006/3, 119-127, 2006.
- [3] Sakar S., Yetilmezsoy K., Kocak E., "Anaerobic digestion technology in poultry and livestock waste treatment-a literature review", Waste Management Research, 27(1), 3-18, 2009.
- [4] Kocak-Enturk E., Yetilmezsoy K., Ozturk M., "A Small Scale Biogas Digester Model for Hen Manure Treatment: Evaluation and Suggestions", Fresenius Environmental Bulletin, 16(7), 804-811, 2007.
- [5] Sung S., Santha H., "Performance of Temperature-Phased Anaerobic Digestion (TPAD) System Treating Dairy Cattle Wastes", Tamkang Journal of Science and Engineering, 4(4), 301-310, 2001.
- [6] Ghangrekar M.M., Kahalekar U.J., "Performance and cost efficacy of two-stage anaerobic sewage treatment", Journal of the Institution of Engineers (India): Environmental Engineering Division, 84(1), 16-22, 2003.
- [7] van Lier J.B., "Anaerobic Industrial Wastewater Treatment; Perspectives for Closing Water and Resource Cycles", Proceedings of IChE 2006, 28th Int. Exhibition Conference on Chemical Technology, Environmental Protection and Biotechnology, Frankfurt, Germany, Invited Key-note speaker, May 15-19, 2006.
- [8] Yetilmezsoy K., Sakar S., "Improvement of COD and Color Removal from UASB Treated Poultry Manure Wastewater Using Fenton's Oxidation", Journal of Hazardous Materials, 151(2-3), 547-558, 2008.
- [9] Yetilmezsoy K., Sakar S., "Development of empirical models for performance evaluation of UASB reactors treating poultry manure wastewater under different operational conditions", Journal of Hazardous Materials, 153(1-2), 532-543, 2008.
- [10] Yetilmezsoy K., Ilhan F., Sapci-Zengin Z., et al., "Decolorization and COD Reduction of UASB pretreated poultry manure wastewater by electrocoagulation process: A post-treatment study", Journal of Hazardous Materials, 162(1), 120-132, 2009.
- [11] Yetilmezsoy K., Sakar S., "Tavuk Çiftliklerinden Kaynaklanan Atıkların Havasız Arıtma Sürecinin Kinetik Açısından Değerlendirilmesi", Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu'08, The Marmara Hotel, 02-06 Kasım 2008, İstanbul.
- [12] APHA, AWWA (American Public Health Association), "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 19th Ed., Washington, DC, 2005.
- [13] Livestock and Poultry Environmental Stewardship (LPES), Curriculum Lessons, Module E. Outdoor Air Quality, Lesson 44. Emission Control Strategies for Land Application, USA, 2001, pp.2.
- [14] Jones D., "Animal Manure and Wastewater Treatment", Purdue University Agricultural & Biological Engineering, West Lafayette, USA, 2003.
- [15] Lorimor J., Powers W., Sutton A., "Manure Characteristics", Manure Management System Series. Section 1, MWPS (Midwest Plan Service)-18, 2000.

- [16] Metcalf and Eddy, "Wastewater Engineering-treatment, disposal, reuse", 3rd ed., McGraw Hill, New York, USA, 1991.
- [17] Mahmoud N.J.A-H., "Anaerobic pre-treatment of sewage under low temperature (15°C) conditions in an integrated UASB-digester system", PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2002.
- [18] Wiegant W.M., "Experiences and potential of anaerobic wastewater treatment in tropical regions", *Water Sci. Technol*, 44, 107–113, 2001.
- [19] Hang S.S., Byeong C.P., "Improved performance of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors by operating alternatives", *Biotechnol. Let.*, 12, 469–474, 1990.
- [20] Çiler M., "Kuvvetli Atıksuların Yukarı Akışlı Havasız Çamur Yatağında Arıtım ve Tasarım Esasları", Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İ.T.Ü., 1985.
- [21] Amatya P.L., "Anaerobic Treatment of Tapioca Starch Industry Wastewater by Bench Scale Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactor", Yüksek Lisans Tezi, Asian Institute of Technology School of Environment, Resources and Development, Bangkok, Thailand, 1996.
- [22] Speece R.E., "Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater Treatment", *Envir. Sci. Technol.*, 17(9), 416A-427A, 1983.
- [23] Cavalcanti P.F.F., "Integrated Application of the UASB Reactor and Ponds for Domestic Sewage Treatment in Tropical Regions", Ph.D. Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2003.
- [24] Yetilmezsoy K., Sapci-Zengin Z., "Recovery of ammonium nitrogen from the effluent of UASB treating poultry manure wastewater by MAP precipitation as a slow release fertilizer", *Journal of Hazardous Materials*, 166(1), 260-269, 2009.