



# SỬ DỤNG ĐÁNH GIÁ VÒNG ĐỜI SẢN PHẨM (LCA) CHO ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG MÔI TRƯỜNG CỦA HỆ THỐNG SẢN XUẤT BIOGAS TẬP TRUNG TỪ CHẤT THẢI RẮN ĐÔ THỊ TRONG CÁC TÒA NHÀ

Lương Thanh Tâm

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Ngày nhận: 23/06/2016

Ngày sửa chữa: 09/08/2016

Ngày xét duyệt: 03/09/2016

## Tóm tắt:

*Nghiên cứu tiến hành đánh giá tác động môi trường của toàn bộ vòng đời hệ thống phân phối khí sinh học (biogas) sử dụng phương pháp đánh giá vòng đời sản phẩm (LCA). Kết quả chỉ ra rằng hệ thống phân phối biogas tập trung từ thực phẩm thừa có thể giảm mức độ rủi ro và cắt giảm ô nhiễm khí nhà kính trong các tòa nhà ở đô thị một cách đáng kể. Kết quả của nghiên cứu cũng thể hiện một mạng lưới các quá trình với mục đích xác định rõ các quá trình có khả năng tổn hại nhiều nhất đến môi trường cũng như các quá trình tiềm năng trong việc cải tiến thiết kế hệ thống cung cấp biogas.*

**Từ khóa:** biogas, đánh giá vòng đời, xử lý rác thải, hệ thống phân phối.

## 1. Đặt vấn đề

Một vài nghiên cứu về lĩnh vực năng lượng của Việt Nam ước tính rằng tổng nguồn năng lượng sơ cấp cung cấp sẽ tăng từ 42 triệu tấn dầu quy đổi (Mtoe) vào năm 2002 tới khoảng 142 Mtoe trong năm 2030, tăng gần 338%. Ngoài ra, Việt Nam sẽ phải đối mặt với tình trạng thiếu năng lượng kéo dài từ năm 2012, 2014 và đặc biệt 2017 (ADB, 2009).

Năng lượng tái tạo được cung cấp để đạt được lợi thế đáng kể cho việc hạn chế và thích ứng với biến đổi khí hậu. Việc sử dụng khí sinh học (biogas) như một nguồn thay thế sẽ góp phần làm giảm lượng khí thải  $\text{CH}_4$  - một trong hai loại khí nhà kính gây ô nhiễm môi trường nguy hiểm hơn  $\text{CO}_2$  21 lần (Ho Chul Shin và nnk, 2005).

Một hệ thống sản xuất khí sinh học tại chỗ trong khu vực đô thị được giới thiệu cho các dự án cải tạo đô thị do Bộ Đất đai, Giao thông và Hàng hải tại Hàn Quốc. Trong dự án này, biogas được sản xuất từ thực phẩm thừa, có thể hoạt động như một hệ thống cung cấp năng lượng lý tưởng, tại chỗ cho khu vực đô thị không chỉ ở Việt Nam mà còn ở các nước đang phát triển khác cho mạng lưới phân phối khí đốt khu vực thành thị.

Vấn đề đặt ra với một hệ thống sản xuất biogas là các vấn đề đánh giá các tác động về môi trường của hệ thống. Do vậy, phương pháp phát triển nhất cho mục đích này là đánh giá vòng đời sản phẩm (LCA). Một số nghiên cứu trước đây đã sử dụng LCA để đánh giá cho các hệ thống xử lý phân compost tập trung (Sonesson và nnk, 2000; Montserrat Zamorano và nnk, 2007), hệ thống thiêu đốt từ hộ dân (Sven Lundie và nnk, 2005), tuy nhiên rất khó để tiến hành so sánh công nghệ biogas trong

điều kiện của hệ thống năng lượng phân tán trong bối cảnh đô thị. Bài báo này nghiên cứu áp dụng LCA vào hệ thống sản xuất biogas trong một khu vực đô thị mật độ cao với các nguồn cung cấp năng lượng từ các nhà máy biogas tại chỗ, khác biệt với các LCA đã thực hiện trước đây.

## 2. Giải quyết vấn đề

LCA là một phương pháp đánh giá về tác động của một sản phẩm đối với môi trường ở mỗi giai đoạn của đời sống hữu dụng của nó, từ lúc là nguyên liệu thô đến lúc chế tạo và sử dụng sản phẩm bởi một khách hàng đến khi phân hủy cuối cùng. Nhiều hệ thống cho thực hiện LCA đã được xây dựng, nhưng hầu hết theo hướng đã định nghĩa bởi ISO 1420, là một phần của Bộ tiêu chuẩn ISO 14000.

Một quá trình LCA thường được chia làm 4 giai đoạn: (1) Xác định mục tiêu và phạm vi đánh giá (Definition of the goal and scope) (2) Phân tích kiểm kê (Life cycle inventory analysis) (3) Đánh giá tác động của vòng đời sản phẩm (Life cycle impact assessment) (4) Diễn giải các kết quả (Interpretation)

### Xác định mục tiêu và phạm vi đánh giá của hệ thống

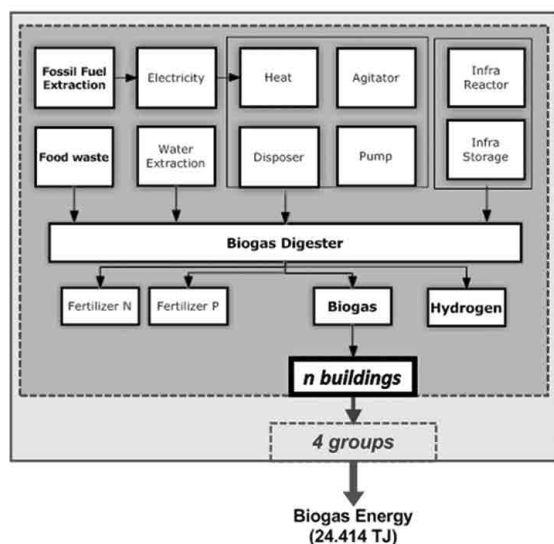
**Mục tiêu:** đánh giá hệ thống về tác động môi trường của việc sản xuất, cung cấp biogas trong khu vực đô thị. Các kết quả được tính toán qua việc xem xét toàn bộ vòng đời hệ thống nhằm mục đích (1) định lượng tác động môi trường của hệ thống cung cấp nhiên liệu (2) đề xuất quá trình và cải tiến dựa trên các kết quả.

**Đơn vị chức năng:** Đơn vị chức năng cụ thể

được xác định bởi hệ thống đề ra là 24.414 TJ nhu cầu nhiên liệu 1 năm cần cung cấp cho 3,068 hộ dân tại khu đô thị Mỹ Đình, Hà Nội. Giá trị này được xác định tại hệ thống cung cấp biogas tại địa điểm thực nghiệm cho nhu cầu sưởi ấm và nhiên liệu cho đun nấu.

Biên của hệ thống: Biên của hệ thống là lượng nhiên liệu tiêu thụ của 3,068 hộ dân bao gồm các quá trình được xác định trong Hình 1 dưới đây.

Đối với biên của hệ thống, các kết quả nghiên cứu không tính đến quá trình phân phối và sử dụng trong từng tòa nhà. Các hoạt động chính bao gồm: (1) Sản xuất biogas từ 18 tòa nhà (2) Nghiền thực phẩm thừa làm nguyên liệu đầu vào cho bể ủ biogas (3) Phân hủy thực phẩm thừa trong bể ủ biogas (bao gồm xây dựng cơ sở hạ tầng cho các bể chứa, bể phản ứng, bể đệm, hóa chất cần thiết).



Hình 1. Sơ đồ khối mô tả biên của hệ thống nghiên cứu

**Phương pháp đánh giá:** Các kết quả kiểm kê được phân loại dựa trên bộ chỉ tiêu Eco-Indicator 99 (H) được cung cấp trong phần mềm SimaPro của hãng Pre Consultants. Bộ chỉ tiêu này bao gồm các tác động đến môi trường, tác động đến sức khỏe con người, bám sát mục tiêu của nghiên cứu LCA.

### Phân tích kiểm kê

Bộ dữ liệu Ecoinvent v.2 và phần mềm SimaPro được sử dụng cho một số dữ liệu giả định đánh giá ô nhiễm liên quan đến nguyên liệu, nhiên liệu đầu vào của các quá trình. Dữ liệu đầu vào của quá trình phân hủy thực phẩm thừa cho biogas bao gồm các dữ liệu về nhu cầu điện năng, nhiệt và các thiết bị đi kèm.

Dựa trên biên của nghiên cứu đã xác định ở trên, 18 tòa nhà được chia thành 4 nhóm phụ thuộc

vào số hộ dân trên một tầng, số tầng trong một tòa nhà như sau:

Bảng 1. 4 nhóm tòa nhà và số trạm biogas

| Nhóm | Số tầng | Số hộ dân | Số tòa nhà |
|------|---------|-----------|------------|
| MD1  | 9       | 20        | 4          |
| MD2  | 12      | 16        | 8          |
| MD3  | 15      | 10        | 3          |
| MD4  | 21      | 10        | 3          |

Thành phần có trong thực phẩm thừa, dữ liệu đầu vào, đầu ra của quá trình phân hủy cho mỗi trạm biogas được xác định như sau:

| Inputs to System        | Unit | Amount  | Outputs from system   | Unit | Amount |
|-------------------------|------|---------|-----------------------|------|--------|
| Carbon <sup>1</sup>     | kg   | 0.868   | Food waste            | kg   | 1      |
| Nitrogen <sup>1</sup>   | kg   | 0.033   | Methane <sup>2</sup>  | g    | 67     |
| Phosphorus <sup>1</sup> | kg   | 0.0038  | BOD <sup>3,2</sup>    | g    | 1.4    |
| Potassium <sup>1</sup>  | kg   | 0.0093  | COD <sup>2</sup>      | g    | 5.6    |
| Lead <sup>1</sup>       | kg   | 1E-5    | Ammonium <sup>2</sup> | g    | 0.6    |
| Cadmium <sup>1</sup>    | kg   | 1.3E-7  |                       |      |        |
| Mercury <sup>1</sup>    | kg   | 2.8E-8  |                       |      |        |
| Copper <sup>1</sup>     | kg   | -3.4E-5 |                       |      |        |
| Chromium <sup>1</sup>   | kg   | -1E-5   |                       |      |        |
| Nickel <sup>1</sup>     | kg   | -7E-6   |                       |      |        |
| Zinc <sup>1</sup>       | kg   | -8E-5   |                       |      |        |

<sup>1</sup>Andras Baký, et al. 2003

<sup>2</sup>Jan-Olov Sundqvist, 1999

Hình 2. Thành phần của 1 kg thực phẩm thừa

| Inputs to system                  | Unit | MD1    | MD2    | MD3    | MD4    |
|-----------------------------------|------|--------|--------|--------|--------|
| Food waste <sup>1</sup>           | kg   | 8.76E4 | 9.64E4 | 7.67E4 | 1.1E5  |
| Infra storage vessel <sup>2</sup> | l    | 7.2    | 7.9    | 6.3    | 9      |
| Infra reactor vessel <sup>2</sup> | l    | 829    | 912    | 726    | 1.04E3 |
| Infra buffer vessel <sup>2</sup>  | l    | 156    | 171    | 136    | 194    |
| Infra disposer <sup>2</sup>       | l    | 62.4   | 68.6   | 54.6   | 78     |
| Electricity Disposer <sup>3</sup> | kWh  | 560    | 616    | 490    | 700    |
| Heating <sup>3</sup>              | kWh  | 1.06E4 | 1.17E4 | 9.27E3 | 1.32E4 |
| Pumping <sup>3</sup>              | kWh  | 1.48E3 | 1.64E3 | 1.31E3 | 1.87E3 |
| Agitating <sup>3</sup>            | kWh  | 1.31E4 | 1.57E4 | 1.09E4 | 1.8E4  |
| NaOH <sup>4</sup>                 | kg   | 631    | 694    | 552    | 788    |
| Delivery van <sup>5</sup>         | tkm  | 2.33   | 2.57   | 2.04   | 2.92   |
| PVC B250 <sup>6</sup>             | kg   | 4.48E3 | 4.93E3 | 3.92E3 | 5.6E3  |
| Outputs from system               |      |        |        |        |        |
| Potential Biogas <sup>7</sup>     | MJ   | 1.27E6 | 1.4E6  | 1.11E6 | 1.59E6 |
| Hydrogen <sup>7</sup>             | kg   | 4.02E4 | 4.42E4 | 3.51E4 | 5.02E4 |
| Fertilizer N <sup>8</sup>         | kg   | 204    | 224    | 178    | 253    |
| Fertilizer P <sup>8</sup>         | kg   | 29.5   | 32.4   | 25.8   | 36.9   |

<sup>1</sup>Calculated from assumptions of 0.25 kg food waste/p/d (KURC, 2007)

<sup>2</sup>Adapted from life cycle inventory of the main, gassing reactor in one biogas plant (Joachim Kilian Hartmann)

<sup>3</sup>InsinkErator® Evolution Series® Disposers: 3-4 kWh/year/disposer and assumptions of water heating from 20°C to 60°C, power of pumps (3 kW) and power of agitator (from 0.1 kW to 1.3 kW)

<sup>4</sup>Make assumption of 2 g of NaOH per kg feedstock

<sup>5</sup>Transportation of fertilizer as products from system

<sup>6</sup>Pipeline for food waste collection: 20 m/household with diameter of 110 mm (1.4kg/m)

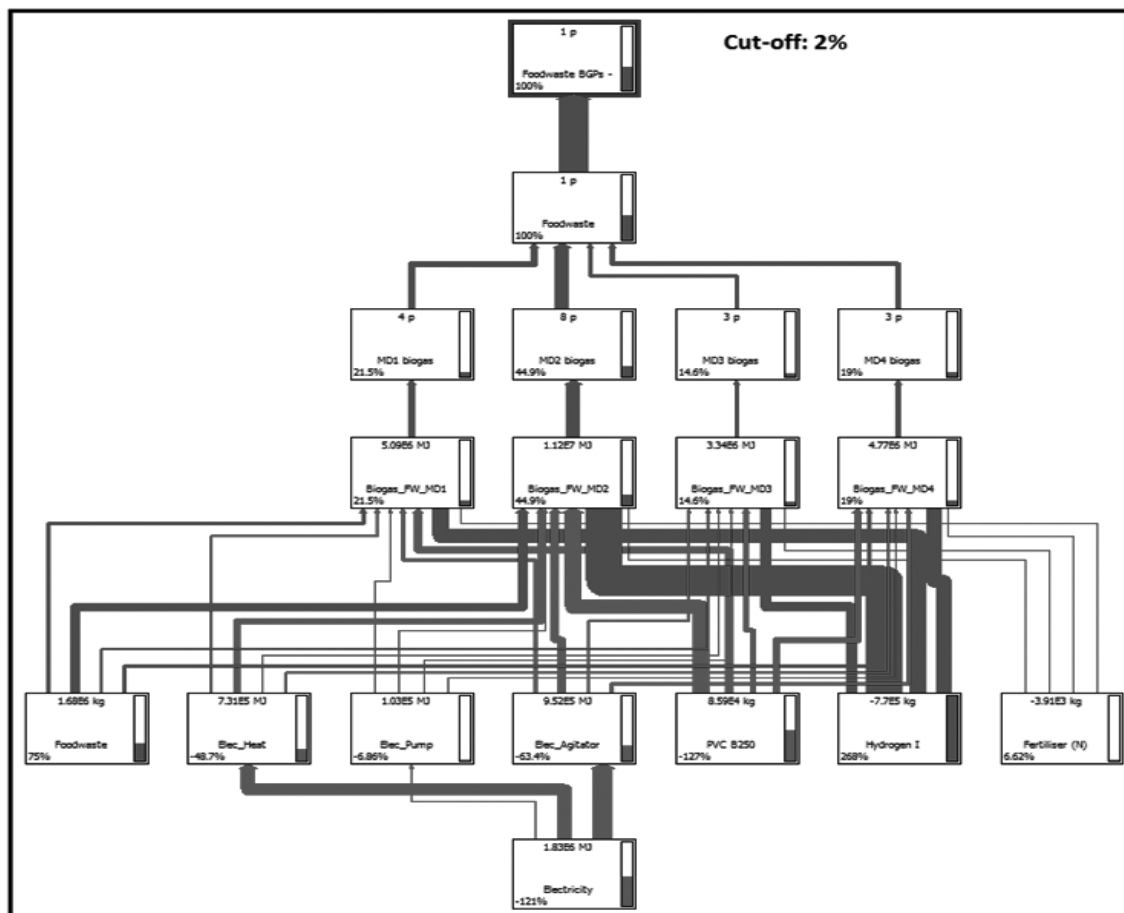
<sup>7</sup>Potential biogas and hydrogen from reactor: 450 l CH<sub>4</sub>/kg VS, 60 l H<sub>2</sub>/kg VS (KURC, 2007)

<sup>8</sup>0.0076 kg N/kg digestate, 0.0011 kg P/kg food waste digestate (Goran Finnveden, et al. 2000)

Hình 3. Dữ liệu đầu vào, đầu ra của quá trình phân hủy

### Đánh giá tác động vòng đời sản phẩm

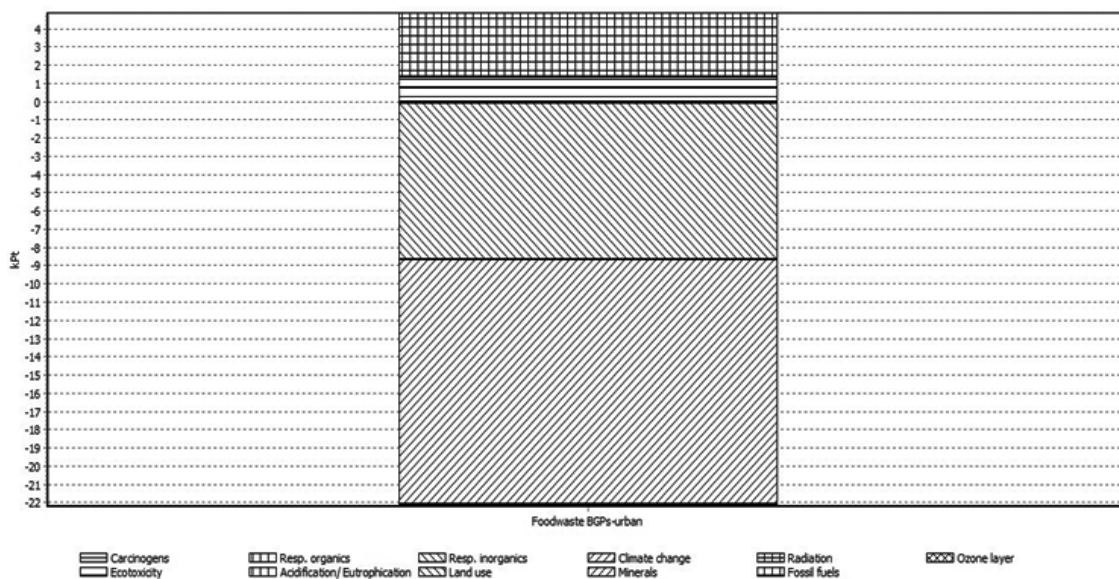
Chương trình SimaPro được sử dụng để đánh giá kiểm kê các quá trình. Sau quá trình kiểm kê, các tác động môi trường cho vòng đời của 24.414 TJ biogas được tính toán và cho kết quả là biểu đồ vòng đời của hệ thống 24.414 TJ biogas (Hình 4).



Hình 4. Biểu đồ vòng đời của hệ thống

Kết quả đánh giá kiểm kê của 4 nhóm MD1, MD2, MD3, MD4 cho thấy mật độ trong tòa nhà càng cao thì nhu cầu tiêu thụ nguyên liệu, nhiên liệu và lượng sản phẩm cuối cùng tạo ra của hệ thống

càng cao. Bốn nhóm tác động môi trường đã được tính toán và nhóm tác động “Biến đổi khí hậu” (Climate change) là nhóm đáng chú ý đạt  $-1.35E4$  điểm trên tổng số  $-1.73E4$  điểm:

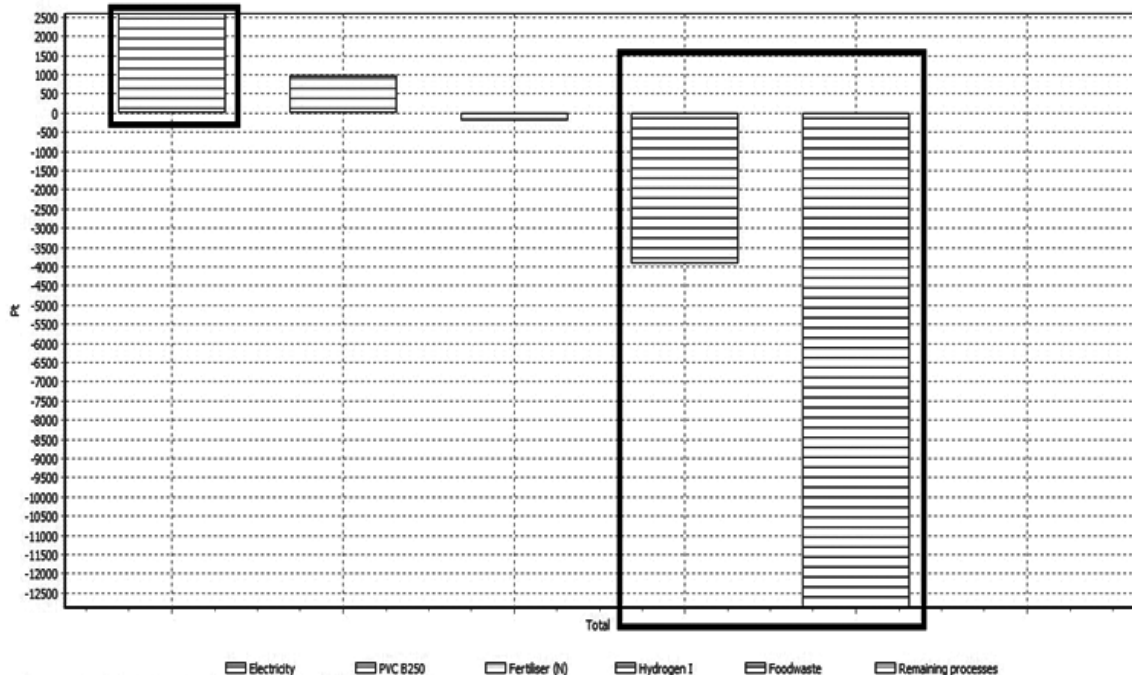


Hình 5. Kết quả phân tích tổng số điểm theo 4 nhóm tác động của mô hình biogas phân tán

### Diễn giải các kết quả

Kết quả đánh giá tác động chính cần cắt giảm trong nhóm “Biến đổi khí hậu” là do mức độ sử dụng năng lượng điện. Ngược lại, khối lượng sản

phẩm phân bón thu được và khí hydro tạo thành là hai sản phẩm chính góp phần làm giảm đáng kể điểm chỉ số trong nhóm “Biến đổi khí hậu”, tương ứng là -195 điểm và -3.93E3 điểm:



Hình 6. Kết quả phân tích tổng số điểm của nhóm “Biến đổi khí hậu”

Kết quả hiển thị ở hình 5 chỉ ra rằng quá trình tiêu thụ điện để sản xuất biogas làm cho 2 nhóm tác động “Khả năng gây ung thư” (Carcinogens) và “Ecotoxicity” (Độc tính sinh thái) có điểm số cao hơn các nhóm khác. Điều này có thể lý giải là do việc sử dụng các nguồn tài nguyên làm nguyên liệu để sản xuất điện cho sản xuất biogas.

### 3. Kết luận

Nghiên cứu đã tiến hành đánh giá mô hình vòng đời sản phẩm của hệ thống sản xuất và cung cấp biogas phân tán cho một khu vực đô thị. Các nghiên cứu tiếp theo về xây dựng và phân tích các kịch bản cung cấp năng lượng cho đô thị, so sánh với các nguồn năng lượng tái tạo và không tái tạo khác nhau, phân tích các quá trình sản xuất nhiên liệu và

đưa ra các cải tiến về công nghệ có thể được tiến hành dựa trên các kết quả đã thu được. Nhóm gây tác động môi trường lớn nhất là nhóm “Biến đổi khí hậu”, có số điểm cao nhất được giải thích là do quá trình tiêu thụ điện của hệ thống biogas phân tán. Hệ thống biogas phân tán đã chứng tỏ được ưu thế vượt trội không những trong việc làm giảm đáng kể tác động môi trường của quá trình xử lý chất thải mà trong quá trình cung cấp năng lượng bằng khả năng sử dụng khí tạo thành sinh năng lượng cho khu vực đô thị. Để góp phần làm giảm tác động môi trường của nhóm “Biến đổi khí hậu”, nghiên cứu chỉ ra rằng cần có kịch bản giảm mức tiêu thụ năng lượng điện, tận dụng nguồn nhiệt và điện sản xuất từ trạm biogas.

### Tài liệu tham khảo

- [1]. ADB, *Country Report–Energy and Climate Change in Vietnam*, Workshop on Climate Change and Energy, 2009.
- [2]. Andras Baky, Ola Eriksson, *Systems Analysis of Organic Waste Management in Denmark*, Environmental Project No. 822, 2003.
- [3]. Goran Finnveden, Jessica Johansson, Per Lind, Asa Moberg, *Life Cycle Assessments of Energy from Solid Waste*, Stockholms University, 2000.

- [4]. Ho Chul Shin, Jin-Won Park, Ho-Seok Kim, Eui-Soon Shin, *Environmental and Economic Assessment of Landfill Gas Electricity Generation in Korea using LEAP Model*, Energy Policy 33 (10), 1261-1270, 2005.
- [5]. Jan-Olov Sundqvist, *Life Cycles Assessments and Solid Waste – Guidelines for Solid Waste Treatment and Disposal in LCA*, Swedish Environmental Protection Agency.
- [6]. Joachim Kilian Hartmann, *Life Cycle Assessment of Industrial Scale Biogas Plants*, Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen.
- [7]. Korean Urban Renaissance Center, *High-tech Urban Development Program*.
- [8]. Montserrat Zamorano, Jorge Ignacio Perez Perez, Ignacio Aguilar Paves, Angel Ramos Ridao, *Study of the Energy Potential of the Biogas Produced by an Urban Waste Landfill in Southern Spain*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 11, 909-922, 2007.
- [9]. Sonesson U, Bjorklund A, Carlsson M, Dalemo M, *Environmental and Economic Analysis of Management Systems for Biodegradable Waste*, Resources, Conservation and Recycling 28, 29–53, 2000.
- [10]. Sven Lundie, Gregory M Peters, *Life Cycle Assessment of Food Waste Management Options*, Journal of Cleaner production 13, 275-286, 2005.
- [11]. Pre Consultants, *SimaPro 7 Software and Database for Life Cycle Assessment*, Printerweg, Amersfoort, Netherlands.

#### USING LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) TO EVALUATE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF BIOGAS DISTRIBUTED GENERATION SYSTEMS FROM MUNICIPAL SOLID WASTE IN BUILDINGS

##### **Abstract:**

*This paper accesses the environmental impacts over the entire life cycle of biogas distributed system using a traditional life cycle assessment (LCA) methodology. The result shows that biogas distributed system from municipal food waste could reduce vulnerabilities, and cut greenhouse gas emissions in a considerable amount in buildings. The result also establishes a network of process to examine a large number of paths to identify not only the phase emit the most environmentally damaging systems but the promising process for improvement of biogas system design.*

**Keywords:** *biogas, life cycle, waste treatment, distribution system.*