

DOI: 10. 7596/taksad. v1i4

Büyükbaş Hayvan Atıkları için Kurulacak Havasız Çürütme Tesisinin Ekonomik Analizi*

Tamer Coşkun¹, Neslihan Manav Demir¹, Eyüp Debik¹,
Yaşar Karadağ², Rasim Koçyiğit², Mahir Özkurt², Seda Akbay³

Özet

Büyükbaş hayvan atıkları, içeriğindeki yüksek katı madde, organik kirlilik ve patojen mikroorganizmalar sebebiyle halk sağlığı açısından olumsuz etkiler yapabilecek bir atıktır. Bu çalışmada havasız çürütme ile atıkların stabilize edilerek biyogaz elde edilmesi ve çürümüş atıkların toprakta doğal gübre olarak kullanılmasını içeren bir yönetim modeli uygulanmıştır. Bunun için pilot ölçekli bir havasız çürütme reaktörü işletilmiş ve çürümüş atıklar çeşitli dozlarda yonca, Macar fiğ ve arpa karışımı ile mısır silajı bitkilerinin ekildiği alanlarda doğal gübre olarak toprağa eklenmiştir. Havasız çürütme işleminde yardımcı materyal olarak mısır silajı da reaktöre beslenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar ve literatür yardımıyla 1000 baş hayvan için kurulum ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Kurulum maliyeti; elektrik üretim sisteminin kurulup kurulmaması açısından iki farklı değer olarak hesaplanmıştır. İşletme maliyetleri farklı tarla ürünleri ve yine elektrik sisteminin kurulup kurulmaması açılarından çeşitli durumlar için hesaplanmıştır. Sonuç olarak elde edilen en iyi sonuçlara göre; çürümüş atıklar Macar fiğ ve arpa karışımı bitkisinin ekiminde kullanıldığında kurulacak tesisin elektrik üretim sistemi de

* Bu makale Karabük Üniversitesi tarafından düzenlenmiş olan “Tüketim Toplumu ve Çevre” konulu Ulusal Sempozyumda sunulan tebliğin geliştirilmiş şeklidir.

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.

² GOPÜ Tarla Bitkileri Bölümü.

³ Iğdır Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü.

kurulduğunda 2,5 yılda, elektrik üretim sistemi kurulmadığında ise 2,1 yılda kendisini amorti ettiği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, büyükbaş hayvan atıkları, geri ödeme periyodu, havasız çürütme

The Economical Analysis of Cattle Manure Treatment by Anaerobic Digestion Process

Abstract

Cattle manure is a potential for causing detrimental effects on human health due to its high solid matter and pathogen microorganism content. This study aims to achieve biogas production by stabilizing the waste using anaerobic digestion. Digested waste was utilized as natural fertilizer. For that reason, a pilot-scale anaerobic digestion tank was operated and digested wastes were added to soil in diverse dosages where alfalfa, the mixture of Hungarian vetch and barley and corn silage are planted. Corn silage was fed to the reactor as a supplementary material during anaerobic digestion process. Installation and operating costs are determined for 1,000 cattle by the results obtained and the literature datas. Installation cost was evaluated considering both installed electricity produced system and non-installed electricity produced system. As a result, according to best results, the system would pay for itself in 2. 5 years when electricity production system is installed while the system is not installed, the payoff would be realized in 2. 1 years for the mixture of Hungarian vetch and barley.

Keywords: Biogas, cattle manure, payback period, anaerobic digestion

Giriş

Büyükbaş hayvan atıkları, katı madde muhtevalarının fazla olması, yüksek organik madde ve patojen mikroorganizma içerikleri sebebiyle kontrolsüz olarak doğal ortamlara bırakıldıklarında çeşitli çevre problemlerine sebep olurlar. Yapılan çalışmalar büyükbaş hayvan atıklarının katı madde içeriklerinin %5,9 ile %17,5 arasında değiştiğini göstermektedir (Martin, 2004; Paavola vd. , 2006; Pind vd. , 2002; Rochette vd. , 2006). Büyükbaş hayvan atıklarının katı madde içeriklerindeki bu geniş aralığın sebebi, katı madde içeriğinin hayvan cinsine, bölgeye, ahırların temizleme şekline vb. bağlı olmasıdır.

Büyükbaş hayvan atıklarının bertarafı konusunda genellikle anaerobik çürütme (Aitken vd. , 2007; Bhattacharya ve Mishra, 2003; Demirci ve Demirer, 2004; Demirer ve Chen, 2004; Demirer ve Chen, 2005; Dugba ve Zhang, 1999; El Mashad vd. , 2004; Harikishan ve Sung, 2003; Kalyuzhnyi vd. , 1999; Keshtkar vd. , 2001; Martin, 2004) ve kompostlama (Atallah vd. , 1995; Brandon vd. , 2008; Larney ve Hao. , 2007; Parkinson vd. , 2004; Shiraishi vd. , 2004) metodları yaygındır.

Bu çalışmada büyükbaş hayvan atıkları havasız çürütme reaktörlerinde stabilize edilmiş ve çürümüş atık, tarla uygulamalarında yem bitkilerinin ekimi için doğal gübre olarak kullanılmıştır. Pilot ölçekli reaktörde ortaya çıkan neticeler ve literatürden elde edilen bilgiler yardımıyla büyükbaş hayvan atıklarının havasız çürütme ile stabilize edilmesi için kurulacak bir tesisin ekonomik analizi yapılmıştır.

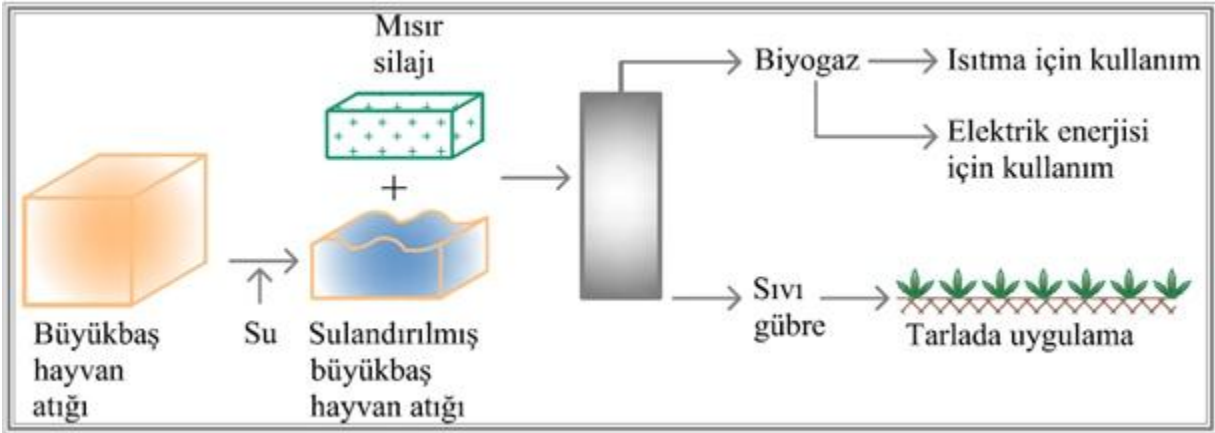
Materyal ve Metod

Çalışmada büyükbaş hayvan atıkları mısır silajı ile karıştırılarak havasız çürütme pilot reaktöründe stabilize edilmiştir (Resim 1). Havasız çürütme işlemi neticesinde elde edilen çürümüş atık yem bitkilerinin ekimi için doğal gübre olarak kullanılmış ve ürün veriminde meydana getirdiği artış izlenmiştir. Çürümüş atığın verime olan etkisini ortaya koymak üzere çeşitli ürün dozları kullanılmıştır. Denenen tarımsal ürünler yonca, macar fiğ ve arpa karışımı ile silajlık mısırdır. Her üründe en uygun doz belirlenmiş ve bu mali analizde o doz değerine göre işlem yapılmıştır. Havasız çürütme prosesi ile ilgili süreç Şekil 1’de gösterilmiştir.



Resim 1 Havasız çürütme pilot reaktörü

Mevcut durumda ülkemizde, büyükbaş hayvan atıklarının büyük kısmı kontrolsüz olarak doğaya bırakılmaktadır. Ancak bu projeksiyonda büyükbaş hayvan atıkları anaerobik çürümeye tabi tutulacaktır. Elde edilen biyogazdan elektrik üretilmesi ise bir opsiyondur. Dolayısıyla dikkate alınması gereken yatırım anaerobik sistemin ve biyogaz kullanım sisteminin inşa maliyetleridir. Mali tablo oluşturulurken havasız çürütme pilot tesisinde ve çürümüş atığın tarla denemelerinde uygulanmasıyla elde edilen sonuçların yanı sıra literatürden de faydalanılmıştır. Benzer sonuçlar verilmekle birlikte literatürde bu konudaki en kapsamlı ve en gerçeğe yakın sonuçlar ABD’de 120’den 2. 285’e kadar büyükbaş hayvanın bulunduğu 10 farklı çiftlik için yapılan USDA Rural Development tarafından hazırlanan “Cooperative Approaches for Implementation of Dairy Manure Digesters” isimli çalışmadır. Yapılan çalışmada ulaşılan sonuçlara göre havasız çürütme tesislerinin kurulum maliyetleri elektrik üretim sistemi kurulmasına bağlı olmaktadır. Buna göre; elektrik üretim sistemi kurulmadığında bir hayvan başına ilk kurulum maliyetleri ortalama 959 TL ve maksimum 2. 786 TL civarında iken, biyogazdan elektrik üretim sistemleri de kurulduğunda ise ilk kurulum maliyeti ortalama 1. 518 TL ve maksimum 3. 507 TL civarında bulunmuştur. Ülkemizde bu tip tesislerin kurulumu henüz yaygın olmadığından emniyetli tarafta kalma adına burada yapılan hesaplamalarda maksimum maliyetler hesaba katılmıştır. Büyükbaş hayvan atıklarının anaerobik olarak çürütülmesi işleminde işletme esnasında da çeşitli fayda ve maliyetler bulunmaktadır. Bunlar Tablo 1’de özetlenmiş ve her biri için net değerler aşağıda sırasıyla izah edilmiştir.



Şekil 1 Havasız çürütme prosesi akım şeması

Tablo 1 Büyükbaş hayvan atıklarının anaerobik bertarafında fayda ve maliyetler

Ürünler	Faydalar	Maliyetler
Elektrik	<ul style="list-style-type: none">▪ Elektrik kullanımından kurtulma▪ Elektrik satışı	<ul style="list-style-type: none">▪ Elektrik üretim ekipmanı▪ İşletme ve bakım▪ Satıştan alınan vergiler
Biyometan	<ul style="list-style-type: none">▪ Doğal gaz satışı	<ul style="list-style-type: none">▪ Biyogaz toplama▪ Gaz temizleme▪ Depolama ve taşıma
Isı	<ul style="list-style-type: none">▪ Isı / sıcak su	<ul style="list-style-type: none">▪ Ekipman, işletme ve bakım
Doğal gübre	<ul style="list-style-type: none">▪ Kimyasal gübre kullanımında azalma▪ Nütrient kalitesinde gelişme▪ Daha düşük tarım ilacı kullanımı▪ Satış	<ul style="list-style-type: none">▪ Satış anlaşmaları
Karbon kredisi	<ul style="list-style-type: none">▪ Satış	<ul style="list-style-type: none">▪ Veriler ve doğrulama maliyetleri
Çevre	<ul style="list-style-type: none">▪ Kokuda azalma▪ Çevrede kontaminasyon riskinde azalma▪ Ödenen cezalardan kurtulma▪ Patojen azaltımı▪ Metanın kontrol altına alınması	<ul style="list-style-type: none">▪ Substrat yönetimi

Elektrik

Havasız çürütme işlemi neticesinde elde edilen biyogaz içeriğindeki metan sebebiyle yakıt olarak kullanılabilir. Biyogaz içeriğindeki metan harici gazlardan temizlendiğinde doğalgaz olarak kullanılabilmesinin yanı sıra elektrik üretiminde de kullanılabilir. Bu durumda çiftlik sahibi, kendi ihtiyacı olan elektriği kendisi kullandıktan sonra geriye kalan fazla elektriği müşterilere, ya da resmi dağıtıcı kuruma satabildiği gibi, ürettiği elektriğin tamamını satıp kendi ihtiyacı olan kısmı resmi dağıtıcı kurumdan tedarik edebilir. Elektrik satışı ya da elektrik alımından kurtulma yoluyla elde edilen net gelir, Türkiye’de geçerli elektrik satış fiyatları dikkate alındığında hayvan başına yılda 190 TL civarındadır. Tesiste gerekli elektriğin maliyeti ise hayvan başına yılda yaklaşık olarak 182 TL civarındadır.

Biyogaz

Biyogaz satışından elde edilen değer bir yılda bir hayvan başına yaklaşık olarak 127 TL’dir. Ancak satışa uygun hale gelebilmesi için biyogazın çeşitli işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Bu işlemlerin maliyeti ise yine bir yılda bir hayvan başına yaklaşık olarak 132 TL’dir.

Isı

Elde edilen biyogaz elektrik motorları ya da türbinlerinde yakıldığında ortaya çıkan atık ısı havasız çürütme reaktörlerinin ısıtılmasına kullanılabilir. Bu durumda reaktörlerin ısıtılması için gerekli masraflar düşmektedir. Bu yöntemle elde edilen kazanç hayvan başına yılda 5 ile 18 TL civarındadır.

Doğal gübre

Pilot havasız çürütme çalışmalarında elde edilen çürümüş atık çeşitli dozlarda yonca, macar fiğ arpa karışımı ve silajlık mısır ekiminde doğal gübre olarak kullanılmıştır. Tüm bitkilerde en iyi sonuçlar, tüm ürünlerde dekar başına 2 ton çürümüş atığın kullanıldığı durumlarda elde edilmiştir. Büyükbaş hayvan atığı reaktörlere beslenmeden önce atık sulandırılmış ve mısır silajı eklenmiştir. Elde edilen karışımın büyükbaş hayvan atığı, su ve silajlık mısır olarak ağırlıkça yüzdeleri sırasıyla; %50, %40 ve %10'dur. Bir büyükbaş hayvanın ortalama olarak bir günde 25 kg atık ürettiği kabulüyle 1000 hayvandan 1 günde üretilen atık miktarı 25 ton, reaktöre beslenen ve çürümüş atık olarak üretilen miktar ise yaklaşık olarak 50 tondur. 1 dekar 2 ton çürümüş atık beslendiği durum en verimli olan durum olduğundan, her ekim döneminde 1000 hayvan için gübrelenen alan 9. 125 dekadır.

Piyasa fiyatlarına göre yem bitkilerinin ton başına fiyatları yonca, macar fiğ arpa karışımı ve silajlık mısırı için sırasıyla; 450 TL, 400 TL ve 250 TL'dir. Çürümüş atık beslenmediği ve 2 ton/dekar çürümüş atık beslendiği durumda ürün miktarındaki artış her 1 dekada, yonca, macar fiğ arpa karışımı ve silajlık mısır için sırasıyla; 433 kg, 527 kg ve 752 kg'dır. Bu artış sonucunda elde edilen net kar ise dekar başına yine aynı ürünler için sırasıyla; 195 TL, 211 TL ve 169 TL'dir. Ekilebilir arazi baz alındığında bir yılda 1000 hayvan için net kar, yonca, macar fiğ arpa karışımı ve silajlık mısır için sırasıyla; 1. 779. 375 TL, 1. 925. 374 TL ve 1. 542. 120 TL'dir.

Silajlık mısır

Pilot çalışmada büyükbaş hayvan atığının biyobozunurluğunu arttırmak üzere reaktörlere büyükbaş hayvan atığının yanı sıra silajlık mısır da beslenmiştir. 1000 hayvan için bir günde sisteme beslenmesi gerekli silajlık mısır miktarı 5 tondur. Sisteme beslenecek olan silajlık mısır için 1 yılda ödenecek tutar ise 410. 625 TL'dir.

Karbon kredisi

Büyükbaş hayvan atıkları kontrolsüz bir şekilde doğal ortama bırakıldıklarında bozunurlar ve bunun sonucunda metan gazı açığa çıkar. Oluşan metan sera gazı etkisi açısından aynı miktardaki karbondioksitten 20 kat daha tesirlidir. Dolayısıyla büyükbaş hayvan atıklarının kontrolsüz bir şekilde doğal ortama bırakılmaları sonucu oluşan en önemli problemlerden biri kontrolsüz metan gazı oluşumudur. Kyoto protokolüne göre sera gazı emisyonları belirtilen sınır değerinin üzerine çıkan ülkeler kendi sınırlarının altında kalan ülkelere bu miktarları satın alabilir. Bu sebeple, ticari kuruluşların da dahil olduğu karbon kredisi adı da verilen uluslararası bir karbon borsası oluşmuştur. Sera gazı etkisini düşüren teknolojilerin bu açıdan bir katma değeri bulunmaktadır. Bu etki hayvan başına yılda 45 TL civarlarındadır. Ancak ülkemiz henüz Kyoto protokolüne imza atmamıştır. Bu sebeple, bu tip bir tesis için karbon kredisi yoluyla elde edilen kar ülkemiz için henüz net bir gelir kalemi oluşturmamaktadır. Bu yüzden bu kalem burada yapılan hesaplamalarda kullanılmamıştır.

Çevre

Büyükbaş hayvan atıklarının kontrolsüz bir şekilde doğal ortamlara bırakılması koku, doğal ortamlarda kontaminasyon riski ve patojen mikroorganizmaların varlığı gibi olumsuz sonuçları beraberinde getirmektedir. Hayvan atıklarının bu olumsuz özelliklerinin bertarafı için hayvan çiftlikleri üzerinde yasal prosedürler bulunmaktadır. Gerekli şartlar sağlanmadığında çiftlik sahipleri zaman zaman yüksek miktarlarda cezalar ile de karşılaşabilmektedir. Hatta çevresel bilincin artması ve Avrupa Birliği ile uyum açısından bu cezaların ilerleyen dönemlerde daha da artacağı düşünülmektedir. Bu durum çiftlik sahipleri üzerinde mali bir sıkıntı oluşturmaktadır. Büyükbaş hayvan atıklarının havasız çürütme tesislerinde bertarafı ile bu olumsuz durumların önüne geçilebilecektir. Bu etkenler dikkate alındığında havasız çürütme tesislerinin hayvan başına yılda yaklaşık olarak 537 TL'lık bir getirisi bulunmaktadır. Ancak bu değer Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan çalışmalarda belirlenen ortalama bir değerdir. Ülkemiz için henüz bu şekilde ortalama bir değer belirlenecek çalışma sayısı kısıtlıdır. Ayrıca, ülkemizdeki ceza sistemi ile ABD ve Avrupa'da ki cezalar arasında da farklılık bulunmaktadır. Bu sebeple burada yapılan hesaplamalarda bu kalem de dikkate alınmamıştır.

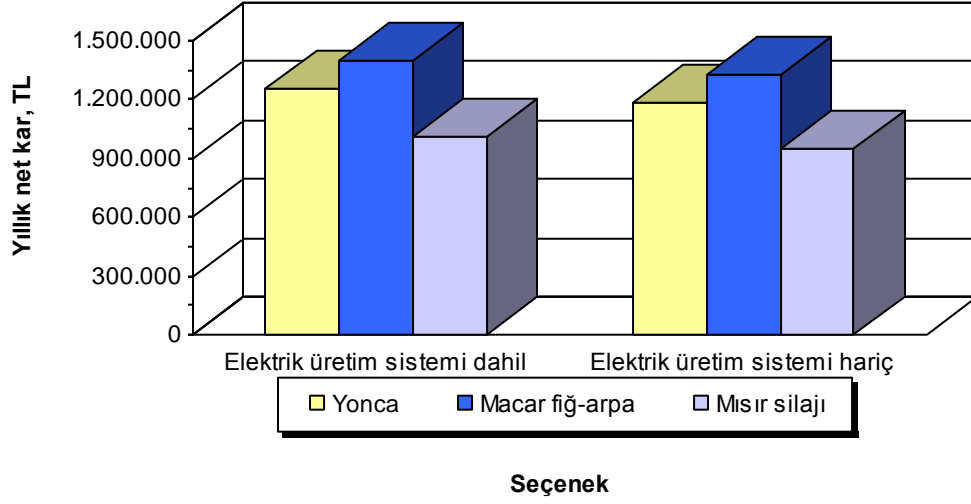
Fayda Maliyet Hesaplamaları

Hesaba katılan tüm mali etkenler dikkate alındığında büyükbaş hayvan atıklarının havasız çürütme prosesinde stabilize edilmesi için zorunlu ve opsiyonel fayda ve maliyet kalemleri Tablo 2'de özetlenmiştir.

Büyükbaş hayvan atıklarının havasız çürütülmesindeki fayda maliyet analizi için, başlangıçta elektrik üretim sisteminin kurulup kurulmaması ve toprağa ekilecek olan ürünün cinsi bakımından 6 farklı opsiyon bulunmaktadır. Elektrik üretim sisteminin kurulduğu ve kurulmadığı durumlarda bu üç yem bitkisi için yıllık net karlar Şekil 2’de gösterilmiştir.

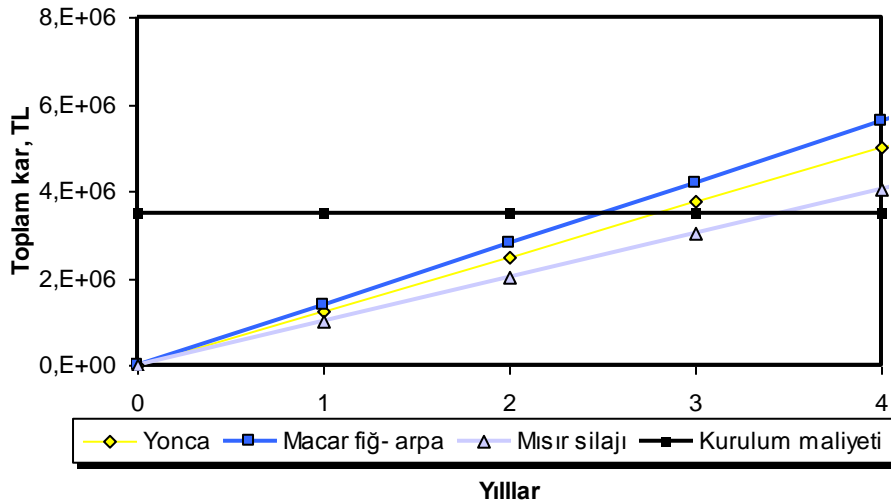
Tablo 2 Havasız çürütme prosesi için zorunlu ve opsiyonel fayda/maliyet kalemleri
(TÜBİTAK-106G026 Sonuç Raporu)

Parametre	Değer
Hayvan sayısı (adet)	1. 000
Havasız çürütme tesisi birim kurulum maliyeti (TL/hayvan)	2. 786
Havasız çürütme tesisi toplam kurulum maliyeti (TL/1000 hayvan)	2. 786. 000
Elektrik üretim sistemi dahil havasız çürütme tesisi birim kurulum maliyeti (TL/1000 hayvan)	3. 507
Elektrik üretim sistemi dahil havasız çürütme tesisi toplam kurulum maliyeti (TL/1000 hayvan)	3. 507. 000
Kullanılan atık (ton/gün)	25
Kullanılan su (ton/gün)	20
Kullanılan silaj (ton/gün)	5
Üretilen çürümüş atık (ton/gün)	~50
Optimum doz (ton/da)	2
Toplam ekilir alan (da)	9. 125
Yonca fiyatı (TL/ton)	450
Yoncada ürün artışı (kg/da)	433
Yonca artışından elde edilen gelir (TL/yıl-1000hayvan)	1. 779. 375
Macar fiğ+arpa fiyatı (TL/ton)	400
Macar fiğ+arpada ürün artışı (kg/da)	527
Macar fiğ+arpa artışından elde edilen gelir (TL/yıl-1000hayvan)	1. 925. 374
Mısır silajı fiyatı (TL/ton)	225
Mısır silajında ürün artışı (kg/da)	752
Mısır silajının artışından elde edilen gelir (TL/yıl-1000hayvan)	1. 542. 120
Elektrik üretiminden elde edilen gelir (TL/yıl-1000hayvan)	190. 000
Elektrik gereksinim maliyeti (TL/yıl-1000hayvan)	182. 000
Biyogazdan elde edilen gelir (TL/yıl-1000hayvan)	127. 000
Biyogaz elde etme maliyeti (TL/yıl-1000hayvan)	132. 000
Isıdan elde edilen gelir (TL/yıl-1000hayvan)	7. 000
Silajlık mısır kullanım maliyeti (TL/yıl-1000hayvan)	410. 625
Yıllık toplam maliyet (TL/yıl-1000hayvan)	724. 625
Yonca ekimi için elektrik üretim sistemi dahil yıllık toplam fayda (TL/yıl-1000hayvan)	1. 976. 375
Yonca ekimi için elektrik üretim sistemi hariç yıllık toplam fayda (TL/yıl-1000hayvan)	1. 906. 375
Macar fiğ+arpa ekimi için elektrik üretim sistemi dahil yıllık toplam fayda (TL/yıl-1000hayvan)	2. 122. 374
Macar fiğ+arpa ekimi için elektrik üretim sistemi hariç yıllık toplam fayda (TL/yıl-1000hayvan)	2. 052. 374
Mısır silajı ekimi için elektrik üretim sistemi dahil yıllık toplam fayda (TL/yıl-1000hayvan)	1. 739. 120
Mısır silajı ekimi için elektrik üretim sistemi hariç yıllık toplam fayda (TL/yıl-1000hayvan)	1. 669. 120



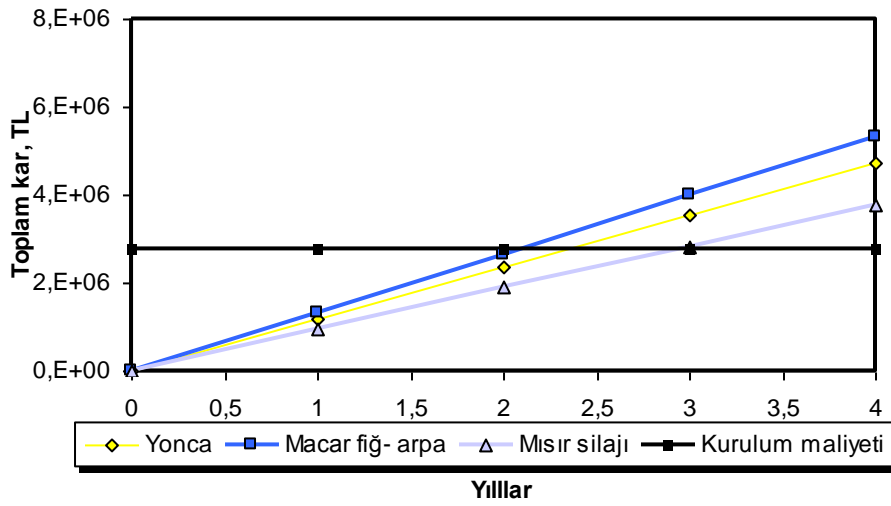
Şekil 2 Yıllık net kar opsiyonları

Şekilden de görüleceği üzere elektrik üretim sistemi kurulduğunda yıllık net gelir artmaktadır. Yem bitkileri birbirleri içerisinde kıyaslandığında ise en fazla gelir getiren ürün Macar fiğ-arpa ne az gelir getiren ürün ise mısır silajıdır. İlk yatırım maliyetinin üreticinin sermayesi ile harcandığı yani kredi çekilmediği düşünülürse; elektrik sisteminin de kurulduğu durumda tesis geri ödeme süreleri Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3 Elektrik üretim sistemi kurulduğunda yıllık net gelirler

Şekil 3’den de görüleceği üzere her bir ürün için geri ödeme süresi değişmektedir. En kısa geri ödeme süresi en yüksek yıllık geliri getiren macar fiğ-arpada en uzun geri ödeme süresi ise en düşük yıllık net gelirin üretildiği mısır silajında elde edilmiştir. Yonca, macar fiğ-arpa ve mısır silajı ekildiği durumlarda yatırımın geri ödeme süreleri sırasıyla; 2,8 yıl, 2,5 yıl ve 3,5 yıl olarak hesaplanmıştır. İlk yatırım maliyetinin üreticinin sermayesi ile harcandığı yani kredi çekilmediği düşünülürse; elektrik sisteminin kurulmadığı durumda tesis geri ödeme süreleri ise Şekil 4’de gösterilmiştir.



Şekil 4 Elektrik üretim sistemi kurulmadığında yıllık net gelirler

Benzer şekilde en kısa geri ödeme süresi en yüksek yıllık geliri getiren macar fiğ-arpada en uzun geri ödeme süresi ise en düşük yıllık net gelirin üretildiği mısır silajında elde edilmiştir. Yonca, macar fiğ-arpa ve mısır silajı ekildiği durumlarda yatırımın geri ödeme süreleri sırasıyla; 2,4 yıl, 2,1 yıl ve 3,5 yıl olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar ve Öneriler

Ülkemizde büyükbaş hayvan atıklarının bir kısmı kurutularak ısınma amaçlı olarak, bir kısmı gübre olarak kullanılırken büyük kısmı ise kontrolsüz şekilde alıcı ortamlara verilmektedir. Stabilize olmamış atıkların doğaya bırakılması ile alıcı ortamlarda kirlenme meydana gelmekte

ve hayvan atıklarında bulunan patojen mikroorganizmalar sebebiyle salgın hastalık gibi riskler sürekli olarak mevcut bulunmaktadır. Ülkemizdeki büyük ölçekli birçok işletme sahibi, çevre bilinci konusunda yeterli bilgiye sahip bulunmaması sebebiyle üretimleri için gerekli birçok mali kalemi doğal karşılarken işletmede oluşan çevresel etkilerin bertarafı konusundaki maliyetleri kabullenmemekte ve bu konuda yapılması gereken yatırımları gereksiz veya bütçeye yüksek bir yük olarak algılamaktadır. Ancak, işletmelerin çevreyle ilgili yatırımların da asli bir ihtiyaç olduğunu ve çevrenin korunması için bu konudaki maliyetlerin de doğal maliyetler cinsinden kabul edilmesi gerektiğini anlamaları bir zorunluluktur.

Bu çalışmada, bütünleşik bir hayvansal atık yönetimi ile yapılan yatırımların ekonomik analizi yapılmış ve kurulacak herhangi bir çürütme tesisinin geri ödeme periyodu hesaplanmıştır. Bu amaçla, pilot ölçekli bir tesisten ve tarımsal çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile literatür verileri de kullanılarak 1000 büyükbaş hayvan için bir havasız çürütme tesisinin kurulum ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Elde edilen en iyi sonuçlara göre; çürümüş atıkların Macar fiğ ve arpa karışımı bitkisinin ekiminde kullanıldığında kurulacak tesisin elektrik üretim sistemi de kurulduğunda 2,5 yılda; elektrik üretim sistemi kurulmadığında ise 2,1 yılda kendisini amorti ettiği ortaya konmuştur. Çalışmada öngörülen atık yönetiminin kullanılması ile yapılan çevresel bir yatırımın kendisini kısa sürede amorti edeceği görülmektedir. Pilot ölçek çalışma sonuçları ve literatür verileri kullanılarak yapılan analize göre belirtilen kar oranları gerçekte elde edilemese bile gerekli maliyetlerin oldukça düşeceği muhakkaktır. Bu sebeple, ülkemizde bütünleşik atık yönetim stratejilerinin uygulanarak çürütme tesislerinin yaygınlaştırılması ile çevre sağlığı ve ülke ekonomisi açısından oldukça büyük faydalar sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK'ın Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme Projeleri kapsamında desteklediği 106G026 no'lu "Hayvansal Atık Yönetimi Projesi" çıktılarında üretilmiştir. TÜBİTAK'a bu projeye verdiği finansal destekten dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Aitken, M. D. , Sobsey, M. D. , Van Abel, A. D. , Blauth, K. E. , Singleton, D. R. , Crunk, P. L. , Nichols, C. , Walters, G. W. ve Schneider, M. (2007). "Inactivation of Escherichia Coli O157:H7 during Thermophilic Anaerobic Digestion of Manure from Dairy Cattle", *Water Research*, 41:1659-1666.
- Atallah, T. , Andreux, F. , Choné, T. ve Gras, F. (1995). "Effect of Storage and Composting on the Properties and Degradability of Cattle Manure", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 54(3): 203-213.
- Bhattacharya, T. K. ve Mishra, T. N. (2003). "Biodegradability of Dairy Cattle Manure under Dry Anaerobic Fermentation Process", *Journal of Institution of Engineers*, 84:9-11.
- Brandón, M. G. , Lazcano, C. ve Domínguez, J. (2008). "The evaluation of Stability and Maturity During the Composting of Cattle Manure", *Chemosphere*, 70 (3):436-444.
- Demirci, G. G. ve Demirer G. N. (2004). "Effect of Initial COD Concentration, Nutrient Addition, Temperature and Microbial Acclimation on Anaerobic Treatability of Broiler and Cattle Manure", *Bioresource Technology*, 93:109-117.
- Demirer, G. ve Chen, S. (2004). "Effect of Retention Time and Organic Loading Rate on Anaerobic Acidification and Biogasification of Dairy Manure", *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 79:1381-1387.
- Demirer, G. ve Chen, S. (2005). "Anaerobic Digestion of Dairy Manure in a Hybrid Reactor With Biogas Recirculation", *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21:1509-1514.
- Dugba, P. N. ve Zhang, R. (1999). "Treatment of Dairy Wastewater with Two-Stage Anaerobic Sequencing Batch Reactor Systems - Thermophilic Versus Mesophilic Operations", *Bioresource Tehnology*, 68:225-233.
- El-Mashad, H. M. , Zeeman, g. , Van Loon, W. K. P. , Bot G. P. A. ve Lettinga, G. (2004). "Effect of temperature and temperature fluctuation on thermophilic anaerobic digestion of cattle manure", *Bioresource Technology*, 95:191–201.
- Harikishan S. and Sung, S. (2003). "Cattle Waste Treatment and Class a Biosolid Production Using Temperature-Phased Anaerobic Digester", *Advances in Environmental Research*, 7: 701-706.

Kalyuzhnyi, S. , Sklyar, V. , Fedorovich, V. , Kovalev, A. , Nozhevnikova, A. ve Klapwijk, A. (1999). “The Development of Biological Methods for Utilisation and Treatment of Diluted Manure Streams”, *Water Science and Technology*, 40(1):223-229.

Keshtkar, A. , Ghaforian, H. , Abolhamd, G. ve Meyssami, B. (2001). “Dynamic Simulation of Cyclic Batch Anaerobic Digestion of Cattle Manure”, *Bioresource Technology*, 80:9-17.

Larney, F. J. ve Hao, X. (2007). “A review of Composting as a Management Alternative for Beef Cattle Feedlot Manure in Southern Alberta, Canada”, *Bioresource Technology*, 98(17):3221-3227.

Martin, J. H. (2004). “A Comparison of Dairy Cattle Manure Management with and without Anaerobic Digestion and Biogas Utilization”, *AgSTAR Programme US EPA*, 17 Haziran 2004, Washington.

Parkinson, R. , Gibbs, P. , Burchett, S. ve Misselbrook, T. (2004). “Effect of Turning Regime and Seasonal Weather Conditions on Nitrogen and Phosphorus Losses During Aerobic Composting of Cattle Manure”, *Bioresource Technology*, 91(2):171-178.

Shiraishi, M. , Wakimoto, N. , Takimoto, E. , Kobayashi, H. ve Osada, T. (2006). “Measurement and Regulation of Environmentally Hazardous Gas Emissions from Beef Cattle Manure Composting”, *International Congress Series*, 1293:303-306.

Hayvansal Atık Yönetimi adlı 106G026 numaralı TÜBİTAK KAMAG Projesi Sonuç Raporu (2012).

USDA Rural Development. (2009). “Cooperative Approaches for Implementation of Dairy Manure Digesters”, *Araştırma Raporu* 217.