

HAVASIZ (ANAEROBİK) ÇAMUR ÇÜRÜTÜCÜLERDE KARŞILAŞILAN İŞLETİM PROBLEMLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

¹Dilek Erdirençelebi, ²Murat Küçükhemek, ³Serkan Sarı

¹Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, KONYA

²Konya Su ve Kanalizasyon Genel Müdürlüğü, KONYA

³Konya Büyükşehir Belediyesi, KONYA

¹dbaktıl@hotmail.com, ²mkucukhemek@yahoo.com, ³serkansari00@gmail.com

(Geliş/Received: 23.03.2015 ; Kabul/Accepted in Revised Form: 29.05.2015)

ÖZET: Havasız (anaerobik) çürütme atık ve çamur stabilizasyonunda kullanıldığı zamanlardan günümüze farklı reaktör uygulamaları ile çamurdan biyokütle, evsel atıksudan endüstriyel atıksuya çeşitli türde atıksu-atık stabilizasyonunda ve enerji eldesinde kullanılan önemli bir biyolojik arıtım prosesidir. Konvansiyonel aktif çamur prosesi ile işletilen kentsel atıksu arıtma tesislerinin (AAT) enerji maliyetinin yüksek oranda karşılanarak tam kapasite işletilmesine olanak sağlayan havasız çamur çürütme üniteleridir. Sağladığı enerji eldesi ile arıtma tesislerini cazip hale getiren havasız prosesin ülkemizde yaygınlaşabilmesi için tasarım ve işletim özelliklerinin sahada karşılaşılan problemler ışığında iyileştirilmesi gerekmektedir.

Havasız arıtma sistemlerinde ilk yatırım ve işletme maliyeti ciddi seviyelere çıkmakta, kurulan sistemin menşei yurtdışı olduğundan arıza durumlarında zaman ve para kayıpları yaşanmaktadır. Proses sırasında oluşan ve kontrolü gereken ürünler, ekipman hassasiyeti, atıksu karakterindeki baskın faktörler sebebiyle tasarımın dışında oluşan durumlar ve işletme zorlukları görülebilmektedir. Yapılan bu derleme çalışmasında Türkiye dahilinde kentsel AAT bünyesinde anaerobik çamur çürütücü tesis işletiminde karşılaşılan işletme problemleri (H₂S kontrolü, köpük oluşumu, arızalar, vb) literatür çalışmaları kapsamında incelenerek ilgili tasarım- çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Atıksu; Biyogaz; Çamur stabilizasyonu; Havasız/anaerobik çürütme; İşletim.

Operational Problems and Solutions Coupled to Anaerobic Sludge Digesters

ABSTRACT: Anaerobic digestion has been the most important biological treatment process used in a wide scale from sludge to biomass, municipal to industrial wastewaters with different reactor configurations since the times of its application to waste and sludge stabilization. It is the only biological treatment and stabilization process that gives a product with higher energy level than its substrate. It provides full-capacity operation to municipal wastewater treatment (WWTP) with conventional activated sludge process with the energy produced at a high recovery ratio. The need for operational amelioration requires further correlation and adaptation of operational measures to design characteristics.

Investment and operational costs are high for anaerobic systems as strictly insulated reactors are built. In case of maintenance or break-down, loss of time and money reach severely high levels. Operational burdens, problems and out-of-design situations can originate from several dominant factors produced

during the process due to products, equipment sensitivity and wastewater characteristics. This study summarizes experience obtained in municipal WWTP investigation on operational problems in anaerobic digestion in Turkey. Operational problems such as H₂S control, foaming, sludge management and break-down incidences related design and solution suggestions are presented with support from ongoing research in the international literature.

Key Words: *Wastewater; Biogas; Sludge stabilization; Anaerobic digestion; Operation.*

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Endüstriyel ve evsel atıksuların arıtımında kullanılan havasız/anaerobik arıtma teknolojisi yaklaşık yüz yıl önce kullanılmaya başlanan eski bir teknolojidir (Rittmann ve McCarthy, 2001). Kullandığı besi maddesine göre daha yüksek enerji seviyesinde ürün ortaya çıkaran alternatifsiz yegane biyolojik arıtım/stabilizasyon prosesidir. Kompleks yapıdaki organik maddenin metan gazına dönüşümünü sağlayan proses, atıktaki enerjinin geri kazanımına olan ilginin artmasına ve anaerobik biyoteknolojinin farklı reaktör tipleriyle geliştirilmesine neden olmuştur. Başta tarımsal ve gıda endüstrisi atık ve atıksuları olmak üzere biyolojik olarak parçalanabilir maddeler ihtiva eden karbonlu atıkların anaerobik olarak stabilizasyonu mümkündür. Kompleks organik maddelerin anaerobik koşullarda parçalanması çok kademeli birbirini izleyen reaksiyonlar dizisi ile gerçekleşir ve protein, karbonhidrat ve lipidden oluşan kompleks organik maddeler hidroliz-asitlenme-metanlaşma reaksiyonlarıyla ardışık olarak parçalanır ve metana dönüşür (Gujer ve Zehnder, 1983). Havasız sistemlere atfedilen başta H₂S'ün sebep olduğu koku problemi son yıllarda geliştirilen gaz arıtma yöntemleri ile çözülmüştür (Türker, 2000a, 2000b).

Anaerobik çamur çürütücülerin tasarım aşamasında yüksek esneklikte ve her türlü bakım-tamirat olasılığı göz önünde bulundurularak inşa edilmesinin yanı sıra tesise gelen ham atıksuyun da karakterizasyonunun gerçeğe en uygun şekilde tanımlanması gerekmektedir. Özellikle askıda katı madde ve protein içeriğinin çamur çürütme prosesi performansı ve biyogaz içeriğine doğrudan etkisi bulunmaktadır.

MATERYAL VE METOT (Materials and Method)

Çalışma kapsamında Konya kentsel AAT kapsamında yapılan çalışmalarda (biyogazdaki hidrojen sülfür içeriğinin kontrolü, çamur kabarması ve yetersiz yoğunlaşma) elde edilen tecrübe aktarılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmaların detayları atıf yapılan yayınlarda mevcuttur. Konya AAT birleşik çamur çürütme sistemi kullanırken diğer tesis sadece ön çöktürme çamuruna anaerobik çürütme uygulamaktadır. Konya AAT için çamur çürütücüler 4 adet 7000 m³ hacimde olup günlük 1400-1600 m³ çamur besleme kapasitesinde 35-36 °C sıcaklıkta 17-20 g'lük hidrolik:çamur bekletme süresinde çalıştırılmaktadır.

Kentsel AAT'lerde işletim problemleri ile ilgili anket çalışması iki tesiste yapılmıştır (Sarı, 2014). Anket çalışması ile havasız çürütücülerde yaşanan mekanik ekipman arızaları, bakım onarımdan kaynaklı işletmeye alma zorlukları, personellerden kaynaklı hatalar ve borulardan kaynaklı işletme problemleri konularında bilgi edinilmiştir.

Anaerobik çürütücü sıvısı veya çıkış suyundaki toplam uçucu yağ asitlerinin (UYA) iki noktalı titrasyonla analizi Anderson ve Yang tarafından özellikle anaerobik reaktörler için geliştirilmiştir ve rezerve alkalinitenin de belirlenmesini sağladığı için reaktörlerin sürekli izlenmesinde önemli fayda sağlayacak bir metot olarak yazar tarafından tavsiye edilmektedir (1992).

BULGULAR VE TARTIŞMA (Results and Discussion)

Anaerobik çürütme bir AAT'nin atıksu ile gelen ve oluşan organik katılarının stabilizasyona tabi tutulduğu en önemli birimdir. Karşılaşılan işletme problemlerinin önemli kısmı tasarım proje değerleriyle işletme verilerinin tam olarak örtüşmemesinden kaynaklanmaktadır. Bu örtüşmeyi sağlamak için AAT giriş ham atıksu özelliklerinin tam ve doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir.

Ön çöktürme ve biyolojik fazla çamurun birlikte çürütüldüğü kentsel AAT'lerde mevcut durumda elde edilen biyogaz kaynaklı enerji tesisin %70'ine kadar elektrik ihtiyacını karşılayabilmektedir. Bu oran sadece ön çöktürme çamurunun çürütüldüğü ve ikincil çamurun belt filtrelerle susuzlaştırıldığı tesiste %23 seviyesinde gerçekleşmektedir (Sarı, 2014). Elektrik üretilirken elde edilen ısı enerjisinden kış aylarında tesisteki binaların ısıtılması sağlanmakta ve tesiste sürekli sıcak su kullanılabilir. Çürütme sonrası oluşan biyokatılar bünyelerinde dirençli organik bileşikler ve hücre gelişimi için gerekli makro ve mikro besin elementlerini bulundurmaktadırlar. Azot ve fosfor içerikleri biyokatıların gübre değerini ortaya koymakta, organik madde içeriği de bu materyalin toprak ıslah etme özelliği açısından ayrı bir önem taşıdığını göstermektedir. Biyokatıların arazide, tarım alanlarında, ıslah amaçlı, yeşil alanlarda ve ağaçlandırma alanlarında kullanılması mümkündür.

Çamur çürütücü artım performansında enerjiye dönüşen metan yüzdesi %60-65 ve uçucu katı madde giderimi %40-50 seviyelerinde elde edilmektedir. Ön çöktürme çamuru (ÖÇÇ) ve fazla biyolojik çamur (FBÇ) benzer oranda uçucu içeriğine sahip olmakla beraber ÖÇÇ'nun biyolojik ayrışabilirliği daha yüksektir çünkü aktif çamur ünitesinde uygulanan yüksek çamur yaşı değerlerinde oluşan fazla biyolojik çamurun ayrışabilirliği düşmekte, böylece anaerobik çürütücülerde UKM giderimi kısıtlanmakta ve çürütülmüş çamurun susuzlaştırılma kabiliyeti de düşmektedir (Henze ve d., 2009). Günümüzdeki mevcut anaerobik çamur çürütme uygulamasının etkinliği, ÖÇÇ'nun ve FBÇ'un ayrı çürütücülere beslenmesi ve FBÇ için mekanik yoğunlaştırma ve termofilik çürütme şeklinde arttırılabilir (Tezel ve d., 2014). FBÇ'nin ayrık sistemle termofilik sıcaklıkta çürütme çalışmaları, AAT'lerin iyileştirilmesi kapsamında lab ve gerçek ölçekli çalışmalarla araştırılmaktadır (Braguglia ve d., 2015; Gianico ve d., 2015).

Elde edilen enerji eldesini yükseltmede karşılaşılan diğer önemli kısıt çamur yoğunlaştırıcılarda tasarım çamur yoğunluğuna (%5) ulaşamamasıdır. Özellikle graviteli çöktürücü çamur yoğunlaştırıcıların polielektrolit ilavesi sonrasında bile %4 katı madde oranını sağlaması ender karşılaşılan bir durumdur. Anaerobik çürütücülere düşük yoğunlukta beslenen çamur, enerji eldesini düşüren en önemli faktör olmaktadır. Düşük çamur yoğunluğuna etki eden önemli faktör ise biyolojik artım ünitesinde oluşan filamentli bakteri ve çökeltim olan olumsuz etkisidir. Son çökeltimde elde edilen yüksek çamur hacim indeksi (ÇHİ) ve düşük geri devir katı madde konsantrasyonu, FBÇ'un ÖÇÇ'nu da seyrelterek çamur yoğunlaştırıcının performansını düşürmektedir (Erdirencelebi ve Kucukhemek, 2015a). Ayrıca filamentli oluşum anaerobik çürütücülerde de köpük oluşumuna sebep olmakta ve çamur beslemesi kesintiye uğramaktadır (Erdirencelebi ve Kucukhemek, 2013).

Elde edilen verimsizliği gidermek için etkili bir çözüm, ÖÇÇ ve FBÇ hatlarının ayrılarak farklı anaerobik çürütücülere beslenmesi olabilir. Böylece ÖÇÇ beslenen çürütücülerin hacim ihtiyacı azalacaktır. FBÇ'nin yoğunlaştırılması ise mekanik yoğunlaştırıcılar vasıtasıyla gerçekleştirilmelidir. Bu şekilde yoğunluğu arttırılan çamurun anaerobik çürütmesi sonucunda da yoğunluğu yükseleceğinden çamur susuzlaştırma işleminin verimi artacaktır. Ayrıca FBÇ kaynaklı köpürme probleminin tüm çürütücüleri etkilemesi engellenmiş olacaktır. Çürütücülere beslenen katı madde yoğunluğu ilave organik atıklarla da elde edilebilir ve metan üretimi arttırılabilir. Literatürde, lokanta ve marketlerden elde edilen organik atıkların öğütülerek anaerobik çamur çürütücülere katı madde olarak beslendiği ve metana dönüştürüldüğü gerçek uygulamalar mevcuttur (Gou ve d., 2014; Ratanatamskul ve d., 2015). Köpüklenmeye karşı reaktör tepesinde etkili olacak kapasitede fiskiyeler, "antifoam" veya "defoam" reaktifleri serpiştirecek şekilde düzenlenmelidir. Uygulanacak kimyasalların toksik etkilerine dikkat edilmelidir.

Havasız çürütücülerde yaşanan işletim problemleri genellikle mekanik ekipman arızaları, bakım onarımdan kaynaklı işletmeye alma zorlukları, personellerden kaynaklı hatalar, borulardan kaynaklı işletme problemleri, dizayn kriterlerine uygunluk ve atıksu karakterizasyonuna bağlı işletme problemleri gibi alt başlıklarda değerlendirilebilir.

Atıksu Karakterizasyonuna Bağlı İşletme Problemleri ve Alınabilecek Önlemler (Operational Problems Originating from Wastewater Character and Precautions)

AAT tasarım değerlerinin üzerinde AKM girişi, tesiste en fazla çamur hattını ve anaerobik çürütücülerini etkilemekte, graviteli çöktürücü tipindeki çamur yoğunlaştırıcılarda anaerobik prosese giriş katı madde oranı %5'in oldukça altında gerçekleşmekte ve çökelemeyen çamur, yoğunlaştırıcı taşkanı ile geri devir hattından ana hatta dönerek ilave katı madde yükü oluşturmaktadır. Anaerobik çürütücülere beslenemeyen katı maddeler ön çöktürme ünitesi ile çamur yoğunlaştırıcılar arasında kısır bir döngüye sebep olmaktadır (Erdirencelebi ve Kucukhemek, 2015a).

Özellikle atıksu bünyesindeki proteinli maddelerin yüksek seviyede gerçekleşmesi (gündüz:93-160 mg TKN/L ve gece:65-99 mg TKN/L), anaerobik çürütücülerde yüksek seviyede H₂S (5500-6000 ppm) ve amonyum azotunun oluşmasına neden olmaktadır (Erdirencelebi, D., Kucukhemek, M., 2015b). Biyogaz içeriğindeki H₂S seviyesinin 300 ppm'in üstünde gerçekleşmesi yanma motorlarına korozif etkisinden dolayı uygun değildir ve ancak biyogaz hattında desülfürizasyon ünitesi ile düşük seviyelere indirilmektedir. Bu sebeple desülfürizasyon ünitesi kapasitesinin tasarımında, AAT giriş atıksuyunun protein ve sülfat içeriğinin baz alınması gerekmektedir. Reaktör içi ve desülfürizasyona kadar olan tüm boru ve aksamda sararma ve korozyon gerçekleşmektedir. Bu sebeple tesis girişi veya yoğunlaşmış çamura FeCl₃ ilavesiyle FeS çökeleği oluşturularak hem reaktör iç sıvısında hem de biyogazda H₂S miktarının düşürülmesi daha etkin bir çözümdür (Speece, 1996). Demir (III) klorürün çürütücülere beslenen çamur debisinde 30-80 mg Fe³⁺/L aralığında dozlanması ile biyogazdaki H₂S, 6000 ppm seviyesinden 3000 ppm seviyesine düşürülebilmektedir (Erdirencelebi ve Kucukhemek, 2015b). Bu şekilde reaktör içi korozyon etkisinin azaltılması mümkün olmaktadır.

Reaktördeki H₂S miktarının kontrol edilememesi durumlarında borularda, tavanda, metal aksamda ve karıştırıcıda korozyon sonucu hasarlar oluşmaktadır. Reaktördeki H₂S kaynaklı korozyon, bir vakada, tavana bağlı bulunun karıştırıcının yerinden koparak düşmesine sebep olmuştur. Karıştırıcının düştüğü uzun süre fark edilememiştir. Reaktörün boşaltılması ancak teknik servisin gelmesiyle mümkün olmuş ve yaklaşık 2 aylık bir süreyi kapsamıştır. Boşaltılıp tekrar işletmeye alınması yaklaşık 6-7 ayı bulmuştur. Özellikle seçilen karıştırıcıların sık sık arıza vermesi ciddi işletme problemlerinden biri olmaktadır ve uygun karıştırıcı seçimi ile bu sorun minimuma çekilebilir. Çürütücülerde UKM gideriminin düşmesi, reaktör içi etkin karışımın gerçekleşmemesinin en önemli belirtisi olmaktadır.

Endüstriyel deşarjlardan ötürü yüksek kirlilik değerleri yanında tuzluluk/iletkenlik olarak ölçülen çözünmüş madde yüksek seviyede gerçekleşmektedir. Ağır metaller çöken çamurlarda birikerek anaerobik çürütücülere yoğunlaşmış seviyelerde beslenmekte ve reaktörlerde toksik etki oluşturarak metan üretimini düşürmektedir. Metanlaşmanın düşmesi ile reaktörde UYA'nın artması toksik etkiyi göstermektedir. Bu etkilerin giderilmesi veya minimize edilmesi için endüstrilerin kanalizasyona deşarj öncesi ön arıtım yapımları ve kanalizasyon deşarj standartlarını sağlamaları önem arz etmektedir.

Tesis çevresindeki alanlardan yoğun kirlilikte atıksu girişi olabilmektedir. Tesis çevresinde gerçekleştirilecek denetimler vasıtasıyla kaçak deşarjların önlenmesi, sistem kapasitesinin aşılması için gereklidir.

Mekanik Ekipmandan Kaynaklı İşletme Problemleri (Operational Problems Originating from Mechanical Equipment)

Elektrik üreten gaz jeneratörleri önemli işletme problemleri ile ön plana çıkmaktadır. Jeneratörün içerisindeki sensörlerden birkaçı sıcaklık, giriş-çıkış yağ ve su sıcaklıkları ile baca gazı sensörleri olarak sayılabilir. Belirtilen sensörlerden herhangi bir tanesinin bozulması durumunda gaz jeneratörü devre dışı kalmakta ve enerji üretimi gerçekleştirilememektedir. Sensörlerin ithal menşeli olması sebebiyle

bakım veya onarım yaklaşık 6-8 haftayı bulmaktadır. Gaz sensörlerinin üretiminin yurtiçinde geliştirilmesi ve gerçekleştirilmesi durumunda mümkün olan en kısa sürede onarımın yapılması ve enerji kaybının önüne geçilmesi mümkün olacaktır. İşletim sırasında sensörlerin dikkatle izlenmesi ve her türlü dış etkidenden korunacak şekilde muhafaza edilmesi önem arz etmektedir.

Tesiste sürekli gaz basıncında düşmeler yaşanabilmektedir. Çok sayıda çürütücünün mevcut olduğu tesislerde reaktörlerin çamur besleme pompalarından birinin arızalanması durumunda üretilen gaz miktarı düşmekte ve diğer çürütücülerdeki gazlar eksik kalan basıncı dengelemek üzere harekete geçtiğinde gaz biriktirme balonlarında ve gaz motorlarında beklenen gaz miktarı elde edilememektedir. Basınç sensörleri ile SCADA personelinin bu değişimi fark ederek reaktöre ve besleme pompasına müdahalesi mümkün olmaktadır. Çamur besleme pompalarının arızalara karşı yedekli tasarımı da önemli bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca seçilecek pompanın kalitesi işletimde önemli bir fayda sağlayacaktır.

Günlük gaz üretimi her bir reaktör için geniş bir aralıkta (2400-7700 m³) gerçekleşmektedir. Bu değişimden gaz motorunun etkilenmemesi için gaz balonları kullanılmaktadır. Balonlar asla %100 kapasiteyle çalıştırılmamakta ve % 80 kapasiteye ulaştığında gaz motoru devreye girmektedir. Son teknoloji "ikili membran" (Double Membrane) olarak da isimlendirilen gaz balonları üst üste iki tekstil malzemesinden oluşmakta ve biyogaz içteki balona dolmaktadır. Dıştaki balonun görevi içtekini korumaktır. İki membran arasına üfleyiciler ile hava üflenerek basınç dengelemesi ile basıncın sabit tutulması gerekmektedir. Elektrik kesintisi durumlarında içteki balon gelen biyogazla şişmeye devam ederken dıştaki balonun sönmesiyle iki tekstil malzemesi üst üste binerek içteki balonun yırtılmasına sebep olabilmektedir. Malzemenin yenilenmesi yaklaşık 2 ay, tamirat ve bakımla beraber işleme alma yaklaşık 4 aylık bir süre almaktadır. Hava üfleyici sisteme kesintisiz enerji desteği sağlanması ile yırtılma vakalarının önüne geçilmesi mümkündür.

İkili membran gaz balonunda, içteki balonun seviyesini ölçen sensörün arızalanması iç balonu devreden çıkarmaktadır. Gelen biyogazın diğer balona verilmesi, sensörün onarımı için ancak kısıtlı süre sağlamaktadır.

Balondaki gaz basıncı 25 mbar'ın üzerine çıktığında ise balonun gerginleşerek patlamasına neden olmaktadır. Bu nedenden hidrolik bir sistem vasıtasıyla basınç dengelemesi yapılmalıdır. Bu durumda gaz su basıncını yenerek tahliye olur.

Alet ve ekipman fiyatlarının yüksek olmasından dolayı herhangi bir arıza durumunda yüksek maliyetlerle karşılaşmaktadır. Ekipmanlar yurt dışı kaynaklı sistemler olduğundan bu sorunun çözümü ancak yerli üretimin desteklenmesi ile olabilecektir. Bakım maliyeti diğer proseslere kıyasla yüksektir. Bir reaktörün boşaltılıp devreye alma süresi bakımın ardından yaklaşık 4-5 aylık bir süreyi kapsamaktadır. Tank boşaltıldıktan sonra yaklaşık 1-2 ay gazın boşalması beklenmektedir. Bu sürelerin uzunluğu reaktör yapısından meydana gelmektedir. Gazın boşaltılması için hava üfleyen sirkülasyon pompaları tanka yerleştirilerek bu sürenin kısaltılması sağlanabilmektedir.

Sahadaki Borulamadan Kaynaklı İşletme Problemleri (Operational Problems Originating from in-situ Piping)

Çürütücü çamur çıkış ve savaklanan su borusu tıkanmaları olabilmektedir. Bu durumda çürütücüye besleme mevcut olduğu halde çamur çıkışı gözlenmemekte, seviye yükselmesiyle gazın toplanacak yeri kalmamakta ve gaz borularına çamur geçişi olmaktadır. Bu çamur balonlara kadar gidebilmektedir.

Borunun açılması riskli bir işlemdir çünkü tank tamamen kapalı olduğundan ötürü boru girişi görülememektedir. Tahmini olarak deneme yoluyla yaklaşık 6-7 metrelik bir demir tank içerisine sokularak yeri tahmin edilmeye çalışılır. Böyle bir soruna karşılık reaktörde bu borulara ulaşılabilir alanların mutlaka olması gerekmektedir. Olası boru tıkanmalarının çözümüne imkan tanıyan düzenlemeler reaktör tasarımı sırasında oluşturulmalıdır.

Kış mevsiminde çürütücü dışındaki borularda buzlanma çok sık görülmektedir. Bunun için özel kaplama malzemeleriyle borular kaplanarak don olayının önüne geçilebilmektedir.

Personelden Kaynaklanan İşletme Problemleri (Operational Problems Originating from Technical Personnel)

Personel kaynaklı işletim problemleri içinde en önemlisi çürütücü giriş vanalarının kapatılmasıdır. Bu tip hataların ortaya çıkarılıp düzeltilmesi uzun zaman alabilmektedir. Personellerin tesis hususunda eğitimi aksatılmamalıdır. Her personelin görev alanı içinde kalan işler ile ilgilenmesi önemli bir zorunluluktur.

Alkalinite Kaynağından Kaynaklı İşletme Problemleri (Operational Problems Originating from Alkalinity Source)

İşletime alma süresinde çürütücülerde düşük pH gözlenebilmektedir. Kireç kullanımı dekantörde arızalara neden olmaktadır. Dekantör bakımında yaklaşık 1 tona yakın kireç toplanabilmektedir. Borularda da kireç kaynaklı tıkanmalar kireç kullanımını oldukça sınırlamaktadır. Alkalinite kaynağı seçilirken ekonomik kimyasallardan ziyade çökmeye sebep olmayan çözünürlüğü yüksek bileşikler (NaOH, NaHCO₃) tercih edilmelidir.

UYA Birikiminden Kaynaklı İşletme Problemleri (Operational Problems Originating from VFA Accumulation)

Anaerobik reaktörlerin izlenmesinde en önemli parametrelerden biri UYA'dır ve sürekli kontrolü gerekmektedir. Yüksek verimle çalışan anaerobik çürütücülerin çıkış suyunda UYA bulunmamaktadır. Metan üretiminde olası düşüş UYA'nın reaktörde yüksek seviyelere çıkmasına sebep olur ve önlem alınmazsa pH'da sürekli düşüşle anaerobik prosesi sonlandırabilir. pH:6.5 seviyesinin altında UYA'lar asit formlarına dönüştüklerinden proseste oluşan UYA ve karbondioksit asiditesini tamponlamak için sadece bikarbonat kullanılacaktır. Asetik asit ve metan üretimi, anaerobik prosesin toksisiteye karşı en hassas basamaklarıdır ve bu süreçleri gerçekleştiren bakteriler pH:5.5 seviyesinde ancak 24 sa canlılıklarını koruyabilmektedirler (Speece, 1996).

UYA artışı durumunda ilk yapılacak iş toksik madde girişinin kontrol edilmesi olmalıdır. Yapılacak anaerobik zehirlilik testi (ATA) ve biyokimyasal metan üretimi (BMP) deneyleri ile toksik madde girişinin olup olmadığı belirlenmelidir (Speece, 1996). Deneyler 30 gün süreceği için acil önlem olarak çamur çürütücü reaktöre beslemenin kesilerek UYA'nın metana dönüşmesi için beklenmelidir. Bazı ciddi durumlarda reaktöre su beslenerek toksik maddenin reaktörden atılması sağlanabilmektedir.

Çamur Sıcaklığından Kaynaklanan İşletme Problemleri (Operational Problems Originating from Temperature)

Reaktörün mezofilik şartlarda yaklaşık 36 °C'de tutulması hem metan üretim verimliliği hem de işletim rahatlığı açısından önemlidir. Isı eşanjörlerinde meydana gelebilecek her türlü arızada sistem kendini yaklaşık 8 sa kadar idare edebilmektedir. Mevcut ısı kaynaklarını verimli şekilde kullanabilmek bu problemin çözümündeki en etkin yollardan biridir. Ani sıcaklık değişimleri mikroorganizmalar üzerinde inhibisyon etkisi yapar. Bu yüzden anaerobik prosesin ±2 °C aralığında çalıştırılması önemlidir.

Metan Miktarına Bağlı Gelişen İşletme Problemleri (Operational Problems Originating from Methane Production and Content)

İstenilen metan oranının zaman zaman gözlenememesi ve sonuç olarak biyogaz miktarının düşmesi sistemin arıtım veriminin düştüğünü gösterir. Biyogaz içerisindeki metan muhtevası genelde %65-70 seviyesinde olmalıdır. Metan içeriğinin azalmasının temel sebeplerinden biri eğer UYA'da da artış varsa endüstriyel atıksularla gelen toksik maddelerdir. ATA ve BMP deneyleri ile toksik madde etkisi araştırılırken, borulamalar, besleme, sıcaklık ve H₂S miktarı incelenerek sorun kaynağı belirlenebilir.

SONUÇLAR (Conclusions)

Atık ve atıksulardan enerji eldesinde yüksek getiri sağlayan anaerobik çamur çürütme prosesinin ülkemizde yaygınlaşması ve daha etkin işletimi için giriş ham atıksu içeriğinden kullanılan kimyasal ve ekipman özellikleri ile işletim sırasında oluşacak problemlere kadar bir çok faktörün tasarım aşamasında dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle bakım ve onarım işlemlerinin aldığı uzun süre ve oluşturduğu maliyetler açısından kaliteli ekipman ile esnek ve yeterli tasarım kadar kontrollü işletim şartlarının sağlanması önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Anderson, G.K., Yang, G., 1992, "Determination of bicarbonate and total volatile acid concentration in anaerobic digesters using a simple titration", *Water Environment Research*, Vol. 64, pp.53-59.
- APHA, 2005, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, Washington, D.C., A.B.D.
- Braguglia, C.M., Gianico, A., Gallipoli, A., Mininni, G., 2015, "The impact of sludge pre-treatments on mesophilic and thermophilic anaerobic digestion efficiency: Role of the organic load", *Chemical Engineering Journal*, Vol. 270, pp.362-371.
- Erdirencelebi, D., Kucukhemek, M., 2015a, "Diagnosis of the Anaerobic Reject Water Effects on WWTP Operational Characteristics as a Precursor of Bulking and Foaming", *Water Science and Technology*, Vol. 71, No.4, pp. 572-579.
- Erdirencelebi, D., Kucukhemek, M., 2015b, "Control of Hydrogen Sulphide in Full-Scale Anaerobic Digesters Using Iron (III) Chloride", 12th IWA Specialised Conference on Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants, September 6-9, Prague, Czech Republic.
- Erdirencelebi, D., Kucukhemek, M., 2013, "Effect of the Anaerobic Digester Filtrate to WWTP Performance in the Controlling the Biomass and Thickening", *Istanbul International Solid Waste, Water And Wastewater Congress 2013*, May 22-24, Istanbul, Congress Proceedings, ISTAC Inc., 1005-10.
- Gianico, A., Bertanza, G., Braguglia, C.M., Canato, M., Laera, G., Heimersson, S., Svanstrom, M., Mininni, G. 2015, "Upgrading a wastewater treatment plant with thermophilic digestion of thermally pre-treated secondary sludge: techno-economic and environmental assessment", *Journal of Cleaner Production*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.051>.
- Gou, C., Yang, Z., Huang, J., Wang, H., Xu, H., Wang, L., 2014, "Effects of temperature and organic loading rate on the performance and microbial community of anaerobic co-digestion of waste activated sludge and food waste", *Chemosphere*, Vol. 105, pp.146-151.
- Gujer, W., Zehnder, A.J.B., 1983, "Conversion Processes in Anaerobic Digestion", *Water Science and Technology*, Vol.15, No.8-9, pp.127-167.
- Henze M., van Loosdrecht M. C. M., Ekama G.A., Brdjanovic D. 2008. *Biological Wastewater Treatment Principles, Modelling and Design*. (1.Basım). London: IWA Publishing.
- Ratanatamskul, C., Wattanayommanaporn, O., Yamamoto, K., 2015, "An on-site prototype two-stage anaerobic digester for co-digestion of food waste and sewage sludge for biogas production from high-rise building", *International Biodeterioration & Biodegradation*, In Press, Corrected Proof (Available online 7 April 2015).
- Rittmann, B.E., McCarthy, P.L., 2001, *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*, McGraw-Hill Companies, New York, A.B.D.
- Sarı, S., 2014, Atıksu arıtımında kullanılan bazı havasız arıtma sistemlerinde yaşanan işletme problemleri ve çözüm önerileri, Çevre Mühendisliği Uygulamaları, Bitirme Tezi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Speece, R.E., 1996, *Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters*, Archae Press, Tennessee, A.B.D.

- Tezel, U., Tandukar, M., Hajaya, M.G., Pavlostathis, S.G. 2014, "Transition of municipal sludge anaerobic digestion from mesophilic to thermophilic and long-term performance evaluation", *Bioresource Technology*, Vol.170, pp.385-394.
- Türker, M., 2000a., "Hidrojen sülfür içeren gazların arıtılması:1-fizikokimyasal yöntemler", *Su Kirliliği ve Kontrolü Dergisi*, Vol.10, No.1, pp.15-26.
- Türker, M., 2000b., "Hidrojen sülfür içeren gazların arıtılması:2-biyoteknolojik yöntemler", *Su Kirliliği ve Kontrolü Dergisi*, Vol.10, No.1, pp.27-45.