



## ANAEROBİK ÇAMUR ÇÜRÜTÜCÜLERDE FARKLI KATI MADDE ALIKONMA SÜRELERİNDE UÇUCU YAĞ ASİTLERİ VE ALKALİNİTENİN BİYOGAZ ÜRETİM VERİMİNE ETKİLERİ

Serdar KOYUNCU<sup>1\*</sup>, Bilgehan NAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Konya Büyükşehir Belediyesi, Konya, Türkiye

<sup>2</sup> Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

*Arıtma Çamuru,  
Alkalinite,  
Biyogaz,  
SRT,  
Uçucu Yağ Asitleri.*

### Öz

Yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılabilen biyokütleden bir tanesi de atıksu arıtma tesislerinde arıtma sonrası oluşan arıtma çamurlarıdır. Arıtma çamurlarının anaerobik proseslerde çürütülmesi ile biyogaz eldesi mümkün olmaktadır. Atıksu arıtma tesislerinin işletme maliyetlerinin önemli bir kısmını enerji maliyetleri oluşturmaktadır. Anaerobik çamur çürütücülerinde maksimum verimin sağlanabilmesi için prosesin optimum katı madde alıkonma süresi (SRT)'de ve işletme parametre değerlerinde çalıştırılması gerekmektedir. Bu çalışmada; 200 bin m<sup>3</sup>/gün kapasiteli olan ve 4 kademeli Bardenpho prosesinden oluşan Konya kentsel atıksu arıtma tesisinde bulunan 4 adet mezofilik anaerobik çamur çürütücülerde gerçek ölçekli bir araştırma yapılmıştır. Ortalama işletme sıcaklığı ve hacimleri aynı olan referans ve denek çürütücüler seçilmiştir. Referans çürütücüde, tasarım değeri olan SRT 20 gün olacak şekilde 240 gün boyunca, denek çürütücülerde ise SRT 17 ve 23 gün olacak şekilde 120'şer gün boyunca gerçek ölçekli proses işletilmiştir. Anaerobik çamur çürütücülerin işletme parametrelerinden olan Uçucu Yağ Asitleri (UYA) ve Alkalinite değerlerinin farklı SRT'lerde biyogaz üretimine olan etkileri araştırılmıştır. SRT 17, 20 ve 23 gün için sırasıyla %86, %83, %87 UYA giderimi gerçekleştirilmiştir. En fazla biyogaz üretimi SRT 17 gün senaryosunda ortalama 4,756 m<sup>3</sup>/gün olarak gerçekleşmiştir.

## EFFECTS OF VOLATILE ACIDS AND ALKALINITY IN DIFFERENT SOLID RETENTION TIMES OF ANAEROBIC SLUDGE DIGESTER ON BIOGAS PRODUCTION YIELD

### Keywords

*Treated Sludge,  
Alkalinity,  
Biogas,  
SRT,  
Volatile Fat Acids.*

### Abstract

There is an increasing interest on the use of renewable energy sources to supply an important amount of the energy demand within the WWTP. The sludge produced in the wastewater treatment plants is one of the renewable energy sources as biomass. It is possible to produce biogas after the digestion of sludge by means of anaerobic processes. An important part of the operational costs of the waste water treatment plants (WWTP) is the energy cost. In order to achieve maximum efficiency, the process must operate in optimum solid retention time (SRT), other operational parameter values. In this study, a real scale research has been done in Konya urban wastewater treatment plant of 200.000 m<sup>3</sup>/day capacity consisting of 4 stage Bardenpho process with 4 mesophilic anaerobic sludge digestors. Same average operational temperature and volume values are chosen for reference and experimental digestors. The reference digester with the design values of 20 days SRT operated for 240 days and the experimental digester with SRT 17 and SRT 23 operated 120 days on real scale process. The effects of the Volatile Fat Acids (VFA) and alkalinity on different SRT values are researched during the production of biogas. For SRT 17, 20 and 23 days, 86%, 83% and 87% VFA removal was achieved, respectively. The highest biogas production was realized as 4,756 m<sup>3</sup>/day in the SRT 17 day scenario.

\* İlgili yazar / Corresponding author: serdar.koyuncu@konya.bel.tr, +90-332-221 6115

**Alıntı / Cite**

Koyuncu, S., Nas, B., (2022). Anaerobik Çamur Çürütücülerde Farklı Katı Madde Alıkonma Sürelerinde Uçucu Yağ Asitleri ve Alkalinitenin Biyogaz Üretim Verimine Etkileri, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 10(1), 103-109.

**Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)**

S. Koyuncu, 0000-0002-4757-4680  
B. Nas, 0000-0002-2942-8225

**Makale Süreci / Article Process**

<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b>	27.04.2021
<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b>	21.09.2021
<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b>	22.09.2021
<b>Yayın Tarihi / Published Date</b>	23.03.2022

**1. Giriş (Introduction)**

Enerji kaynaklarının yoğun bir şekilde tüketilmesinin nedenlerinden biri de günümüz koşullarında hayat standartlarının artması ve teknolojinin gelişmesidir. Dünyanın enerji ihtiyacının her geçen gün artması sonucu yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmaya başlamıştır. Atıksu arıtma tesisleri (AAT)'nde arıtma sonrası oluşan arıtma çamurları da yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılabilir biyokütleden bir tanesidir. Organik yükü fazla olan arıtma çamurlarının anaerobik proseslerde çürütülmesi ile yüksek biyogaz verimi elde edilmektedir (Koyuncu, 2014).

Farklı organik maddelerin işlenmesi için etkili bir yöntem olarak anaerobik arıtma köklü bir teknoloji olarak gösterilmektedir (Pöschl vd., 2010).

Yüksek organik yüklemelerde de anaerobik sistemler çalıştırılabilmektedir (Rittman ve McCarty, 2001). Organik ve inorganik maddelerin oksijensiz ortamlarda yokluğunda mikroorganizmaların yardımıyla parçalanarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) ve amonyak (NH<sub>3</sub>) gibi nihai ürünlere dönüşmesi anaerobik arıtma prosesi olarak tanımlanır. Atıksu arıtma tesislerinde ortaya çıkan ham (birincil) çamur ve biyolojik fazla çamurlar anaerobik (oksijensiz) ortamda çürütülürler. Anaerobik bakteriler tarafından anaerobik çamur çürütme prosesi gerçekleştirilir. Organik çamurların oksijensiz ayrışma süreci başlıca üç safhada gerçekleşir. Bu safhalar; hidroliz, asit üretimi ve metan üretimidir (Öztürk, 1999). Aktif çamur içerisindeki birçok organik bileşik partiküler formda bulunmakta olup, yavaş bir süreç olan hidroliz işlemiyle ayrışmaktadır (Aydın ve Civelekoğlu, 2010). Anaerobik çamur çürütücülerde üretilen biyogaz verimini etkileyen çok sayıda işletme parametresi bulunmaktadır. Çalışmaların lab veya pilot ölçekte yapılması ile gerçek ölçekte yapılması arasında önemli verim farklılıkları da gözlenebilmektedir. Konya AAT'de anaerobik çürütücülerin dizaynı SRT değeri 20 gün alınarak yapılmıştır. Tesisler işletmeye alındığında tasarımda ön görülen atıksu karakterizasyonunun da önemli değişiklikler olduğundan atıksu arıtma tesisleri mevcut işletme verilerine göre adapte edilebilmelidir. Bu çalışmada da dizayn değeri olarak SRT 20 gün alınan Konya AAT anaerobik çürütücülerini farklı SRT değerlerinde işletilmiş ve srt değerinin işletme verimine etkileri gerçek ölçekte araştırılmıştır.

**2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)**

Anaerobik çamur çürütücülerin işletilmesi ve işletme parametrelerinin verim üzerine etkilerine ilişkin çok sayıda laboratuvar ve pilot ölçekli araştırma yapılmıştır.

Anaerobik çürütme prosesinin optimum işletilmesinde etkili olan çevresel faktörlerden bazıları, uçucu organik katı madde (UKM), organik yükleme hızı (OLR), uçucu yağ asitleri (UYA), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Toplam Organik Karbon (TOK), alkalinite, UYA/alkalinite, pH, katı madde alıkonma süresi (SRT), sıcaklık, biyogaz miktarı ve metan (CH<sub>4</sub>) oranıdır. Prosesin maksimum verimde çalışması için sistemi etkileyen parametrelerin sürekli izlenmesi ve kontrol altında tutulması gerekmektedir. Speece (1996) tarafından yapılan bir çalışmada, genel olarak anaerobik arıtmada oluşan metanın %28'i CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>'den, %72'si ise asetik asitten üretildiği belirtilmiştir. Hidrojen kullanan metanojenler tarafından gerçekleştirilen metanojenik solunum CO<sub>2</sub>'den CH<sub>4</sub> oluşumu gerçekleşir (Alvarez, 2003). Anaerobik süreçte yer alan tamponlayıcı bileşikler, bikarbonat, hidrojen sülfür, fosfat ve amonyaktır (Anderson ve Yang, 1992). Karlsson vd. (2012) yaptıkları bir çalışmada; eser elementlerin çürütücüye ilavesi ile uçucu yağ asitlerin bozunma veriminin arttığını ve prosesin performansını iyileştirerek daha yüksek biyogaz üretilmesini belirtmişlerdir.

Ekonomik bir değeri olan ve prosesin verimini belirleyen bir parametre olan biyogaz anaerobik arıtmanın en önemli nihai ürünüdür. Üretilen biyogazın bir dizi arıtım ünitelerinden (köpük tutucu, çakıl filtre, desülfürizasyon vb.) sonra gaz motorları vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir (Koyuncu, 2014). Biyolojik arıtma sistemlerinde arıtma çamurlarının arıtımı ve bertaraf edilmesinin maliyeti, toplam atıksu arıtma maliyetinin yaklaşık %35-40'ını oluşturmaktadır (Yasui ve Shiba, 1994). AAT'lerin işletme giderlerinin en büyük payını enerji giderleri oluşturmaktadır. Arıtma çamurlarının anaerobik çürütülmesi ile elde edilen biyogazın elektrik enerjisine

çevrilerek tesisin enerji ihtiyacının önemli bir kısmı karşılanabilmektedir. Erdem vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada; atıksu arıtma tesislerinde ısıtma ihtiyacından kaynaklanan ısının anaerobik çürütme tanklarından çıkan biyogazın kullanılması ile işletme giderlerinin %80' i azalacağı ön görülmüştür. Türkiye'de 33 adet kentsel atıksu arıtma tesisinde çamur stabilizasyonu anaerobik çamur çürütücüler ile yapılmaktadır (TÜRAAAT, 2016). Geri dönüşüm yoluyla optimum enerji üretiminin sağlanması, tesisin yapım ve işletme maliyetlerinin azaltılması için tasarım kriterlerinin mevcut işletme verilerine uygunluğunun bilimsel olarak ortaya konulması gerekmektedir (Koyuncu, 2014). Yüksek miktarlarda biyogaz üretimi ve biyogaz içerisindeki metan muhtevasının da fazla olması anaerobik arıtma proseslerinde gerçekleşmesi istenen bir durumdur. Biyogaz içerisindeki metan oranının düşmesinin başlıca nedenlerinden biri de metan bakterilerinin çalışmasına etki eden bir unsurun oluşmasıdır (Metcalf ve Eddy, 2003). Teorik olarak 1 kg KOİ'nin giderilmesi ile 0.38 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> üretilir. Biyogazın ısı değeri 21,000-25,000 kJ/m<sup>3</sup>, yoğunluğu ise havanınkinin %86'sıdır. Biyogaz üretilen anaerobik proseslerde; %75 CH<sub>4</sub> içeren 1 m<sup>3</sup> gaz, 1.4 kWh elektrik enerjisine eşdeğerdir (Arceivala, 2002). Türkiye'nin biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 8,6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) ve üretililecek biyogaz miktarının ise 1,5-2 MTEP olduğu tahmin edilmektedir (Gürel, 2020).

Bu çalışmada; Konya kentinin kentsel atıksularının arıtıldığı ileri biyolojik AAT'deki 20 gün SRT değerine göre projelendirilen ve inşa edilen mevcut anaerobik çamur çürütücülerin farklı SRT' lerde (17 gün, 20 gün ve 23 gün) işletmesi durumunda biyogaz verimi araştırılmıştır. Bu amaçla, 240 gün boyunca Konya AAT ham atıksuyunda, debi, AKM, KOİ, BOİ, TOK, TN, TP ve pH, çürütücülere beslenen çamurda ve çürütülmüş çamurda, çamur debisi, organik yükleme hızı (OLR), TKM, UKM, KOİ, TOK, TKN, Alkalinite, UYA, Protein, pH ve sıcaklık, üretilen biyogazda ise biyogaz debisi, metan, CO<sub>2</sub> ve sülfür konsantrasyonları ölçülmüştür. Tüm bu çevresel işletme parametrelerinin optimum biyogaz üretimine etkisi araştırılmış olmakla birlikte, bu bildiri kapsamında önemli işletme parametrelerinden olan UYA ve Alkalinite parametrelerinin biyogaz üretimine etkileri tartışılmıştır.

### 3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Bu makalede, 2010 yılında işletmeye alınan ve 200,000 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli Konya kentsel ileri biyolojik AAT'de arıtma çamurlarının stabilizasyonu için tasarlanan ve inşaatı yapılan 4 adet her biri 7000 m<sup>3</sup> hacimli anaerobik çamur çürütücünün tasarım ve işletme verileri detaylı olarak incelenmiştir. Tesisin tasarımında anaerobik çürütücüler 20 gün SRT olarak tasarlanmıştır. Tesiste oluşan çamurlardan daha yüksek oranda biyogaz üretilmesi için anaerobik çürütücülerin farklı SRT değerlerinde işletilmesi, atıksu karakterizasyonu ve çeşitli işletme parametrelerinin biyogaz verimine etkisi araştırılmıştır.

Bu amaçla; tesiste bulunan çürütücülerden 3 adeti tasarım değeri olan SRT 20 gün de işletilirken bu reaktörlerden biri referans reaktör olarak izlenmiştir. Diğer 1 reaktör ise denek reaktör olarak SRT 17 gün ve SRT 23 gün olmak üzere 120'şer gün işletilmiştir. Anaerobik çürütücülere beslenen arıtma çamurunun UYA ve Alkalinite değerleri ile çürütücü çıkışındaki UYA ve Alkalinite değerleri izlenerek farklı SRT'lerde üretilen biyogaz verimine etkileri 8 ay süresince araştırılmıştır (Koyuncu, 2014).

Anaerobik çürütücülerde işletme şartlarının biyogaz verimine etkilerinin izlenmesi amacıyla 3 kez/hafta sıklığında izlenen pH, UYA, Alkalinite, sıcaklık, biyogaz debisi ve metan parametrelerin ölçüm ve analizleri için kullanılan cihazlar ile deneysel metotları Tablo 1'de özetlenmiştir.

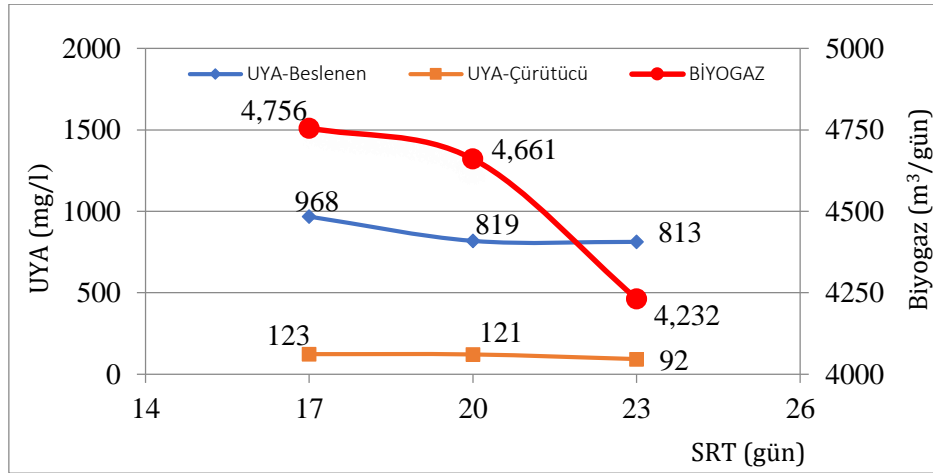
**Tablo 1.** İzlenen Parametrelerin Analiz Metotları ve Kullanılan Cihazlar (Koyuncu 2014) (Analysis Methods of Monitored Parameters and Equipments Used).

Parametre	Metod	Cihaz
pH	Elektrometrik Metod SM 4500 H <sup>+</sup> B	pH Metre Hach Sension
UYA	Kapiler Titrimetrik Metod	
Alkalinite	Titrimetrik Metodu SM 2320 B	
Sıcaklık (°C)	Laboratuar Metodu SM 2550 B	pH Metre Hach Sension
Biyogaz Debisi	Kütleli Debimetre	Kütleli Ölçüm - Drager
Metan (CH <sub>4</sub> )	Kütleli Debimetre	Kütleli Ölçüm Drager

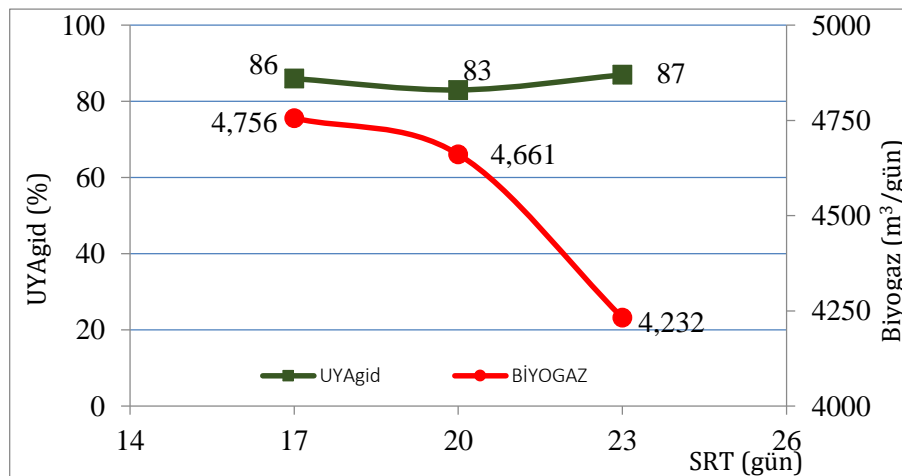
#### 4. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

Çalışma kapsamında; referans reaktör SRT 20 gün olacak şekilde 240 gün, denek reaktörler ise SRT 17 ve 23 gün değerlerinde 120'şer gün çalıştırılmıştır. 8 ay süreyle yapılan gerçek ölçekte reaktörlerde yürütülen deneysel araştırmalarda tesise ulaşan ham atıksu karakterizasyonunda önemli bir değişiklik olmamıştır. Anaerobik çürütücüler 120'şer günlük ve 240 günlük denemelerde ortalama 38 °C'de çalıştırılmış ve bu işletme süresince gün içinde  $\pm 2$  °C'nin altında sıcaklık salınımı olduğu görülmüştür (Koyuncu, 2014). Çalışma süresince beslenen çamurda ve çürütücü çıkışındaki çamurda UYA, alkalinite ve üretilen biyogaz miktarının ölçümleri 3 kez/hafta olmak üzere yapılarak verilerin aritmetik ortalamaları alınmak suretiyle proste üretilen biyogaz verimine etkileri değerlendirilmiştir.

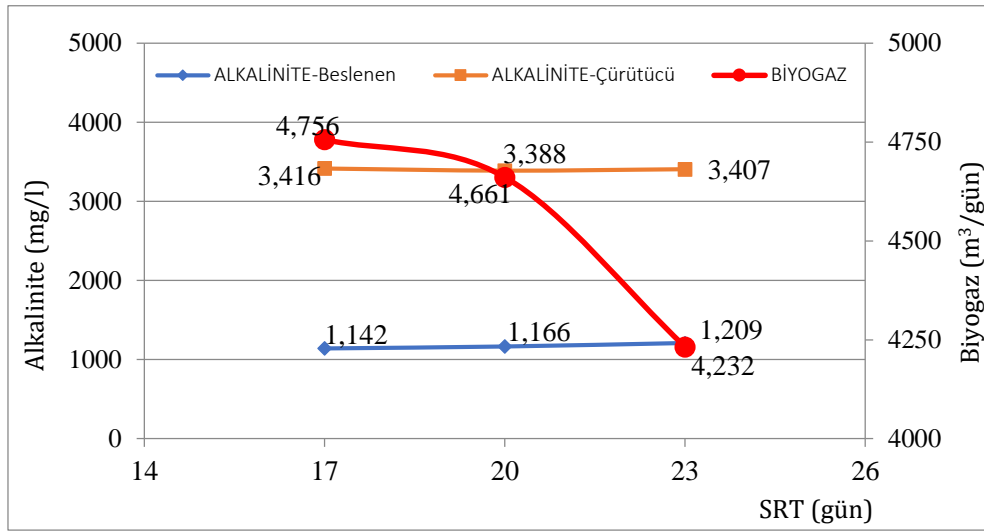
Buna göre; farklı SRT'lerdeki anaerobik çürütücüye beslenen ve çürütücü çıkışındaki çamurda UYA'nın değişimi ve üretilen biyogaz miktarları Şekil 1'de verilmiştir. Araştırmanın yapıldığı 240 gün boyunca anaerobik çürütücüye beslenen çamurların UYA değerleri zamanla değişim gösterebildiğinden 3 kez/hafta olmak üzere ölçülen UYA değerlerinin ortalaması alınmış ve 17 gün SRT de işletilen denek reaktöre beslenen UYA değerinin ortalaması 968 mg/L, 20 gün SRT de işletilen referans çürütücüde 819 mg/L ve son olarak 23 gün SRT de işletilen denek çürütücüde 813 mg/L UYA değerleri tespit edilmiştir. Bu besleme değerlerinde reaktörlerden çıkan çamurda ölçülen UYA değerleri ise 17, 20 ve 23 gün SRT değerleri için sırası ile 123 mg/L, 121 mg/L ve 92 mg/L olarak belirlenmiştir. Şekil 2'de farklı SRT'lerde (17 gün, 20 gün ve 23 gün) UYA'nın giderim verimleri sırasıyla %86, %83 ve %87 olarak gerçekleşmiştir. %86 oranında UYA gideriminin elde edildiği SRT 17 gün işletme şartlarında en yüksek biyogaz üretilmiştir.



Şekil 1. Farklı SRT Değerlerinde Çürütücülerde UYA ve Biyogaz Üretiminin Değişimi (Variation of VFA and Biogas Production in Digesters at Different SRT Values)



Şekil 2. SRT Parametresi ile Çürütücülerde UYA Gideriminin Değişimi (Variation of VFA Removal in Digesters by SRT Parameter)

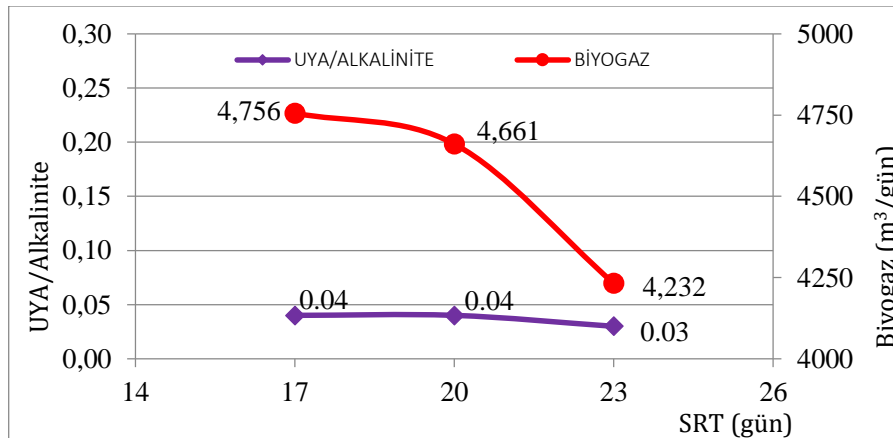


Şekil 3. SRT Parametresi ile Alkalinite ve Biyogaz Üretiminin Değişimi (Variation of Alkalinity and Biogas Production with SRT Parameter)

Anaerobik çürütücülerde besleme çamurundaki UYA; 1,000-1,500 mg/l'ye kadar değişebilir (Öztürk, 2007). UYA konsantrasyonunun 2,200 mg/l olduğu şartlarda organik yükün azaltılması gerektiği belirtilmiştir (Schober ve ark., 1999). Mezofilik anaerobik çürütücülerde  $50 < \text{UYA} < 300$  mg/l olması çürüme prosesinin iyi işlediğini gösterir (Metcalf ve Eddy, 2003). Beslenen çamurun UYA miktarı, giriş atıksu karakterizasyonuna bağlı olarak farklılık göstermektedir. Sistemde metan bakterileri tarafından UYA'nın tüketilmesi sonucunda çürütücü çıkışında çamurun UYA'sı azalmaktadır. Polonya'da evsel katı atıkların organik fraksiyonları ile arıtma çamurlarının ortak stabilizasyonunda  $\text{CH}_4$  oluşma kinetiğinin araştırıldığı bir çalışmada; SRT'nin artması ile üretilen biyogazda artış, UYA'da ise azalma olduğu görülmüştür (Sosnowski vd., 2008). Aşırı uçucu yağ birikimi yüksek organik yüklerin neden olduğu asitler (VFA), anaerobik sindirimi yoğun bir şekilde engeller (Xu vd., 2014). Bu çalışmada da çürümüş çamurdaki UYA değerleri SRT'nin yükseltilmesi ile birlikte azalmıştır.

Araştırma süresince; referans çürütücüde (SRT= 20 gün) yapılan 240 günlük izleme süresince üretilen toplam biyogaz 1,118,526 m<sup>3</sup>/gün olup, ortalama 4,661 m<sup>3</sup>/gün biyogaz üretimi elde edilmiştir. Birinci denek çürütücüde (SRT = 17 gün) yapılan 120 günlük izleme süresince üretilen toplam biyogaz 570,734 m<sup>3</sup>/gün olup, ortalama 4,756 m<sup>3</sup>/gün biyogaz üretimi elde edilmiştir. İkinci denek çürütücüde (SRT = 23 gün) yapılan 120 günlük izleme süresince üretilen toplam biyogaz 507,857 m<sup>3</sup>/gün olup, ortalama 4,232 m<sup>3</sup>/gün biyogaz üretimi elde edilmiştir. Atıksu arıtma tesisinin tasarımında anaerobik çürütücüler SRT 20 gün olarak tasarlanan tesisin bu çalışmada neticesinde; tasarımın aksine SRT 17 gün'de en yüksek miktarda biyogazın elde edilebileceği görülmüştür.

Çalışma süresince biyogaz verimini önemli ölçüde etkileyen UYA ile birlikte alkalinite değerinin etkisi de incelenmiştir. Buna göre; farklı SRT'lerdeki alkalinitenin değişimi ve biyogaz üretim değerleri Şekil 3'de verilmiştir. İşletme süresince 240 günde beslenen çamurda ve çürütülmüş çamurda alkalinite değerleri ham atıksu karakterizasyonuna bağlı olarak değişkendir. Beslenen çamurdaki alkalinite değerlerinin ortalaması 17, 20 ve 23 gün SRT işletme değerlerinde 1,142 mg/L, 1,166 mg/L ve 1,209 mg/L olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4. SRT Parametresi ile Çürütücülerde UYA/Alkalinite Oranının Değişimi (Variation of VFA/Alkalinity Ratio in Digesters by SRT Parameter)

Çürütülmüş çamurdaki alkalinite değerleri ise sırasıyla 3,416 mg/L, 3,388 mg/L ve 3,407 mg/L olarak gerçekleşmiştir. Biyogaz verimini etkileyen ve işletmede kontrol altında tutulması gereken parametrelerden olan UYA/Alkalinite ortalama değerleri ise 17, 20 ve 23 gün SRT işletme değerlerinde sırasıyla 0.04, 0.04 ve 0.03 olarak gerçekleşmiştir. UYA/Alkalinite değişimleri Şekil 4'de verilmiştir. Besleme çamurundaki alkalinite; 1,000-4,000 mg/l ve çürümüş çamurda ise 2,500-4,000 mg/l aralıklarında seyredebilir (Öztürk vd., 2005). McGraw-Hill, (2010)'a göre ise tipik mezofilik anaerobik çürütücülerde alkalinite 2,500-5,000 mg/L CaCO<sub>3</sub> değerleri arasında gerçekleşmelidir. Biyogaz içerisindeki CO<sub>2</sub> miktarının artışı veya alkalinite değerindeki düşme, pH'nın düşmeye başlamadan önce sistemin bozulduğunu gösterir (Klein, 2002).

Anaerobik çamur çürütücülerin işletilmesinde dikkate alınacak en önemli parametrelerden biri olan UYA/Alkalinite değerinin 0.1'den küçük olması çürüme işleminin iyi olduğunu gösterir (Öztürk, 2007). Metcalf ve Eddy (2003)'e göre ise UYA/Alkalinite oranı <0.3 mg UYA / mg/L CaCO<sub>3</sub> değerleri arasında gerçekleşmelidir. Çalışmamızda, farklı SRT'lerde UYA/Alkalinite oranının ortalama değerlerinin 0.04 ve 0.03 olarak gerçekleştiği yüksek verimle işletme yapıldığı tespit edilmiştir.

Tesisin incelendiği dönemdeki AAT'ye bağlı eşdeğer nüfus göz önüne alınarak kişi başına biyogaz oluşumu hesaplandığında SRT 17 gün de işletme yapılması durumunda yaklaşık 19 L biyogaz /kişi.gün değeri elde edilmiştir. VSA (2010) da bu değer 18-26 L/kişi.gün aralığında olabileceği verilmektedir. Oluşan biyogazın CH<sub>4</sub> içeriği ise %63-67 aralığında olabilmektedir. İnceleme süresinde SRT 20 gün olan referans çürütücüde %61-72 aralığında olmak üzere ortalama %68 CH<sub>4</sub> içeriği belirlenmiştir. SRT 17 gün de ise %62-70 aralığında olmak üzere ortalama %67 CH<sub>4</sub> içeriği gözlenirken, 23 gün SRT de %68-71 olmak üzere ortalama %69 CH<sub>4</sub> içeriği tespit edilmiştir (Koyuncu, 2014).

## 5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Konya AAT ülkemizdeki mevcut AAT'lerden anaerobik çamur çürütücüye sahip büyük ölçekli AAT'lerinden biridir. 2010 yılında işletmeye alınan tesiste anaerobik çürütücüler ise her biri 7000 m<sup>3</sup> hacminde olan 4 çürütücüden oluşmaktadır. Tesiste ön çökeltme ve fazla biyolojik çamurlar graviteli yoğunlaştırıcı sonrası 20 gün SRT de tasarlanan ve işletilen çürütücülerde stabil hale getirilmektedir. Tasarım değeri olan 20 gün SRT ile işletilen çürütücülerden optimum işletme şartlarının belirlenmesi ve daha fazla biyogaz elde edilebilmesi amacıyla optimum SRT değeri araştırılmıştır.

Bu kapsamda; yapılan araştırmalarda çok sayıda çevresel işletme parametrelerinin 240 gün süresince etkisi incelenmiş olmakla birlikte bu bildiri kapsamında çamurdaki UYA ve alkalinite değerlerinin, SRT değişimi ile birlikte biyogaz oluşuma etkisi tartışılmıştır. Tasarım değeri olan 20 gün yerine 17 gün SRT de çürütücülerin işletilmesi durumunda daha fazla biyogaz üretildiği belirlenmiştir. 17 gün SRT işletme sürecinde 19 L biyogaz /kişi.gün değeri elde edilmiştir ve üretilen biyogazın CH<sub>4</sub> içeriği ortalama %67 olarak tespit edilmiştir (Koyuncu, 2014). En az UYA giderimi SRT 20 gün işletme şartlarında çalıştırılan referans reaktörde gerçekleşmiştir. En yüksek biyogazın elde edildiği SRT 17 gün denek reaktöründe ise ortalama %86 oranında UYA giderimi gerçekleşmiştir.

Anaerobik proseslerde UYA'nın Alkaliniteyi tüketmesinden dolayı iki parametrenin dengede olması gerekmektedir. Bu çalışmada işletme süresince her iki parametrenin ve pH değerlerinin sürekli kontrol altında tutulduğundan dolayı sistemin inhibe olması engellenmiştir. Besleme çamurunda ve çürümüş çamurdaki alkalinite değerleri anaerobik çamur arıtımında genel biyolojik arıtma prensibi olarak istenilen değerlerde kaldığı görülmüştür. Referans ve denek çürütücülerde işletme süresince UYA/Alkalinite değerleri istenilen işletme değerlerinde olduğu belirlenmiştir. SRT 17-20-23 gün işletme değerleri için UYA/Alkalinite sırasıyla 0.04-0.04 ve 0.03 değerlerinde olduğu izlenmiştir. Metcalf ve Eddy (2003)'e göre ise UYA/Alkalinite oranı <0.3 mg UYA / mg/L CaCO<sub>3</sub> değerleri arasında gerçekleşmelidir. Bu çalışmada referans ve denek çürütücülerdeki UYA/Alkalinite değerleri literatür verileri içerisinde kalmıştır. Ülkemizde anaerobik çamur çürütücü prosesi olan atıksu arıtma tesisleri mevcut işletme verilerini değerlendirerek anaerobik çürütücülerini optimum verimde işletebilmek için işletme şartlarının biyogaz verimine etkilerini araştırmalıdır.

## Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde her türlü desteği sağlayan Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi (KOSKİ) Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

## Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

**Kaynaklar (References)**

- Alvarez, M.J., 2003. Biomethanization of the organic fraction of municipal solid wastes, *Iwa Publishing*, U.K.
- Anderson, G. H. and Yang, G., 1992. Determination of bicarbonate and total volatile acid concentration in anaerobic digesters using a simple titration, *Water Environment Research*, 64 (1), 53-59.
- Arceivala, S.J., 2002. Wastewater Treatment for Pollution Control, Balman V., Balman, A.H., New Delhi. Design of Municipal Wastewater Treatment Plants, 5th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Aydın, B., Civelekoğlu, G., 2010, Ultrasonik Arıtmanın Atık Aktif Çamur Üzerine Etkileri, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 1(1), 28-32.
- Erdem, İÇ., Doğan, Ö., Kurt, ES., 2019. Tam Ölçekli İki Aşamalı Kısmi Nitrifikasyon-Anammox Ünitesi İçin Maliyet Belirleme Çalışması, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(3), 671-679.
- Gürel, B., 2020. Türkiye'deki Güncel Biyokütle Potansiyelinin Belirlenmesi ve Yakılmasıyla Enerji Üretimi İyi Bir Alternatif Olan Biyokütle Atıklar İçin Sektörel Açından ve Toplam Yanma Enerji Değerlerinin Hesaplanması, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(2), 407-416.
- Karlsson, A., Einarsson, P., Schnürer, A., Sundberg, C., Eilertsson, J., Svensson, B.H., 2012. Impact of trace element addition on degradation efficiency of volatile fatty acids, oleic acid and phenyl acetate and on microbial populations in a biogas digester, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 114(4), 446-452.
- Klein, J., 2002. Anaerobic wastewater treatment-the anaerobic digestion of lipids, *Tampere University of Technology, Department of Environmental Engineering*.
- Koyuncu, S., 2014 . "Konya Atıksu Arıtma Tesisi Anaerobik Çamur Çürütücülerinde Optimum Biyogaz Verimi için İşletme Şartlarının ve Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi" Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya, 180 s.
- Metcalf ve Eddy, 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse, McGraw-Hill inc, New York.
- Öztürk, İ., 2007. Anaerobik Arıtma ve Uygulamaları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Öztürk, İ., Timur, H. ve Koşkan, U., 2005 Atıksu arıtımının esasları, *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı*, Ankara.
- Pöschl, M., Ward, S., and Owende, P., 2010. Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization pathways, *Applied Energy*, volume 87, Issue 11, November, Pages 3305-3321.
- Rittmann, B.E. and McCarty, P.L., 2001. Environmental biotechnology principles and applications, *McGraw-Hill inc. New York*.
- Schober, G., Schafer, J., Schmid, U. and Trosch, U., 1999. One and two-stage digestion of solid organic waste. *Water Research*, 33, 854-860.
- Sosnowski, P., Smolka, K.A., Kaczorek, K. and Ledakowicz, S., 2008 Kinetic investigations of methane co-fermentation of sewage sludge and organic fraction of municipal solid wastes, *Bioresource Technology*, 99, 5731-5737.
- Speece, R.E., 1996. Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters, *Archae Press*.
- TÜRAAT, 2016. Ülke Genelindeki Evsel/Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumunun Tespiti, Revizyon İhtiyacının Belirlenmesi Projesi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Final Raporu, Koordinatör: Prof.Dr. Bilgehan NAS.
- VSA - Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutz-Fachleute, 2008/2010. Energie in ARA, Leitfaden zur Energieoptimierung auf Abwasserreinigungsanlagen. Handbuch im Auftrag des Bundesamtes für Energie und des VSA, Schweiz.
- Xu, Z., Zhao, M., Miao, H., Huang, Z., Gao, S., Ruan, W., 2014. In situ volatile fatty acids influence biogas generation from kitchen wastes by anaerobic digestion, *Bioresource Technology*, 163, 186-192.
- Yasui, H. and Shiba, M., 1994. An innovative approach to reduce excess sludge production in the activated sludge process, *Water Science and Technology*, 30 (9), 11-20.