

BİYOĞAZ ÜRETİM SİSTEMLERİ İÇİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ

Ömer EREN¹, H. Hüseyin ÖZTÜRK¹

¹Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları Bölümü
01330 ADANA

ooeren@cu.edu.tr ; hhozturk@cu.edu.tr

Özet

Biyogaz üretim sistemleri; kullanılan hammadde ve üretim teknolojisi bakımından farklı özelliklerde olabilmektedir. Bu nedenle, biyogaz üretim sistemleri, sistem analizi bakımından daha ayrıntılı bir inceleme gerektirir. Bu çalışmada, biyogaz üretim sistemlerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için, yaşam döngüsü analizinin uygulanması incelenmiştir. Biyogaz üretim sistemlerinde gerçekleşen bütün enerji akışları, yaşam döngüsü bakımından tanımlanmıştır. Biyogaz üretim sistemlerinde kullanılan hammadde, geri kazanım-dönüşüm teknolojileri ve taşıma gereksinimleri dikkate alınmıştır. Yakıt olarak biyogaz kullanılan kojenerasyon sistemlerinin çevresel etkileri, yaşam döngüsü analizi ile incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sera Gazı Salımları, Biyogaz, Yaşam Döngüsü Analizi (YDA)

Abstract

Biogas production systems can be in the different properties caused by using raw material and production technology. For this reason, biogas production systems requirements a investigation with more detail for system analysis. In this study, application of life cycle analysis was investigated for evaluation of environmental impacts of biogas production systems. Life cycle described for whole energy flows that realized in the biogas production systems. Raw material which was used in the biogas production systems, recovery technologies, and transport necessities were considered. Environmental impacts of biogas co-generation systems investigated with life cycle analysis.

Key Words: Greenhouse Gas Emissions, Biogas, Life Cycle Analysis (LCA)

1. GİRİŞ

Enerji, doğa ve toplum yaşamı için önemli bir etmendir. Enerji üretimi, dönüşümü ve tüketimi, çevre ve sürdürülebilir bir gelişme için önemli bir girdi olarak dikkate alınır. Enerji üretimi, ekosistemi bozan önemli çevresel sorunlara neden olur. Enerji sistemleri ile enerji üretiminden, tüketimine ve atılmasına kadar gerçekleşen değişik aşamalarda çevreye değişik salımlarda bulunulur. Bunlardan en önemlisi de sera gazı salımlarıdır. Çevresel ve sürdürülebilir bir gelişme için, bu salımların en az seviyede olması gerekir. Son zamanlarda, çevre ve insan sağlığına zararlı kirletici madde salımlarıyla ilişkili mevcut çevresel sorunlar

için önemli çözümler geliştirilmiştir. Enerji üretim ve tüketim sistemlerinin, çevreye ne kadar sera gazı salımı verdikleri, çevresel etki değerlendirme yöntemlerinden birisi olan yaşam döngüsü analizi ile belirlenebilir.

Son yıllarda, biyokütle enerji kaynaklarından enerji taşıyıcı olarak anaerobik bozunma ve biyogaz üretimi giderek önem kazanmaktadır. Enerji ve çevresel sistem analizlerinde, ürünlerin yaşam döngüsünde, giren ve çıkan enerji ve materyaller tanımlanır ve miktarları belirlenir. Biyogaz üretim sistemleri; kullanılan hammadde ve üretim teknolojisi bakımından farklı özelliklerde olabilmektedir. Bu nedenle, biyogaz üretim sistemleri, sistem analizi bakımından daha ayrıntılı bir inceleme gerektirir.

Bu çalışmada, biyogaz üretim sistemlerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için, yaşam döngüsü analizinin uygulanması incelenmiştir. Biyogaz üretim sistemlerinde gerçekleşen bütün enerji akışları, yaşam döngüsü bakımından tanımlanmıştır. Biyogaz üretim sistemlerinde kullanılan hammadde, geri kazanım-dönüşüm teknolojileri ve taşıma gereksinimleri dikkate alınmıştır. Yakıt olarak biyogaz kullanılan kojenerasyon sistemlerinin çevresel etkileri, yaşam döngüsü analizi ile incelenmiştir.

2. YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ (YDA)

Yaşam döngüsü analizi (YDA), ileri/geri beslemeli ve tekrarlanabilir olup, dört temel aşamadan oluşmaktadır [1].

- 1) Amaç ve kapsam tanımı: Çalışmanın amacı ve hedefi belirlenir.
- 2) Yaşam döngüsü veri çözümlemesi: İşlem veya tesisin akış şemasından yararlanılarak, açığa çıkan salımlar ve kullanılan ham maddeler tanımlanır.
- 3) Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi: Salımlar ve ham maddelerdeki azalmanın etkileri değerlendirilir.
- 4) Yaşam döngüsü yorumu: Benzer yararı sağlayan veya benzer işlemi yapan diğer işlemlerle karşılaştırılır.

Biyogaz üretim sistemlerinin ekolojik etkilerinin belirlenmesi çevre açısından önemlidir. Bu amaç doğrultusunda biyogaz üretim sistemlerinin ekolojik etkilerinin belirlenmesi amacıyla YDA'den faydalanılabilir.

2.1. AMAÇ VE KAPSAM TANIMI

Biyogaz üretim sistemi için YDA'nin amacı, biyogazdan elektrik üretiminin neden olduğu çevresel etkilerin belirlenmesidir. Bu çalışmanın kapsamı, yeterli kalite, miktar ve ayrıntı sağlamalı ve tanımlanan amaca uygun olmalıdır. YDA çalışmalarının tekrarlamalı

özelliği nedeniyle, çalışmanın kapsamını ayarlamak mümkündür. Tekrarlanabilme özelliği, ilk olarak tanımlanan değişkenlerin değiştirilmesine olanak sağlar. Bu nedenle, YDA'inde veri toplama ve değerlendirme dinamik bir işlemdir. Aşağıda belirtilen tekrarlamalı işlemler uyarlanan kapsam ile uyumlu olarak yapılabilir.

2.1.1. İŞLEVSEL BİRİM VE REFERANS BİRİM

ISO 14040'daki tanımlamaya göre, işlevsel birim, üretim sisteminin işlevsel çıktılarının verimliliğinin bir ölçüsüdür. Bütün materyal ve enerji akışları ve bu akışlardan kaynaklanan etkiler, işlevsel birim ile ilişkilidir. İşlevsel birim, duyarlılık analizi ve aynı işlevsel birim ile gerçekleştirilen farklı amaçlar arasında karşılaştırma yapabilmek için önemlidir. Karşılaştırmalı YDA çalışmalarının sonuçları, işlevsel birime bağlı olarak değişebilir. Bu nedenle, bir sistem referans birime göre tercih edilebilir. Referans birimin değişmesi olumsuzluk olabilir.

Biyogaz kojenerasyon sistemlerinde YDA çalışmasının işlevi, kamu elektrik şebekesine vermek üzere elektrik üretmektir. Biyogaz üretim sistem tarafından üretilen elektriğin işlevsel birimi, kamusal elektrik şebekesine verilen bir terajul (1 TJ) elektriktir. Referans akışta birleşik ısı ve güç tesisi tarafından kamusal elektrik şebekesine verilen bir terajul (1 TJ) elektriktir. Besleme kayıpları çok az olduğundan, referans akış ve işlevsel birim aynı miktarlarda kabul edilir. Bu durumda, referans akış işlevsel birime eşittir (1 TJ = 277.778 kWh).

2.1.2. SİSTEM SINIRLARI

Sistem sınırlarının tanımlanması, YDA'nin sahip olması gereken bölümleri belirler. Zaman, para gibi değişik faktörler ve verilerin belirlenebilirliği, sistem sınırlarını etkiler. Sistem sınırlarındaki başlıca akışlar, girdi ve çıktı akışları olacak şekilde tanımlanır.

İncelenen sistemin sınırlarının tanımlanmasına göre, aşağıdaki özellikler dikkate alınabilir:

Ø Biyogaz üretim sistemine giren bütün enerji ürünleri tamamiyle incelenecektir. Bu işlem, mevcut biyogaz üretim sistemlerinin çalışması ve hesaplamalar ile gerçekleştirilecektir. İşlemlere ilişkin bütün enerji ürünleri, giriş verileri kullanılarak hesaplanır. Bu durum, ürün üretimi ile ilişkili materyal ve enerji akışlarını içerir.

Ø Fermente gübrenin uygulanması ile ilgili olarak, CO₂ ve amonyak gibi gaz emisyonları kadar, gübredeki azot, fosfor ve potasyum gibi besin elementleri de belirlenecektir. Makina ve işlemlere ilişkin tüm tüketimler belirlenecektir.

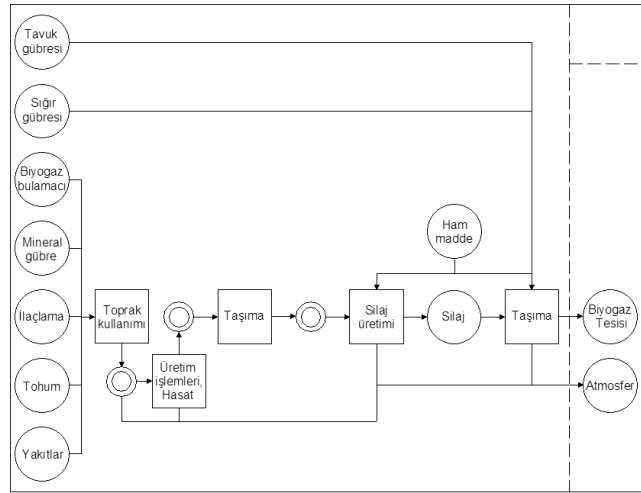
2.2. YAŞAM DÖNGÜSÜ VERİ ÇÖZÜMLEMESİ

Her bir birime giren ve çıkan ürün miktarları, ölçülen, hesaplanan veya tahmin edilen veriler kullanılarak miktarsal olarak tanımlanır. Veriler genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Ø Enerji girdileri, ham materyal girdileri, kaynak girdileri ve diğer fiziksel girdiler
- Ø Ürünler
- Ø Hava, su ve toprağa olan salımlar

2.2.1. GİRDİLER

Biyogaz üretiminde hammadde olarak kullanılan ve biyogaz üretim sisteminin fermentasyon tankına gönderilen bütün maddeler girdi olarak değerlendirilir (Şekil 1). Ek yağış ve kullanılan su girdi olarak hesaplanır.



Şekil 1. Biyogaz üretim sisteminin girdileri [2]

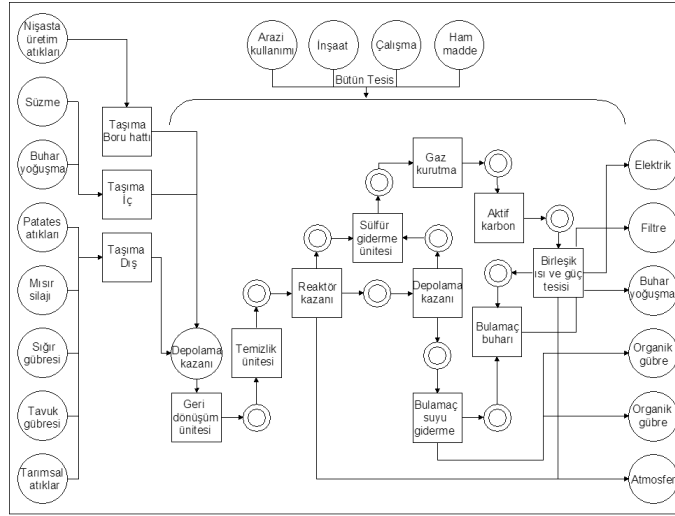
2.2.2. TAŞIMA

Çiftlik tipi biyogaz üretim sistemlerine ilişkin olarak yapılan YDA çalışmalarında, taşıma işlemlerinin ekolojik etkileri girdi olarak dikkate alınmaz. Bu tip tesislerde, sadece çiftliğin kendisinden oluşan gübre ve biyolojik olarak ayrıştırılabilir atıklar girdi olarak hesaplanır. Enerji bitkilerinin, gıda endüstrisinden oluşan biyolojik ayrıştırılabilir atıkların, gübre ve biyogaz bulamacının taşınması sonucunda gerçekleşen ekolojik etkilerin

değerlendirilmesi gerekir. Değerlendirmelerde, biyogaz üretim sisteminde girdi ve çıktı taşınmasında kullanılan sadece tarımsal taşıtlar (traktör ve römorklar) dikkate alınır.

2.2.3. BİYOGAZ TESİSİ

Biyogaz tesisinde, değişik özelliklerde biyolojik ve enerji dönüşüm işlemleri gerçekleşir. Temel ünite biyogaz reaktörüdür. Biyogaz tesislerinin büyük bir çoğunluğu, tek bir ünite halindedir. Bu nedenle, tipik bir tesis örneği belirlenemeyebilir. Biyogaz tesisi için olası bir tasarım şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. YDA için veri toplamaya yardımcı örnek bir biyogaz tesisi tasarım şeması [2]

Tesisin çalışması sonucunda oluşan atıklar ve birleşik ısı ve güç tesisinden açığa çıkan salımlar kadar, materyal akışları ve tesisin kurulması ile ilgili alan kullanımı da hesaplanır. Salımlar, atıklar ve tesisin tahribatı ile ilgili veriler de toplanmalıdır. Biyogaz üretiminden açığa çıkan sıvı ve katı materyalin ekolojik etkileri de değerlendirilir.

2.3. YAŞAM DÖNGÜSÜ ETKİ DEĞERLENDİRMESİ

Çevresel etkilerin karşılaştırılabilmesi için, etki sınıflarının tanımlanması gereklidir. Etki sınıfları çalışmanın amacı ile ilişkili olarak seçilir. Etki sınıflarının tamamı için genel olarak kullanılan bir birim yoktur.

1) Kaynak tüketimi (azalımı): Fosil yakıtlar ve minerallerin çıkarılması ile ilgilidir. Sonuçlar kgSb eq/kg salım olarak belirtilir.

2) İklim değişimi: Atmosfere insan salımlarının etkisi olarak tanımlanır. Bu gazların çoğu, dünya yüzey sıcaklığının artmasına neden olur. Sonuçlar, kg SO₂-eq olarak verilir.

Havaya her bir sera gazı için tanımlama faktörü, 100 yıllık zaman dilimi için küresel ısınma potansiyeli (kgCO₂-eq/kg salım) olarak tanımlanır.

3) Asitleşme: Toprak, su, biyolojik organizmalar ve yapılar için çok değişik etkilere neden olan, çevrenin asitleşmesine neden olan salımlar ile ilgili bir özelliktir. Örnek olarak, balık ölümleri veya ormanların azalması verilebilir. Sonuçlar, kg CO₂-eq olarak verilir. Tanımlama faktörü, çevre için her bir asitleştirici salımın asitleştirme potansiyelidir (kg SO₂-eq/kg emisyon).

4) Gıda kirliliği: Azot ve fosfor gibi makro elementlerin çok yüksek düzeylerinin çevreye olan potansiyel etkilerini kapsar. Besin zenginliği, türlerin bileşiminde istenilmeyen değişimlere neden olabilir. Sonuçlar, kgPO₄-eq olarak verilir. Hava, su ve toprağı kirleten her bir salımın tanımlanması için, kirlenme potansiyeli (kgPO₄-eq/kg emisyon) kavramı kullanılır.

Küresel yaklaşım açısından Ekoİndikatör yöntemi geliştirilmiştir. Herhangi bir işleme ilişkin küresel çevresel ilişkilerin tanımlanması için bu yöntemden yararlanılır. Ekoİndikatör yöntemine göre, üç tip zarar tanımlanır:

- 1) İnsan sağlığına olan zararlar
- 2) Ekosistem kalitesine olan zararlar
- 3) Kaynaklara olan zararlar

Bir sistemin etkileri ve zararları arasındaki ilişkiler, bilimsel yöntemler ile hesaplanabilir.

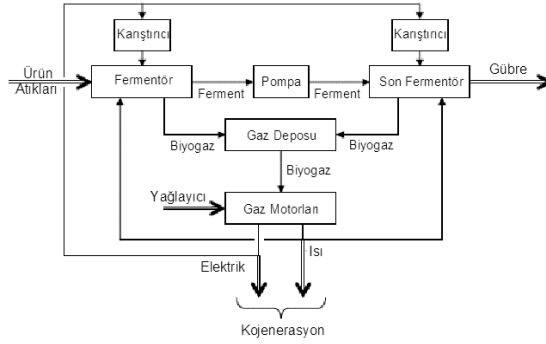
- Ø İnsan sağlığına olan zararlar, yetersiz uyarlanmış yaşam yılları olarak belirtilir.
- Ø Ekosisteme olan zararlar, çevresel olumsuzluklar nedeniyle belirli bir bölgede ortadan kaybolan (yok olan) türlerin oranı olarak tanımlanır.
- Ø Kaynaklar, mineraller ve fosil yakıtlara olan zararlar, gelecekteki madencilik işleri için fazla (artık) enerji olarak tanımlanır ve MJ biriminden belirtilir.

2.4. YAŞAM DÖNGÜSÜ YORUMU

Bu çalışmanın sonuçlarına bağlı olarak, biyogaz üretim işleminde iyileştirmeler yapılabilir. İşlemlerin değerlendirilmesi ile belirlenen sonuçlar dikkate alınarak, en büyük tehdit oluşturan etmenlerden başlayarak, aşama aşama iyileştirmeler yapılabilir. Belirlenecek olan başlıca sonuçlar, kamusal danışmanlık veya yatırım fonlarının değerlendirilmesi amacıyla da kullanılabilir. Bilim adamları, tesis tasarımcıları, devlet yetkilileri ve politikacılar bu çalışmadan yararlanabilir. Biyogazın ekolojik etkilerinin bilinmesi, büyük ölçekli biyogaz üretim sistemlerinde biyogazdan üretilen elektriğin ekolojik etkilerinin iyileştirilmesine katkı sağlar.

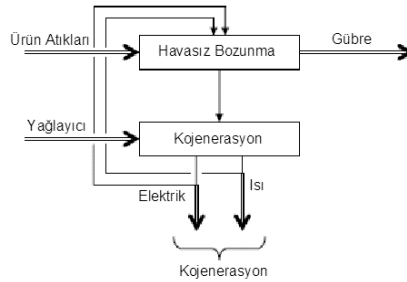
3. BİYOGAZ KOJENERASYONU İÇİN ETKİ DEĞERLENDİRMESİ

Avusturya'daki bir biyogaz kojenerasyon ünitesi örnek olarak dikkate alınmış ve YDA irdelenmiştir. Biyogaz kojenerasyon sistemi Şekil 3'de akış diyagramı olarak verilmiştir.



Şekil 3. Biyogaz kojenerasyon sisteminin akış diyagramı [3]

Çalışmayı basitleştirmek için, Şekil 4'de verilen kümelenmiş akış diyagramı kullanılabilir. İlgili veriler Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 4. Biyogaz kojenerasyon sistemi için kümelenmiş akış diyagramı [3]

Tablo 1. Biyogaz Kojenerasyon Sistemine İlişkin Veriler [3]

Havasız Bozunma İşlemi	Kojenerasyon İşlemi
Girdiler	
6 m ³ ürün atığı	m _{bio} =1340 m ³ biyogaz
165 kWh elektrik	0.6 L motor yağı
460 kWh ısı	
Çıktılar	
Gübre	12500 m ³ eksoz gazı
m _{bio} =1340 m ³ biyogaz	W _{el} =2080 kWh elektrik
	Q=3560 kWh ısı

Biyogaz kojenerasyon ünitesi ile elektrik ve ısı üretiminin neden olduğu etkiler, aşağıdaki dört grup işlem sonucunda oluşmaktadır:

- 1) Tesisin düzenleme ve tasarımı
- 2) Kojenerasyon ünitesinden açığa çıkan eksoz gazı salımları
- 3) Biyogaz üretiminin iki önemli üstünlüğü: Bitkilerin yaşamı boyunca CO₂ soğurmaları ve ürün atıklarının alternatif bir yöntemle işlenmesi nedeniyle oluşan metan salımlarının ortadan kaldırılması
- 4) Gaz motorları için motor yağı tüketimi

SimaPro 5 yazılımı ile belirlenen sonuçlar, Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Biyogaz Kojenerasyon Ünitesi ile 1 MJ Elektrik ve 1.6 MJ Isı Enerjisi Üretimi Sonucunda Oluşan Etkiler [3]

Etki sınıfı	Kaynak Azalması (MJ fosil enerji eşdeğeri)	İklim Değişimi (gCO ₂ eşdeğeri)	Asitleşme (mgSO ₂ eşdeğeri)	Gıda Kirliliği (mgNO _x eşdeğeri)
Enerji üretimi	0	371	380	718
Yağlayıcı tüketimi	0.005	0.07	0.58	0.27
Biyogaz bonusu	0	-498	0	0
Tasarım/düzenleme	0.061	3.45	51	12

4. SONUÇLAR

Biyogaz üretim sistemlerinden enerji üretimi sırasında CO₂ ve diğer sera gazları salımları yapıldığı bilinmektedir. Dolayısıyla, bu sera gazları salımı iklim değişikliğine yol açmaktadır. Salımları belirlemek için yaşam döngüsü analizinden faydalanılabilir.

Biyogaz kojenerasyon uygulamasının en önemli üstünlüklerinin ve başlıca yararlarının kaynak azaltma ve sera etkisini azaltma etkileri olduğu bilindiğine göre, ülkemiz için biyogaz üretim politikalarının belirlenmesinde yaşam döngüsü analizi irdelenmeli, ülkemiz koşullarına göre, biyogaz üretim sistemleri için, yaşam döngüsü analizi veri tabanları oluşturulmalıdır.

5. KAYNAKLAR

1. ISO, (2006). “Environmental Management – Life Cycle Assessment- Principles and Framework”, ISO 14040, Geneva, 1-20.
2. Hartmann, J.K., (2006). “Life-Cycle-Assessment of Industrial Scale Biogas Plants”, Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen

3. Chevalier, C., Meunier, F., (2005). "Environmental Assessment of Biogas Co- Or Tri-Generation Units by Life Cycle Analysis Methodology", Applied Thermal Engineering, 25, 3025-3041

