

AÇIK VE KAPALI ÇAMUR KURUTMA YATAKLARINDAKİ TOPLAM KOLİFORM VE HETEROTROFİK BAKTERİ SAYILARININ DEĞİŞİMİ

*F. Olcay TOPAÇ**

*Ufuk ALKAN**

*N. Kamil SALİHOĞLU**

*Bülent BİRDEN**

Özet: Bu araştırmada arıtma çamurları açık ve kapalı çamur kurutma yataklarında kurutulmuş ve çamurdaki toplam koliform ve heterotrofik bakteri sayılarının 3 farklı kuruma dönemi süresince gösterdiği değişim izlenmiştir. Çalışmada kullanılan kapalı solar kurutma yatağı, geçirimsiz beton zeminin güneş enerjisi kolektörleriyle ısıtılması ve içteki sıcak havayı taş yatağa geri döndüren aksiyal fanların kullanılması bakımından benzer sistemlerden farklılık göstermektedir. Çalışma sonuçları açık çamur kurutma yataklarında kuruma ve mikrobiyal giderim veriminin doğrudan iklim koşullarına bağlı olduğunu göstermiştir. Kuvvetli yağışların ardından açık sistemdeki çamurlarda mikrobiyal yeniden çoğalma gözlenmiş ve artan nem seviyesi bakteri sayılarını 1 ila 1,5 log arttırmıştır. Diğer taraftan, kapalı kurutma yataklarındaki çamurlar hem katı madde hem de bakteri içeriği açısından daha tutarlı sonuçlar vermiştir. Kapalı sistemdeki katı madde oranları tüm kurutma dönemlerinde % 85'in üzerine çıkmıştır. Toplam koliform ve heterotrofik bakteri giderimleri sırasıyla 2,27 ila 3,68 log ve 1,45 ila 2,80 log olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, çamur kurutma yatağı, heterotrofik bakteri, toplam koliform.

Variation of Total Coliform and Heterotrophic Bacteria Numbers in Open and Covered Sludge Drying Beds

Abstract: In this study, wastewater sludges were dried in open and covered sludge drying beds and the variations of total coliform and heterotrophic bacteria numbers in sludges were monitored during three different drying periods. Compared to similar solar drying systems, the covered sludge drying bed employed in this study presented diversity with respect to flat plate solar collectors which heated the impermeable concrete floor and the axial fans which recycled warm indoor air back to the rock bed. The results of the study indicated that drying and microbial removal efficiency in open sludge drying beds directly depend on climatic conditions. After the heavy rainfall events microbial regrowth was observed in open sludge drying beds and increased moisture level introduced an increment of 1-1,5 log bacteria. On the other hand, the sludge from covered drying bed produced more consistent results with respect to dry solids and bacterial content. The dry solid contents in sludges from the covered system were all above the value of 85% in all drying periods. The removal of total coliform and heterotrophic bacteria were 2,27 to 3,68 log and 1,45 to 2,80 log, respectively.

Key Words: Wastewater sludge, sludge drying bed, heterotrophic bacteria, total coliforms.

1. GİRİŞ

Günümüzde, alıcı ortamların kalitesini korumaya yönelik önlemlerin alınmasıyla birlikte atıksu arıtımının artması sonucu oluşan arıtma çamurlarının bertarafı önem kazanmış ve çamurların çeşitli metotlarla işlenmeleri sonucunda biyokatılara dönüştürülerek tarım arazilerinde kullanılmaları oldukça yaygın hale gelmiştir (Epstein, 2002; Sánchez-Monedero ve diğ., 2004). Ağır metal ve sentetik organik kimyasal içeriği yönünden uygun özellikler taşıyan arıtma çamurlarının toprak yüzeyine uygulanmasıyla toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri gelişmekte ve toprağın gübre ihtiyacı kısmen karşılanmaktadır (Banerjee ve diğ., 1997). Ancak, patojen mikroorganizmaların varlığı, çamur stabilizasyon ve dezenfeksiyon yöntemlerinin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır (USEPA, 1999). Yapılan çalışmalar ham çamurların araziye uygulanması sonucu, topraktaki ve sızıntı sularındaki bakteri sayılarında önemli artışların olabileceğini göstermektedir (Kocaer ve diğ., 2004).

* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Görükle, Bursa.

Aritma çamurlarının açık havada kurutulması patojen mikroorganizmaların giderimi için özellikle küçük ölçekli atıksu arıtma tesislerinde yaygın olarak uygulanan yöntemlerden biridir. Açık havada kurutma yöntemi kurutma yataklarına serilen çamurların atmosfere açık doğal yollarla kurutulmasını ifade etmektedir. Arıtma çamurlarının kullanımı ve bertarafına ilişkin kuralları içeren U.S. EPA 40 CFR Part 503 yönetmeliği açık havada kurutma yöntemini B sınıfı biyokatı eldesi için öngörülen stabilizasyon yöntemlerinden biri olarak kabul etmektedir. Yönetmelikte 3 ay süren bir kurutmadan sonra (bu 3 ayın 2 ayında sıcaklık 0°C'nin üstünde olmalıdır) çamurdaki patojenik virüs konsantrasyonunun 1 log, bakterilerin ise yaklaşık 2 log azalacağı bildirilmiştir (USEPA, 1999).

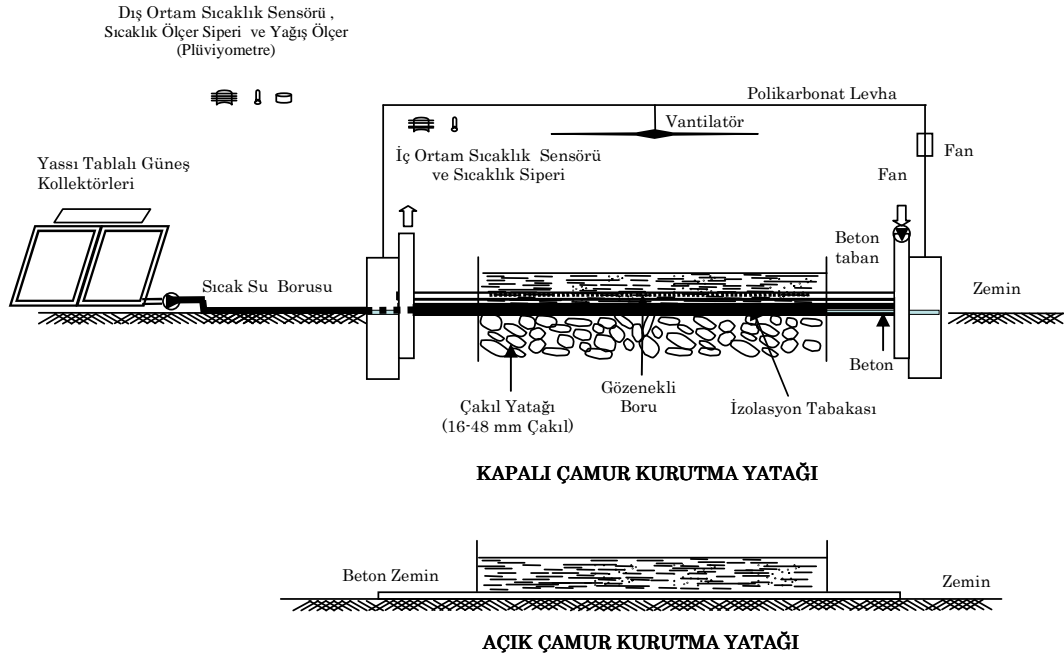
Çamur kurutma sistemlerinde patojen giderim verimliliği, sıcaklık, güneş ışığı, kuruma, uygun olmayan pH ve diğer mikroorganizmaların etkisi gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Son yıllarda stabilizasyon ve dezenfeksiyon verimliliğini arttırmak üzere kapalı çamur yataklarının kullanımına yönelik çalışmalar artmıştır. Çalışmalarda bu sistemlerdeki buharlaşmanın konvansiyonel sistemlere kıyasla daha hızlı olacağı belirtilmiştir (Bux ve diğ., 2002). Salihoğlu ve Pınarlı (2007) tarafından yürütülen çalışmada çamurun katı madde içeriği yönünden stabil, taşınabilir ve deponalabilir bir yapıya kavuşması için kapalı yataklarda güneş enerjisiyle kurutulmasının açık yataklara göre daha etkin olduğu belirtilmiştir. Kapalı sera sistemlerinde sıcaklığın dış koşullara göre daha yüksek olması beklenen bir sonuçtur. Yağışın kuruma sürecini geciktirici etkisi kapalı kurutma yataklarını cazip hale getirmektedir. Kapalı kurutma yatağı sisteminin önemli özelliklerinden biri de tabandaki dolgu yataktır. Kürklü ve diğ. (2003) tünel tip seralardaki taş dolgu yatak sayesinde iç ve dış ortam arasında 10°C'lik bir sıcaklık farkı oluşturduğunu belirlemiştir.

Bu çalışmada belt pres çıkışından alınan arıtma çamurunun açık ve kapalı çamur susuzlaştırma pilot ünitelerine serilerek, çamurdaki mikroorganizma sayılarının kuruma süresince gösterdiği değişimin izlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada kullanılan kapalı kurutma yatağı, alttan güneş enerjisi kolektörleriyle ısıtılması ve içteki sıcak havayı taş yatağa geri döndüren aksiyal fanların kullanılması bakımından benzer sistemlerden farklılık göstermektedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Açık ve Kapalı Kurutma Yatakları

Arıtma çamuru örnekleri, özel olarak tasarlanmış olan tünel tipindeki kapalı sistem (KS) ve açık sisteme (AS) serilerek mevsimsel değişimlerin etkisini ortaya koymak üzere 3 farklı dönemde kurutulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1:

Kapalı ve açık çamur kurutma yataklarının şematik diyagramı (Birden, 2006).

Her iki tesis de, 15 cm kalınlığında su geçirmez beton zemin üzerine inşa edilmiştir. KS'in yüksekliği 2,5 m ve 10 mm kalınlığı olan çift cidarlı (duvarlı) saydam polikarbonat levhalarla kaplı bir çatısı bulunmaktadır. Su geçirimsiz beton zemin altında 16-48 mm çaplı çakıllarla 50 cm derinliğinde bir taş yatak inşa edilmiştir. KS'in zemini iki yassı tabla halindeki güneş kolektörleri ile ısıtılmıştır. İçerideki sıcak havanın sirkülasyonu ise, aksel fanlarla taş yatak içinden sağlanmıştır. Ayrıca çamur üzerinde oluşan doymuş buhar tabakasının atılması için de bir vantilatör monte edilmiştir.

AS de 15 cm kalınlığında su geçirmez beton zemin üzerinde inşa edilmiştir. AS'de taş yatak, vantilatör ve fan sistemleri uygulanmamıştır.

2.2. Çamur Örneği

Arıtma çamuru örneği, kentsel ve endüstriyel atıksuyun 64.000 m³/gün akış hızında arıtıldığı bir atıksu arıtma tesisinden alınmıştır. Uzun havalandırmanın akabinde, çamur bir ikincil çöktürme tankında ve cazibeli çamur yoğunlaştırıcılarda çökmeye bırakılmıştır. Son olarak, çamurun % 20-25 katı içeriğe sahip olacak şekilde bir filtre preste suyu çekilmiştir. Her iki sistemde de çamur örnekleri 25 cm yükseklik oluşturacak şekilde serilmiştir. Çalışmada kullanılan ham arıtma çamurunun bazı özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo I.
Açık ve kapalı kurutma yataklarına serilen arıtma çamurlarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Parametre	Birim	Arıtma Çamuru		
		Mart	Haziran	Eylül
pH		7,19	7,18	8,12
Toplam Katı Madde	%	21,36	21,93	21,63
Toplam Organik Madde	%	60,75	60,52	57,69
Toplam İnorganik Madde	%	39,25	39,48	42,31
Toplam Azot (Top-N)	%	3,28	3,78	5,38
Amonyak Azotu (NH ₃ -N)	%	0,06	0,38	0,86
Toplam Fosfat Fosforu (PO ₄ -P)	%	1,65	0,70	2,69
Hg	mg/kg	0,2	0,2	0,2
Pb	mg/kg	25	31	29
Cu	mg/kg	303	237	388
Zn	mg/kg	416	448	541
Ni	mg/kg	120	94	128
Cr	mg/kg	286	330	321
Cd	mg/kg	2	1	2
As	mg/kg	40	47	45

2.3. Analiz Yöntemleri

Her bir kurutma periyodu süresince kurutma yataklarından 7 günde bir alınan çamur örneklerinde toplam koliform ve heterotrofik bakteri sayıları ile toplam katı madde içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca hava sıcaklığı ve yağış parametreleri de kurutma süresince izlenerek kaydedilmiştir.

Toplam koliform sayımları, Standart Metotlar'da verilmiş olan En Muhtemel Sayı Yöntemi'ne göre yapılmıştır (APHA, 1998). Besi yeri olarak Brilliant Green Bile Broth kullanılmıştır. Aşılmalı tüpler 37,5 ± 0,2 °C'de 48 saat boyunca inkübe edilmiştir. Sonuçlar MPN/ 100 ml olarak bulunmuş ve MPN/ g kuru madde'ye dönüştürülmüştür. Çamur örneklerindeki heterotrofik bakteri sayıları ise, Plate Count Agar (Tryptone 5.0 g l⁻¹, Maya Özü 2.5 g l⁻¹, Glikoz 1.0g l⁻¹, Agar 9.0 g l⁻¹) besiyeri kullanılarak koloni sayım yöntemine göre belirlenmiştir (APHA, 1998). Sayımların sonuçları cfu/100 ml cinsinden elde edilmiş ve cfu/g kuru madde'ye çevrilmiştir.

Çamur örneklerinin toplam katı madde içerikleri 105 °C'de 1 saat kurutma sonucu meydana gelen ağırlık azalmasından hesaplanmıştır. Hava sıcaklığı kuruma periyodu süresince Onset Computer H21-001 HOBO meteoroloji istasyonu ile ölçülerek ortalamalar veri derleyiciye kaydedilmiştir. İç

ortam sıcaklık değerleri de Onset Computer H21-002 HOB0 Mikro istasyon ile ölçülerek ortalamalar veri derleyiciye aktarılmıştır. Düşen yağış miktarları için Regenmesser nach Prof. Hellmann $\leq 0,1$ mm, plüviyometre kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Açık ve kapalı yataklarda Mart, Haziran ve Eylül dönemlerinde kurutulan arıtma çamurlarının toplam koliform ve heterotrofik bakteri sayılarında meydana gelen değişimler Şekil 2'de görülmektedir.

Mart dönemine ilişkin grafik (Şekil 2a) incelendiğinde, AS'de kurutulan çamurdaki toplam koliform sayılarının kurutma periyodu süresince 6,26 log'dan 4,22 log'a indiği görülmektedir. Bu dönemde toplam koliform sayılarında meydana gelen belirgin azalma 35. günden sonra gerçekleşmiştir. Mart döneminde KS'de kurutulan çamurlardaki toplam koliform sayıları ise büyük farklılık olmamakla birlikte genel olarak AS'de belirlenen değerlerin altında kalmıştır. KS'de Mart dönemi süresince belirlenen toplam koliform sayıları 6,27 ila 3,75 log arasında değişmektedir.

AS ve KS'de Mart döneminde kurutulan çamurlardaki heterotrofik bakteri sayıları ise sırasıyla, 11,26 ila 8,39 ve 11,26 ila 8,31 log arasında değişmektedir. Dönem sonunda AS'de heterotrofik bakteri sayısı 9,59 log olarak belirlenirken, KS'de bu değer 8,80 log olarak bulunmuştur. 52 günlük Mart kurutma dönemi sonunda AS'de ulaşılan çamur katı madde miktarı %70, KS'de ise %94'tür. Bu dönemde AS'de ortam sıcaklığı ortalama 12,9 °C iken, KS'de 18,5°C olarak ölçülmüştür. Mart döneminde toplam 16,6 mm yağış gerçekleşmiştir.

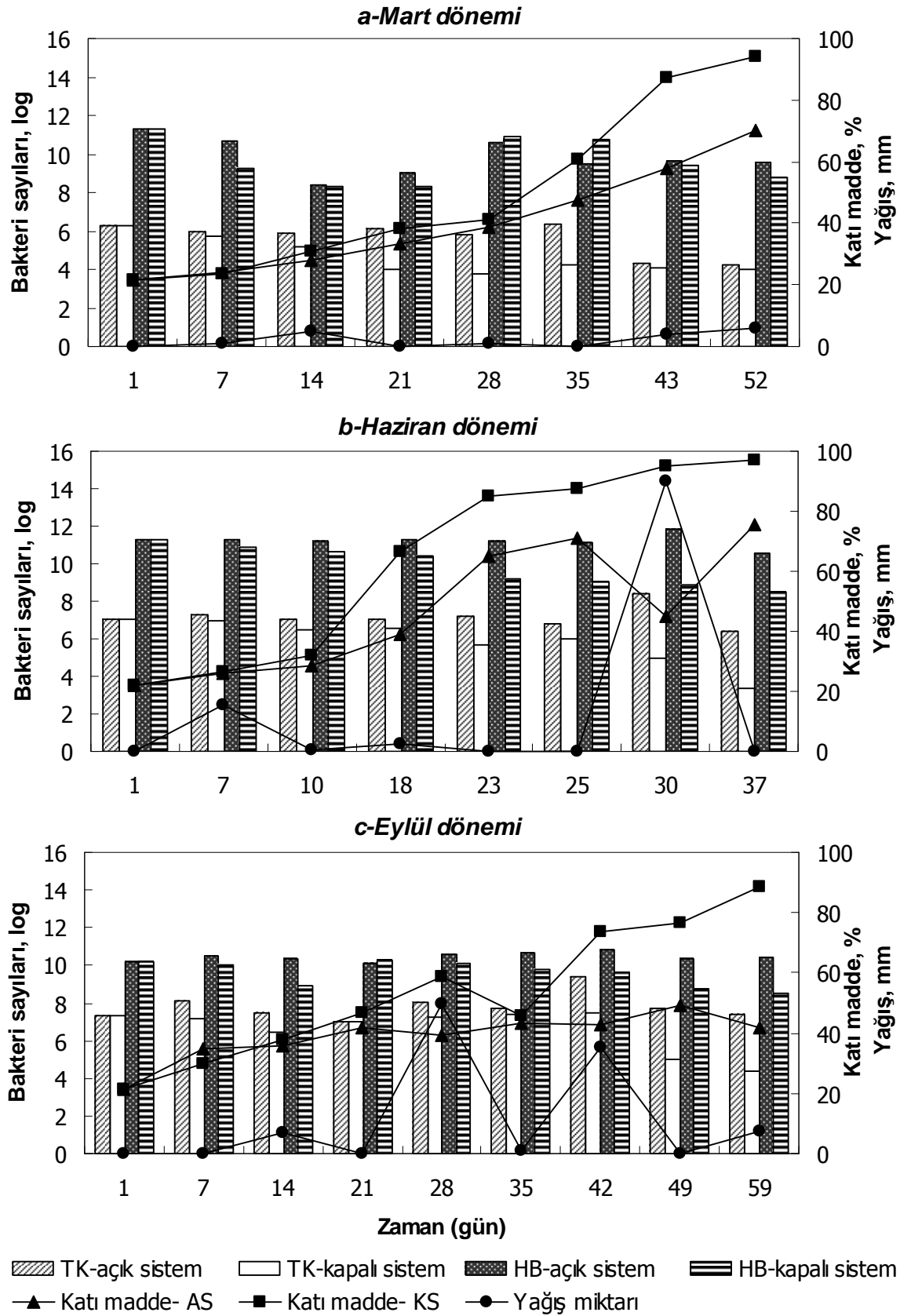
Haziran dönemine ilişkin sonuçlar incelendiğinde (Şekil 2b) AS ve KS'de kurutulan çamurlardaki bakteri sayılarında meydana gelen değişimlerin belirgin farklılıklar gösterdiği dikkati çekmektedir. AS'de belirlenen toplam koliform sayıları ilk 25 günlük periyotta önemli bir değişim göstermemiş (7,04 ila 6,81 log), ancak 30. günde yağmurun etkisiyle artan nem miktarına bağlı olarak artmıştır. Çamurun nem içeriğinde meydana gelen artışa bağlı olarak bakterilerin yeniden çoğalabileceği Gibbs ve diğ. (1997), Ward ve diğ. 1981) ve Alkan ve diğ.(2007) tarafından yapılan çalışmalarda da vurgulanmıştır. KS'de kurutulan çamurlardaki toplam koliform sayılarının ise 7,04 ila 3,36 log arasında değiştiği ve dönem süresince kademeli bir azalma gösterdiği tespit edilmiştir.

AS'de belirlenen heterotrofik bakteri sayıları Haziran periyodunda belirgin bir değişim göstermemiştir. Heterotrofik bakteri sayıları 11,29 ila 10,59 log arasında değişmektedir. KS'de kurutulan çamurlarda ise heterotrofik bakteri sayılarının 11,29 log'dan 8,49 loga düştüğü tespit edilmiştir.

Haziran döneminde kurutulan çamurların katı madde %'lerinde meydana gelen değişimler incelendiğinde, yağmurun az olduğu ilk 25 günlük dönemde AS'de ulaşılan çamur katı madde %'si 71 iken, KS'de bu değer %87 olarak bulunmuştur. Kurutma periyodunun 30. gününde yağın yağmurun etkisiyle (90 mm) AS'de kurutulan çamurun katı madde %'si 45'e düşmüştür. 37 günlük Haziran dönemi sonunda ulaşılan katı madde yüzdeleri AS ve KS için sırasıyla %76 ve %97 olmuştur. Bu dönemde AS ortam sıcaklığı ortalama 23,0 °C, KS iç ortam sıcaklığı 26,8°C olarak ölçülmüştür. Haziran döneminde toplam 100,9 mm yağış gerçekleşmiştir.

Eylül döneminde kurutulan çamurlardaki bakteri değişimleri Şekil 2c'de görülmektedir. AS'de belirlenen toplam koliform sayıları dönem süresince salınımlar göstermiştir. Kurutma dönemi başlangıcında belirlenen toplam koliform sayısı 7,29 log iken dönem sonunda bu değer 7,38 log olarak belirlenmiştir. Kurutma periyodunun 28. ve 42. günlerinde AS'deki toplam koliform sayılarında yağışlardan sonra gözlenen belirgin artış dikkati çekmektedir. KS'de belirlenen toplam koliform sayıları AS'de belirlenen sayılardan belirgin olarak düşüktür. Eylül dönemi sonunda KS'deki toplam koliform sayıları 4,38 log'a düşmüştür.

AS'deki heterotrofik bakteri sayıları dönem süresince belirgin bir değişim göstermezken, KS'deki bakteri sayıları kuruma süresince yaklaşık 1,5 log azalmıştır. AS'de kurutulan çamurların katı madde içeriği dönem sonunda %41 seviyesinde kalırken, aynı dönem sonunda KS'de bu değer %87 olarak bulunmuştur. Bu dönemde AS ortam sıcaklığı ortalama 19,9 °C, KS iç ortam sıcaklığı 26,1°C olarak ölçülmüştür. Eylül döneminde toplam 108,9 mm yağış gerçekleşmiştir.



Şekil 2:
 Açık ve kapalı yataklarda kurutulanan arıtma çamurlarındaki toplam koliform (TK-log MPN/g) ve heterotrofik bakteri (HB-log cfu/g) sayılarında meydana gelen değişimler.

Çalışma sonuçları, yılın hemen her döneminde, KS'nin AS'ye göre kurutma veriminde ve ürünün mikrobiyal kalitesinde belirgin olarak üstün olduğunu göstermektedir. Bux ve diğ. (2002)'nin yaptıkları çalışmada, kapalı kurutma yatağı sistemlerinin, açık kurutma yatağı sistemlerine göre metrekarede 3 kata kadar daha hızlı bir kurutma hızına sahip olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada elde edilen kuruma değerleri incelendiğinde de KS'deki çamurların tüm dönemlerde daha hızlı kurudukları görülmektedir. Özellikle Eylül dönemi sonuçlarında bu fark daha belirgindir. Eylül döneminde meydana gelen 108,9 mm'lik toplam yağış ve Haziran dönemine göre düşük olan sıcaklık, AS'de serili çamurun kurumasını engellemiş ve katı madde değerinin % 41,7'de kalmasına neden olmuştur.

Arıtma çamurundaki toplam koliform ve heterotrofik bakteriler için en yüksek giderim verimi KS'de Haziran döneminde gerçekleşirken, en düşük giderim verimi Eylül dönemindeki çalışmada AS'de gerçekleşmiştir. Sonuçlar, katı madde %'sindeki artışa bağlı olarak mikrobiyal giderim veriminin arttığını açıkça göstermektedir. Liang ve diğ. (2003) tarafından yapılan çalışmada % 50'nin altındaki nem oranının mikrobiyal faaliyetleri olumsuz etkilediği belirtilmiştir.

AS performansı çevre sıcaklığı ve yağmurdan etkilenirken, KS'de yağışın performans üzerine etkisi azdır. Yağışın KS'de tek etkisi, bulutlanma nedeniyle güneş panelleri için gereken güneş enerjisindeki azalma olabilir. Öte yandan, kurutma süresinin belirlenmesinde çevre sıcaklığı önemli bir etkidir. Her ne kadar, KS'de istenen oranda susuzlaştırma sağlamak mümkünse de, kullanılan tek ısı kaynağının güneş enerjisi olması nedeniyle kuruma süresi, soğuk mevsimlerde sıcak mevsimlere göre daha uzun olacaktır.

4. SONUÇLAR

AS'de kuruma ve mikrobiyal giderim veriminin doğrudan iklim koşullarına bağlı olduğu gözlenmiştir. Kuruma periyodu süresince meydana gelen kuvvetli yağışların ardından AS'deki çamurlarda mikrobiyal yeniden çoğalma gözlenmiş ve bakteri sayılarında 1 ila 1,5 log'luk bir artış olmuştur.

KS'ye serilen çamurların, yağış gibi çevresel faktörlerden etkilenmemesi ve ortam sıcaklığının güneş kolektörleri yardımı ile dış ortama göre yüksek oluşu sistemin başarısını arttırmıştır.

KS'ye serilerek kurutulan çamurlar hem katı madde hem de bakteri içeriği açısından tüm dönemlerde tutarlı sonuçlar vermiştir. KS'deki katı madde oranları Mart, Haziran ve Eylül dönemlerinde % 85'in üzerine çıkmıştır. AS'deki katı madde oranları ise Mart ve Haziran dönemlerinde %70'in üzerine çıkarken, Eylül ayında %42'de kalmıştır. Farklı dönemlerde yürütülen çalışmalarda KS'deki toplam koliform giderimi 2,27 ila 3,68 log arasında gerçekleşirken, heterotrofik bakteri sayıları 1,45 ila 2,80 log azalmıştır. AS'deki toplam koliform ve heterotrofik bakteri sayıları ise sırasıyla 0,68 ila 2,05 log ve 0,01 ila 1,67 log'luk azalma göstermiştir.

5. TEŞEKKÜR

Katkılarından dolayı Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı'na (Proje no: YUUP 2003-110) ve Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi'ne (BUSKİ) teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR

1. Alkan, U., Topaç, F. O., Birden, B. and Başkaya, H. S. (2007) Bacterial regrowth potential in alkaline sludges from open-sun and covered sludge drying beds, *Environmental Technology*, 28(10),1111-1118.
2. APHA (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Water Work Association and Water Environment Federation, 20th ed., American Public Health Association, Washington, DC.
3. Banerjee, M. R., Burton, D. L. and Depoe, S. (1997) Impact of sewage sludge application on soil biological characteristics, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 66(3), 241-249.
4. Birden, B. (2006) *Çeşitli Susuzlaştırma Yöntemlerinin Arıtma Çamurlarındaki Patojen Mikroorganizma Üzerine Etkisi*. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
5. Bux M., Baumann R., Quadt S., Pinnekamp J. and Mühlbauer W. (2002) Volume reduction and biological stabilization of sludge in small sewage plants by solar drying. *Drying Technology*, 20(4-5), 829-837.

6. Epstein, E. (2002) Land Application of Sewage Sludge and Biosolids, Lewis Publishers, Florida, USA.
7. Gibbs, R. A., Hu, C. J., Ho, G. E. and Unkovich, I. (1997) Regrowth of faecal coliforms and salmonellae in stored biosolids and soil amended with biosolids, *Water Science and Technology*, 35(11), 269-275.
8. Kocaer, F. O., Alkan, U. and Başkaya, H. S. (2004) The effect of alkaline stabilized sludge application on the microbiological quality of soil and leachate. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167(6), 704-712.
9. Kürklü, A., Bilgin, S. and Özkan, B. (2003) A study on the solar energy storing rock bed to heat a polyethylene tunnel type greenhouse. *Renewable Energy*, 28(5), 683-697.
10. Liang, C., Das, K.C. and McClendon, R.W. (2003) The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend, *Bioresource Technology*, 86(2), 131-137.
11. Salihoğlu, N. K. ve Pınarlı, V. (2007) Atıksu arıtma çamurlarının kapalı yataklarda güneş enerjisiyle kuru-tulması, *İtü Dergisi/e Su Kirlenmesi Kontrolü*, 17(1-3), 3-14.
12. Sánchez-Monedero, M. A., Mondini, C., de Nobili, M., Leita, L. and Roig, A. (2004) Land application of biosolids: Soil response to different stabilization degree of the treated organic matter, *Waste Management*. 24(4), 325-332.
13. USEPA, (1999). Environmental Regulations and Technology. Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge. EPA 625/R-92-013, United States Environmental Protection Agency, Centre for Environmental Research Information, Cincinnati, Ohio.
14. Ward, R. L., Yeager, J.G. and Ashley, C.S. (1981) Response of bacteria in wastewater sludge to moisture loss by evaporation and effect of moisture content on bacterial inactivation by ionizing radiation, *Applied and Environmental Microbiology*, 41(5), 1123-1127.

Makale 06.06.2008 tarihinde alınmış, 25.07.2008 tarihinde kabul edilmiştir. İletişim Yazarı: F. O. Topaç (olcaytopac@uludag.edu.tr).