

Hayvancılık İşletmelerinde Endüstriyel Simbiyoz Uygulaması: Bursa Örneği

İlker KILIÇ* Hatice DELİCE Sinem SOFU Burak YILDIZ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa
*Sorumlu yazar: ikilic@uludag.edu.tr

Geliş tarihi: 02/08/2018, Yayına kabul tarihi: 27/11/2018

Özet: Ülkemizde tarımsal üretim yapan işletmelerin en önemli sorunlarından birisi; tarımsal faaliyetler sonucunda ortaya çıkan atıkların doğru bir şekilde değerlendirilip tarıma, doğaya ve insana yararlı hale getirilememesidir. Günümüzde çevre bilincinin artmasıyla birlikte atıkların toprak, su, hava ve insanlar üzerinde etkileri daha da önem kazanmıştır. Değişen bu durum ile birlikte doğal kaynakların daha az kullanılması için var olan sistemlerden kaynaklanan atıkların yeniden değerlendirme fikri ortaya çıkmıştır. Bu amaçla, endüstriyel simbiyoz herhangi bir işletmeden açığa çıkan atığın başka bir işletmenin ham maddesi olarak kullanılmasına imkan sağlayan son yıllarda ortaya çıkmış çevresel açıdan yararlı bir uygulamadır. Bu çalışmada, ülkemiz tarımında önemli bir yeri olan Bursa koşullarına uygun 1000 başlık süt sığırları işletmesinden açığa çıkan gübrenin endüstriyel simbiyoz ile değerlendirilmesine ilişkin alternatifler değerlendirilerek bu alternatiflerin bileşenlerinin hesaplamaları ve tasarımları yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Atık geri kazanımı, endüstriyel simbiyoz, hayvansal atık, sürdürülebilirlik

Industrial Symbiosis Application in Animal Operations: Bursa Case Study

Abstract: One of the most important problems of the agricultural producers in our country is; the waste arising as a result of agricultural activities can not be properly assessed and made useful for agriculture, nature and human beings. Today, with the formation of environmental awareness, the effects of waste on soil, water, air pollution and people have become even more important. The idea of evaluating the waste that form together with this changing consciousness has emerged. The industrial symbiosis allows that the waste generated from any operation is used as raw material of another operation.

In this study, alternatives of industrial symbiosis related to reuse of manure arised dairy cattle operation with 1000 cattle suitable for the conditions of Bursa Region were evaluated and calculations and design of these alternatives were made.

Keywords: Animal waste, industrial symbiosis, sustainability, waste recovery

Giriş

Dünya genelinde sürekli artan nüfus ve buna bağlı olarak artan gıda ihtiyacının karşılanması ülkeler için giderek önemli bir konu haline gelmiştir. Gelecek projeksiyonlarına bakıldığında, Türkiye nüfusunun, 2023 yılında 86 milyon 907 bin 367 kişiye ulaşması ve 2040 yılında 100 milyonu geçmesi beklenmektedir (TÜİK, 2018). Her geçen gün değişen şartlar karşısında insan beslenmesinin temelini oluşturan bitkisel üretim ve hayvancılık

alanlarında ekstansif tarım yerine mevcut alandan en yüksek verim almayı amaçlayan entansif tarımın yaygınlaşmasıyla birlikte hayvan sayısında da ciddi artışlar meydana gelmiştir. Türkiye’de 2017 yılında bir önceki yıla göre, büyükbaş hayvan sayısı %13.2, küçükbaş hayvan sayısı %7.2, et tavuğu sayısı %0.4, yumurta tavuğu sayısı %11.8 oranında artış göstermiştir (TÜİK, 2018). Ancak bu artış her ne kadar istenen bir durum olsa da özellikle yerleşim merkezlerine yakın işletmelerde çevre

kirliliği açısından bir takım sorunları da beraberinde getirmiştir.

Artan tarımsal faaliyetlerin sonucunda ortaya çıkan atıkların kontrolsüz şekilde depolanması, yer altı suyuna sızmaları, hastalık ve patojen gibi zararlıların gelişmesine ortam sağlamaktadır. Sera gazı çıkışına neden olan tarımsal faaliyetler çevreye ve insan sağlığına zarar vermektedir. Yaşanabilir ve sürdürülebilir bir dünya ve çevre için çıkan atık oranlarının azaltılması ya da başka bir alanda ham madde olarak kullanılarak geri dönüşümünün sağlanması gerekmektedir. Bu doğrultuda ortaya çıkan “endüstriyel simbiyoz”, doğal kaynakların korunması ve atık yönetimi sorunları açısından önemli bir kavramdır. Endüstriyel simbiyoz, canlılar ve endüstriyel sistemler arasında ortak fayda ilişkisine dayanan bir yaklaşımdır ve fiziksel olarak birbirine yakın olup bağımsız çalışan en az iki işletmenin bir araya gelerek çevresel performansı ve rekabet gücünü artırıcı ilişkiler kurması olarak tanımlanmaktadır.

Hayvansal atıkların organik gübre olarak kullanımı hem toprak yapısını olumlu yönde etkilerken hem de bitkiler için gerekli besin elementlerini sağlayarak ürün verimliliğini artırmaktadır. Ancak hayvansal atıkların etkili bir biçimde kullanılması için gerekli olgunlaşma süresinin geçmesi gerekmektedir.

Gübre, işletme içerisinde rasgele açıkta biriktirildiğinde hem çevre kirliliği, hem de içerisindeki kimyasal maddeler nedeniyle hava kirliliği yaratmaktadır. Bu nedenle her işletmede ortaya çıkan gübreyi belirli süreler içerisinde uygun şekilde depolayabilecek gübrelik planlanmalıdır (Karaman, 2006).

Biyogaz; bitki ve hayvan atıkları gibi organik maddelerin havasız ortamlarda fermantasyonu sonucu oluşan enerji kaynağıdır. Bileşiminde %60-70 metan, %30-40 karbon dioksit ve az miktarda hidrojen sülfür, hidrojen, karbon monoksit ve azot bulunan biyogaz, renksiz ve yanıcı bir gaz karışımıdır (Gülen ve Çeşmeli, 2012).

Biyogaz teknolojisinin yaygın olduğu ülkelerde her türlü organik atık biyogaz üretim tesislerinde işlenerek enerji elde edilmektedir. Çevreye zarar verebilecek bu atıklar biyogaz süreçleri sonunda kararlı

nihai ürünlere dönüştürülerek toprak ve su kirliliği önlenmekte, tesislerden çıkan organik gübre ise tarım alanlarında değerlendirilmektedir (Tufaner ve ark. 2013).

Kompostlaştırma, katı atıkların uygun yöntem ve ekipmanlar kullanarak mikroorganizmalar tarafından çürütülüp, içeriğindeki organik maddelerin ayrışmasını sağlayan ve toprak için faydalı bir maddeye dönüştüren işlemdir (Eskicioğlu, 2013).

Kompostlaştırma işlemine etki eden parametreler, oksijenle havalandırma, besin maddeleri (C:N oranı), nem, porozite, yapı, kıvam ve partikül boyutu, pH, sıcaklık ve kompostlaşma süresidir. (Öztürk, 2017)

Bu çalışmada, Bursa bölgesinde faaliyet gösteren 1000 başlık bir süt sığırtı işletmesinden çıkan gübrenin değerlendirilmesinde Endüstriyel Simbiyoz yaklaşımı kullanılarak; bitki besin elementi eldesi, biyogaz ve kompost tesisleri gibi alternatif sistemlerin tasarlanması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışma, Marmara Bölgesi’nde yer alan Bursa ilinde süt sığırcılığı yapan 1000 baş hayvan varlığına sahip yörenin en büyük işletmelerinden birisinin gübresinin değerlendirilmesi için yürütülmüştür. Araştırmada ele alınan hayvancılık işletmesi Karacabey ilçesinde bulunmakta olup, denizden yüksekliği 100 m’dir (Şekil 1). İncelenen işletmeden kaynaklanan gübrenin endüstriyel simbiyoz yaklaşımı ile değerlendirilebilmesi için alternatif sistemlerin tasarımı ve karşılaştırılması yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle işletmeden çıkan gübrenin kimyasal özelliklerine gereksinim duyulmaktadır. İşletmeden çıkan gübrenin kimyasal özellikleri daha önceki yıllarda söz konusu işletmeyi de kapsayan üç farklı süt sığırtı işletmesinden alınan gübre örneklerinin Uludağ Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü Tarımsal Hava Kalitesi Laboratuvarı’nda analiz edilmesiyle belirlenmiştir (Kılıç ve ark., 2015).

Endüstriyel simbiyoz alternatiflerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan tüm hesaplamalar Çizelge 1’de verilen gübre özellikleri kullanılarak yapılmıştır. Gübre

deposunda seperatörle ayrılan gübrenin katı kısmının değerleri 1 kg nemli gübre için,

kuru madde miktarı %32, nem içeriği %68 ve C:N oranı 26' dir.



Şekil 1. Endüstriyel simbiyoz tesislerinin tasarlandığı işletme
Figure 1. Dairy cattle farm for designed industrial symbiosis facilities

Çizelge 1. Gübre örneğine ait parametreler (Kılıç ve ark., 2015)

Table 1. Manure sample parameters

Ph	C:N oranı C:N ratio	Org. madde Organic matter (%)	Org. karbon Organic carbon (%)	Azot Nitrogen (%)	Kuru madde Dry matter (%)	NH ₄ (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Na (%)
6.8	26	87	50	2	16	0.51	0.7	0.57	1.45	0.26

Hayvansal Gübreden Bitki Besin Elementi Eldesine Yönelik İşlemler

Organik gübre, çiftlik hayvanlarının idrar ve katı kısmının birleşiminden oluşmaktadır. Altlık kullanan sistemlerde bu karışıma sap saman gibi altlık materyali de eklenebilir. Çiftlik gübresinin hayvansal üretim sonucu oluşan bir atık olarak değerlendirilmesinden daha çok, bitkisel üretimde bir girdi olarak ele alınması gereklidir. Bu nedenle, çiftlik gübresinin ahırdan temizlenmesinden tarlaya taşınmasına kadar uygun yöntemlerle işlenmesi zorunludur. Böylece çevre kirliliğini önlemek ve bitki besin kaybını en az düzeye indirmek mümkün olabilecektir (Soyer, 2014).

Çalışmada bir hayvan ortalama 550 kg canlı ağırlığında kabul edilerek hayvan başına elde edilen günlük gübre miktarı 50 kg olarak alınmıştır (Arıcı ve ark., 2014).

Barınaktan ön depoya toplanan katı ve sıvı gübre bir seperatörle ayrılmıştır. Bu aşamadan sonra elde edilen gübre için ihtiyaç duyulan katı ve sıvı gübre depo hacimleri hesaplanmıştır.

Gübre en az 6 ay olgunlaşmadan tarlaya verilmemelidir (Anonim, 2018a). Bu nedenle katı ve sıvı gübre deposu, 6 aylık atık depolayacak kapasitede tasarlanmıştır.

Çalışmada en az kayıpla ve yeraltı sularına karıştırmadan olgunlaşma süresi boyunca yeterli kapasitede katı ve sıvı gübre için ayrı ayrı iki depo tasarımı planlanmıştır. Buna göre katı ve sıvı gübre depo hacmini hesaplamak için Eşitlik 1 kullanılmıştır.

$$V = \frac{k.n.t}{d} \quad (1)$$

Eşitlikte

V= Katı/sıvı gübre hacmi, m³

k= Bir hayvana ait günlük katı/sıvı gübre miktarı, kg

n= İşletmedeki toplam hayvan sayısı, adet

t= Gübrenin depolanma süresi, gün

d= Gübrenin yoğunluğu (992 kg/m³, Olgun 2013)

Sıvı gübre trapez kesitli betonarme lagünlerde depolanacaktır. Depo tabanına yapılacak ızgaralı drenaj sistemleri için drenlere doğru % 2'lik bir eğim verilmelidir.

Elde edilecek toplam gübre miktarı göz önüne alınarak; separatörle ayrılan katı kısmın, yüksekliği 1.5 m, genişliği 3 m olan 6 adet yığın halinde depolanmasına karar verilmiştir (Arıcı ve ark. 2014). Daha sonra işletmenin bulunduğu çevre koşulları göz önüne alınarak trapez kesitli depo hacmi Eşitlik 2 kullanılarak belirlenmiştir (Olgun, 2013).

$$V = ((a + b) * h/2) * c \quad (2)$$

Eşitlikte

a= trapez kesit alt genişliği, m

b= trapez kesit üst genişliği, m

h= trapez kesit yüksekliği, m

c= trapez kesit uzunluğu, m

Hayvansal Gübrenin Biyogaz Tesisinde Kullanımı

Bir m³ biyogazın sağladığı ısı miktarı 5000 kcal m⁻³ olup, 1 m³ biyogaz; 0.62 litre gazyağı, 1.46 kg odun kömürü, 3.47 kg odun, 0.43 kg bütan gazı, 12.3 kg tezek ve 4.70 kWh elektrik enerjisi eşdeğerindedir (Gümüştü ve Uyanık, 2010).

Bir yıl boyunca bir hayvandan elde edilen gübre miktarı ve söz konusu gübrenin biyogaz potansiyeli Çizelge 2 ve Çizelge 3'den yararlanılarak hesaplanmıştır.

Söz konusu çizelgeler göz önünde bulundurularak bir yılda bir hayvandan elde edilebilecek biyogaz miktarı belirlenip işletmede bulunan hayvan sayısı ile çarpılarak bir yılda elde edilecek olan biyogaz miktarı (m³ yıl⁻¹) hesaplanmıştır. Biyogaz üretim tesisi için sürekli fermantasyon yönteminin kullanılması planlanmaktadır (Akbulut ve Dikici, 2004).

Çizelge 2. Hayvan başına elde edilen yıllık sıvı gübre miktarı (Anonim 2018b)

Table 2. Annual slurry amount for per animal

Hayvan adedi <i>Cattle number</i>	Hayvan cinsi <i>Animal species</i>	Yaş gübre miktarı <i>Slurry amount (ton/yıl)</i>
1	Büyükbaş <i>Cattle</i>	3.6

Çizelge 3. Elde edilebilecek yıllık biyogaz miktarı (Anonim 2018b)

Table 3. Annual biogas amount for per animal

Gübre <i>Manure</i>	Gübre miktarı <i>Manure amount</i> (ton)	Biyogaz miktarı <i>Biogas amount (m³</i> <i>yıl⁻¹)</i>
Süt sığırı <i>Dairy cattle</i>	1	33

Hayvansal Gübrenin Kompost Tesisinde Kullanımı

Kompost yapımında esas materyal olarak yukarıdaki değerlere sahip sığır gübresi kullanılmıştır. Düzenleyici madde olarak; yulaf samanı, buğday samanı, pirinç samanı ve talaş alternatifleri üzerinden hesaplamalar yapılarak sonuçlara göre en uygun kombinasyon seçilmiştir. Çalışmada işletmeden elde edilen bir günlük sığır gübresinin değerlendirileceği düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır.

Hesaplamalar aşağıda yer alan Eşitlikler kullanılarak gerçekleştirilmiştir;

$$Nem \text{ içeriği} = \% \frac{nem \text{ içeriği}}{100} \quad (3)$$

$$Suyun \text{ ağırlığı} = topl \text{ ağırlığı} * nem \text{ içeriği} \quad (4)$$

$$Kuru \text{ ağırlığı} = topl \text{ ağırlığı} * (1 - nem \text{ içeriği}) \quad (5)$$

$$Azot \text{ içeriği} = kuru \text{ ağırlığı} * \left(\% \frac{N}{100} \right) \quad (6)$$

$$\%Karbon = \%N * C:N \text{ oranı} \quad (7)$$

$$Karbon \text{ içeriği} = N \text{ içeriği} * C:N \text{ oranı} \quad (8)$$

Maddelerin kombine edilmesiyle oluşan karışım için genel formüller;

$$Nem \text{ içeriği} (\%) = \frac{a + b + c + \dots \text{ suyun ağırlığı}}{\text{karışımındaki maddelerin toplam ağırlığı}} = \frac{(axna)+(bxnb)+(cxnc)+\dots}{a+b+c+\dots} \quad (9)$$

$$C:N \text{ oranı} = \frac{a + b + c + \dots C \text{ ağırlığı}}{a + b + c + \dots N \text{ ağırlığı}} \quad (10)$$

Eşitliklerde;

a= a maddesinin toplam ağırlığı,

b= b maddesinin toplam ağırlığı,

c= c maddesinin toplam ağırlığı,

n_a , n_b , n_c , ... = sırasıyla a, b, c,...

maddelerinin nem içeriği,

%Na, Nb, Nc,...= sırasıyla a, b, c,...

maddelerinin azot yüzdesi (kuru ağırlık),

%Ca, Cb, Cc,... = sırasıyla a, b, c,...

maddelerinin karbon yüzdesini (kuru ağırlık)

ifade etmektedir.

Çalışmada yer alan kompost kombinasyonları sadece iki maddeden oluştuğu için hesaplamalar Eşitlik 11 ve 12 kullanılarak yapılmıştır.

Bu yöntemde iki seçenek bulunmaktadır. Birincisi; her kg b maddesi başına gereken a maddesi miktarı, nem içeriği temel alınarak Eşitlik 11’de verildiği gibi hesaplanıp daha sonra genel formül kullanarak C:N oranı kontrol edilmesidir.

$$a = \frac{nb-N}{N-na} \quad (11)$$

Diğer bir seçenek ise, her bir kg b maddesi başına gereken a maddesi miktarının C:N oranı temel alınarak Eşitlik 12’de verildiği gibi hesaplanmasıdır. Bu durumda genel formül kullanılarak nem içeriği kontrol edilmelidir (Öztürk, 2017).

$$a = \frac{\%Nb \times (R-Rb) \times (1-nb)}{\%Na \times (Ra-R) \times (1-na)} \quad (12)$$

Eşitliklerde;

a= a maddesinin ağırlığı, (kg);

b= b maddesinin ağırlığı, (kg);

N= karışımda istenen nem içeriğini,

(%) na= a maddesinin nem içeriğini (örneğin düzenleyici),

(%) nb= b maddesinin nem içeriğini (örneğin gübre),

(%); R= karışımın istenen C:N oranını;

Ra= a maddesinin C:N oranını;

Rb= b maddesinin C:N oranını ifade etmektedir (Öztürk, 2017).

Kompost tesisi tasarımında, kompost materyali olarak kullanılacak olan maddelerin C:N, C ve N içeriği ile nem içerikleri Öztürk (2017)’nin belirttiği gibi sırasıyla 18, 30, 1.66, 80-85 olarak alınmıştır. Kompostlaştırma işlemi için sıralı yığın (aktarmalı yığın) metodu kullanılmıştır. Sıralı yığınların yükseklikleri 0.9 m (gübre gibi yoğun maddeler için) ile 3.6 m arasında (yaprak gibi kabarık maddeler için), genişlikleri ise 3-6 m arasında değişmektedir. Döndürme makinaları ile alçak, geniş sıralı yığınlar oluşturulur (Öztürk, 2017).

Atıkların uygun oranlarda karıştırılması amacıyla tasarlanan tesiste 70 beygir’den büyük güçteki bir traktör, bir ön yükleyici ve organik kompost karıştırma makinası

öngörülmüştür. Önerilen organik kompost karıştırma makinasının özellikleri Çizelge 4’te verilmiştir. Kompost karıştırma makinesinin boyutsal özelliklerine bağlı kalınarak kompost yığın genişliği ve yüksekliği belirlenmiştir.

Çizelge 4. Kompost karıştırma makinesinin bazı özellikleri

Table 4. Some properties of the compost mixing machine

Tambur genişliği <i>Drum width</i>	3000 mm
Tünel yüksekliği <i>Drum height</i>	1800 mm
Çevirme kapasitesi <i>Turbination capacity</i>	650 m ³ h ⁻¹

Kompostlaştırma işlemi beton zemin üzerinde gerçekleştirilecektir ve sızıntı sularını tahliye etmek amacıyla drenaj kanalları oluşturulacaktır. Zemin üzerine yerleştirilen yığınlar düzenli olarak kompost karıştırma makinasıyla karıştırılacak ve gerektiğinde mikrobiyolojik işlemin devamı için nemlendirilecektir.

Seçilen yöntemde göre kaliteli kompost için en uygun C:N oranı (27) ve nem içeriği (%50) dikkate alınarak belirlenen kompost kombinasyonu ve kompost karıştırma makinesinin özellikleri doğrultusunda kompost tesisi tasarlanmıştır.

Araştırma Bulguları Bulgular ve Tartışma

Hayvan Gübresinden Bitki Besin Elementi Elde Edilmesi

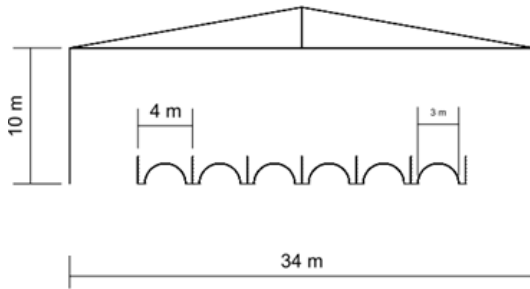
Bir hayvandan günlük ortalama 50 kg gübre (katı ve sıvı) elde edilmektedir. Bu gübrenin seperatörle ayırdıktan sonra %70’i katı (35 kg), % 30’u sıvı (15 kg) olarak kabul edilmektedir. İşletmeden 1000 baş hayvan için 1 aylık toplam 1050 ton katı gübre elde edildiği hesaplanmıştır. Çalışmada toplam 1050 ton gübreyi depolayabilecek kapasiteye sahip depo tasarımı yapılmıştır. Gübrenin kolay olgunlaşabilmesi için bir bütün olarak depolamaktansa birkaç parçaya ayırarak depolanmasının daha uygun olacağı düşünülmüştür. Bu nedenle, çalışmada bir aylık toplam katı gübre 6 eşit parçaya bölünerek, her bir bölmede 175 ton gübre

depolanacak şekilde tasarımı gerçekleştirilmiştir. Buna göre 6 parçaya ayrılan gübrenin her bir yığınının genişliği 3 m, yüksekliği 1.5 m uzunluğu 40 m olarak tasarlanmıştır.

Yığınlar her gün belirli aralıklar ile kendi yürür karıştırıcıyla karıştırılacak ve uygun olgunluğa eriştiğinde paketlenip depolanacaktır. Tasarımı yapılan katı gübre işleme sisteminin boyutları ve üstten görünüşü Şekil 2 ve 3'te verilmiştir.

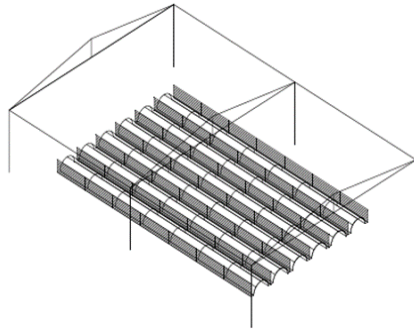
Separatörle katı ve sıvı kısmı ayrılan gübrenin sıvı kısmı lagünler içerisine alınacak ve olanaklar ölçüsünde fiziksel arıtımı yapılacaktır. Buna göre, çalışmada yapılan hesaplamalar sonucunda işletmeden 1000 baş hayvan için 6 aylık toplam 2700 ton sıvı gübre elde edildiği belirlenmiştir.

Çalışmada incelenen işletmede elde edilen toplam sıvı gübrenin arıtılması ve depolanması için 30° eğimle derinliği 5 m, taban genişliği 10 m ve uzunluğu 30 m olan lagün tasarımı yapılmıştır. (Şekil 4). Lagün içerisine alınan sıvı gübre olgunlaşacağı gibi içerisindeki askıdaki maddeler lagünde arıtılacaktır.



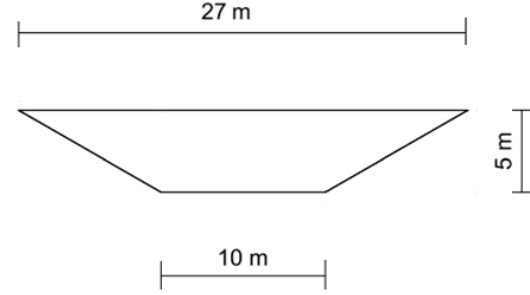
Şekil 2. Katı gübre işleme sisteminin boyutları

Figure 2. Dimensions of solid manure handling system



Şekil 3. Katı gübre işleme sisteminin üstten görünüşü

Figure 3. Top view of solid manure handling system



Şekil 4. Sıvı gübre için tasarlanan lagün boyutları

Figure 4. Dimensions of lagoon designed for slurry

Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi

Çalışmada incelenen 1000 başlık bir süt sığırtı işletmesinde ortaya çıkan gübre miktarı göz önüne alındığında endüstriyel simbiyoz kapsamında 500 m³ hacimli bir biyogaz tesisi planlanması yapılmıştır. Biyogaz tesislerinin tasarımlarının çok özel bir uzmanlık gerektirmemesi ve biyogaz tesisini oluşturan ekipmanların fabrikasyon ürünü olması nedeniyle bu alternatif için çalışmada bir tasarım yapılmamış olup sadece kapasite belirlenmesi ve işletiminin düzenlenmesi üzerinde durulmuştur. Biyogaz tesisinde öncelikle gübre hammaddenin kabul alanına alınması ve sonrasında karıştırma dozajlama ünitesine gönderilmesi planlanmıştır. Planlanan biyogaz üretim tesisinde 45 günlük sürekli beslemeli fermantasyon için 1 reaktörlü 500 m³ hacimli bir tesis yeterli olduğu belirlenmiştir. Reaktör içerisinde materyalin karıştırılması için bir adet karıştırıcı kullanılacaktır. Tesiste membran tipi gaz depolama sistemi kullanılacaktır. Reaktörlerdeki materyal merkezi pompa yardımıyla depoya toplanacaktır. Buradan materyal seperatöre iletilecek sıvı ve katı kısmı ayrılacaktır. Katı kısım doğrudan satılabileceği gibi arazide gübre olarak da kullanılabilir. Sıvı gübrenin yer altındaki bir depoda depolanması planlanmaktadır.

İncelenen işletmede 1000 baş süt sığırtından yıllık 3600 ton gübre ortaya çıkacağı belirlenmiştir. Bu durumda Çizelge 3'e göre yılda 118 800 m³ biyogazın elde edileceği hesaplanmıştır.

Bir m³ biyogazdan 0.98 kWh elektrik elde edildiğine göre yıllık toplam 116 424 kWh, günlük ortalama 319 kWh saat elektrik üretileceği hesaplanmıştır.

Hayvan Gübresinden Kompost Üretimi

Çalışmanın yürütüldüğü 1000 başlık süt sığırı işletmesi için gübrenin değerlendirilebileceği kompost tesisi tasarımı yapılırken, Buğday Samanı - Sığır Gübresi, Yulaf Samanı - Sığır Gübresi, Çeltik Kavuzu - Sığır Gübresi, Talaş - Sığır

Gübresi kombinasyonları ayrı ayrı incelenmiş ve en uygun kombinasyon seçilerek tasarım bu kombinasyon üzerine yapılmıştır. Her bir kombinasyon için yapılan nem içeriği ve C:N oranı hesaplarına ilişkin sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Kompost kombinasyonlarına ait nem içeriği ve C:N oranları
Table 5. Moisture content and C:N ratios of the compost combinations

Kombinasyonlar <i>Combination</i>	Nem içeriği <i>Humidity content (%)</i>	C:N oranı <i>C:N ratio</i>
Buğday samanı - sığır gübresi <i>Wheat straw - manure</i>	51	27
Yulaf samanı - sığır gübresi <i>Oat straw - manure</i>	53	27
Çeltik kavuzu - sığır gübresi <i>Rice hull - manure</i>	43	27
Talaş - sığır gübresi <i>Sawdust - manure</i>	50	27

Literatürde yapılan çalışmalarda genellikle kompostun nem içeriğinin %40-60 ve C:N oranının 27 olmasının kompost verimi açısından önemli olduğu belirtilmektedir. Bu kriterleri karşılayan en uygun kombinasyon çeltik kavuzu + sığır gübresi olarak belirlenmiştir. Alternatif kompost karışımlarından çeltik kavuzunun seçilmesinin diğer nedenleri ise, iyi çözünmesi ve kompostlaşma sırasında ortaya çıkabilecek kokunun absorpsiyonunu sağlanmasıdır. Böylece kompost tesisinden kaynaklı koku, kimyasal yöntemlere gerek duyulmadan önlenmektedir. Seçilen kombinasyona ilişkin hesaplanan kompost özellikleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Yapılan hesaplamalara göre, 1 kg nemli gübre için yaklaşık 1.18 kg çeltik kavuzu gerekmektedir ve oluşturulan karışımın nem içeriği %51, C:N oranı ise 27 olarak bulunmuştur.

Kompost malzemeleri ve miktarları belirlendikten sonra oluşturulacak kompost yığınlarının boyutları belirlenmiştir. Bu noktada, kompost malzemesinin karıştırılması ve kolay olgunlaşabilmesi için piyasadaki kompost karıştırma makinalarının genel ölçüleri dikkate alınmıştır.

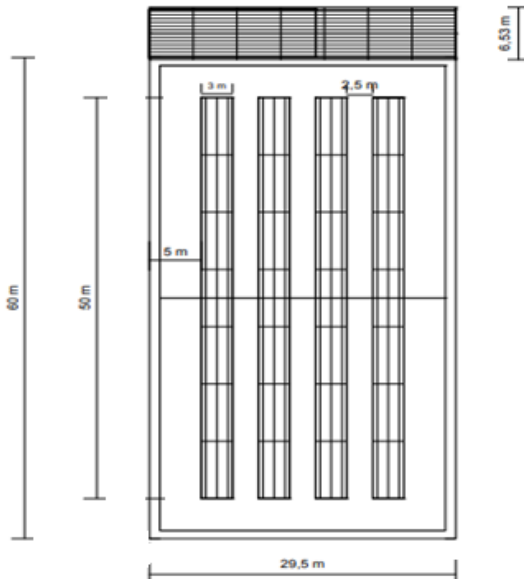
Çizelge 6. Seçilen kompost kombinasyonuna ilişkin özellikler
Table 6. Properties of selected compost combination

Karışımın C:N oranı <i>Compost C:N ratio</i>	27
Gübrenin azot içeriği (kg) <i>Nitrogen content of manure</i>	0.018
Çeltik kavuzu azot içeriği (kg) <i>Rice hull nitrogen content</i>	0.0026
Gübrenin karbon içeriği (kg) <i>Manure carbon content</i>	0.18
Çeltik kavuzu karbon içeriği (kg) <i>Rice hull carbon content</i>	0.33
Gübrenin su miktarı (kg) <i>Manure water content</i>	0.7
Çeltik kavuzu su miktarı (kg) <i>Rice hull water content</i>	0.35
Çeltik kavuzu miktarı (kg) <i>Rice hull amount</i>	1.178
Karışımın nem içeriği (kg) <i>Compost humidity content</i>	0.511
Gübre Miktarı (kg) <i>Manure amount</i>	1

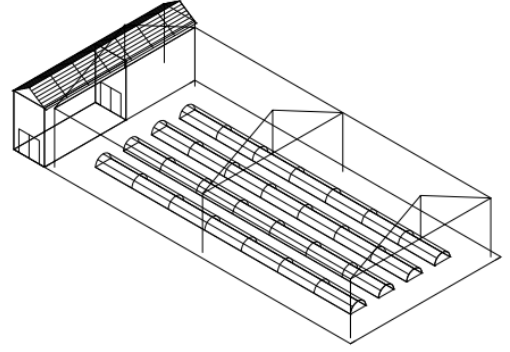
Kompostun olgulaşmasını etkilediği için yığın genişliğinin 2.7-5.5 m arasında ve yüksekliğinin 0.9-2.4 m arasında olması gerektiği literatürde yapılan çalışmalarda verilmiştir (Öztürk, 2017). Bu tasarım ölçütü ile birlikte yığınların boyutları belirlenirken kompost karıştırma makinasının genişliği ve yüksekliğinin de bu değerler arasında yer alıp almadığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak piyasada bulunan kompost karıştırma makinalarından;

tambur genişliği 3 m ve tünel yüksekliği 1.8 m olan makinenin verilen kriterleri sağladığı belirlenmiştir. Seçilen bu makinenin maksimum yığın ebatları 3 m genişlik, 1.5 m yükseklik ve çalışması için gereksinim duyulan minimum traktör gücü 70 hp olduğu hesaplanmıştır. Karıştırma işlemi kompostun olgunlaşma süresi açısından önemlidir. Kullanılan kompost karıştırma makinasının çevirme kapasitesi $650 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ 'dir.

Yığın adedinin belirlenmesinde öncelikle kompost malzemesinin toplam günlük hacmi dikkate alınmıştır. Bir hayvandan günlük 50 kg gübre elde edildiği varsayıldığında, bu gübrenin seperatörden geçirildikten sonra kalan katı kısım 35 kg olmaktadır. Bin başlık işletmeden toplam 35 000 kg gübre ve buna karşılık 35 660 kg çeltik kavuzunun gerekli olduğu belirlenmiştir. Buna göre, toplam kompost miktarı $392 \text{ m}^3 \text{ gün}^{-1}$ ($35.35 \text{ m}^3 \text{ gübre gün}^{-1}$ ve $356.6 \text{ m}^3 \text{ çeltik gün}^{-1}$) olarak hesaplanmıştır. Kompostlanan karışımın olgunlaşması için 3 m genişliğinde 50 m uzunluğunda 1.5 m yüksekliğinde 2 adet yığın oluşturulması tasarım açısından uygun görülmüştür. Tasarıma ait çizimler Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir. Söz konusu şekillerde yer alan 2 yığın olgunlaşmaya bırakılan kompost için diğer iki yığın ise olgunlaşmış kompostun dinlendirilmesi için tasarlanmıştır. Kompostlama sahasının bir kısa kenarı boyunca yaklaşık 6.5 m genişliğinde paketleme ve depolama alanının tasarımı yapılmıştır.



Şekil 5. Kompost tesisine ilişkin boyutlar
Figure 5. Dimensions of compost facility



Şekil 6. Kompost tesisinin üç boyutlu görüntüsü

Figure 6. 3-D view of compost facility

Sonuç

Çalışmada, Bursa ilinde faaliyet gösteren 1000 başlık süt sığırı işletmesinden elde edilen gübrenin endüstriyel simbiyoz yaklaşımı ile yeniden kullanım alternatifleri değerlendirilmiş ve bu alternatiflere ait tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Endüstriyel simbiyoz yaklaşımı işletmelerin atıklarının bir başka işletme için hammadde oluşturması prensibine dayanmaktadır.

Çalışmada gübrenin bitki besin elementi, biyogaz ve kompost olarak değerlendirileceği düşünülerek üç farklı alternatif üzerinde durulmuştur. Biyogaz işletmesini oluşturan birimler fabrikasyon şeklinde olduğundan tasarıma yönelik işlemler sadece kapasite hesaplaması şeklinde yapılmıştır.

Çalışma sonucunda bir süt sığırı işletmesi için düşünülebilecek endüstriyel simbiyoz tesisleri için tasarımlar yapılarak gerek yatırımcılar gerekse işletme sahiplerine bir örnek oluşturulmuştur. Bu tür yatırımların yapılması ile işletme sahipleri için büyük bir sıkıntı olan gübrenin yeniden kullanımı olanağı yaratılacak ve işletmeye ek gelir sağlanabilecektir. Ayrıca, endüstriyel simbiyoz yaklaşımı ile hayvancılık işletmesinin atığı bir başka işletme için hammadde olacak ve söz konusu atığın çevreye zarar vermeden geri dönüşümü sağlanmış olacaktır.

Kaynaklar

Anonim, 2018a. Türk-Alman Biyogaz Projesi, Biyogaz Eğitimi Notları <http://www.biyogaz.web.tr/tr/dokuma>

- nlar/egitim-dokumanlari (Erişim Tarihi: 16.02.2018).
- Anonim, 2018b. Hayvansal Kaynaklardan Elde Edilebilecek Ortalama Gübre Ve Biyogaz Miktarları. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle> (Erişim Tarihi: 10.02.2018).
- Akbulut, A., ve Dikici, A., 2004. Elazığ İlinin Biyogaz Potansiyeli ve Maliyet Analizi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, Elazığ.
- Arıcı, İ., Şimşek, E., Yaslıoğlu, E. ve Kılıç, İ., 2014. Süt Sığırtı Ahırlarının Planlanması. Süttaş Süt Hayvancılığı Eğitim Merkezi Yayınları. No:4, Bursa.
- Eskicioğlu, A.V., 2013. Bitkisel Atıklardan Kompost Gübre Üretim Sisteminin Tasarımı. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Gülen, J., ve Çeşmeli, Ç., 2012. Biyogaz Hakkında Genel Bilgi ve Yan Ürünlerinin Kullanım Alanları. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt-Sayı: 5-1 syf (65-84).
- Gümüştü, M. ve Uyanık, S., 2010. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Hayvansal Atıklarından Biyogaz ve Biyogübre Eldesi https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/ffcec9d25e4a0d2_ek.pdf (Erişim tarihi: 19.09.2018, saat 14:24).
- Karaman, S., 2006. Hayvansal Üretimden Kaynaklanan Çevre Sorunları ve Çözüm Olanakları. KSÜ, Fen ve Mühendislik Dergisi 9(2), 133-139.
- Kılıç İ., Uğuz S., Aşık B.B., 2014. Soil pollution by trace metals derived from animal feed and manure in the Bursa region of Turkey. Toxicological and Environmental Chemistry 96 (10) : 1476-1478.
- Olgun, M., 2013. Tarımsal İnşaat. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Ders Kitabı No: 564, Ankara.
- Öztürk, M., 2017. Hayvan Gübresinden ve Atıklardan Kompost Üretimi. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Soyer, G., 2014. Aydın İli Süt Sığırtıcılığı İşletmelerinde Gübre Yönetim Uygulamaları ve Bitkisel Üretimde Gübre Kullanım Olanaklarının Geliştirilmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tufaner, F., Avşar Y., Dere T., ve Gönüllü, M.T., 2013. Türkiye’de Biyogaz Tesisi Projelerinde Başarı ve Başarısızlık Nedenlerinin Analizi ve Merkezi Biyogaz Tesislerinin Önemi. Ulusal Kompost ve Biyogaz Çalıştayı. 11-14 Nisan 2013, Antalya.
- Tüik, 2018. Hayvansal Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni, 27704. Erişim adresi: <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27704>. (Erişim tarihi 04.07.2018).