การวิเคราะห์ระบบก๊าซชีวมวลโดยอาศัยแบบจำลองการพัฒนาชุมชนชนบท

นางสาวเสาวพรรณ สุพุทธิธาดา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2530
ISBN 974-567-366-8
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012356
i10295604

Analysis of Biomass Gasification Systems Using a Rural Community Development Model

Miss Saovapun Suputtitada

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Chemical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1987

ISBN 974-567-366-8

Thesis Title	Analysis of Biomass Gasification Systems Using a Rural Community Development Model
By	Miss Saovapun Suputtitada
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Woraphat Arthayukti, Dr.Ing.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.

.....Dean of Graduate School
(Professor Thavorn Vajrabhaya, Ph.D.)

Thesis Committee

.....Chairman
(Assistant Professor Chairit Satayaprasert, Dr.Ing)

.....Thesis Advisor
(Associate Professor Woraphat Arthayukti, Dr.Ing)

.....Member
(Professor Thamrong Prempridi, M.A.Sc)

.....Member
(Associate Professor Sutham Vanichseni, Ph.D.)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ระบบก๊าซชีวมวลโดยอาศัยแบบจำลอง-การพัฒนาชุมชนชนบท
ชื่อนิสิต	นางสาวเสาวพรรณ สุพุทธิธาดา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วรพัฒน์ อรรถยุกติ
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2529

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ชีวมวลยังคงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับชุมชนชนบทของไทยในอนาคต การใช้ประโยชน์ของก๊าซที่ผลิตได้จากการเผาไหม้ชีวมวลแบบให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน-เคมี (Gasification) เพื่อไปขับเคลื่อนเครื่องยนต์แบบสันดาปภายในเป็นสิ่งที่น่าสนใจสำหรับการผลิตพลังงานขึ้นใช้เองในพื้นที่ที่ไฟฟ้าของรัฐจ่ายเข้าไปไม่ถึง ในบรรดานักวิทยาศาสตร์, วิศวกร และผู้บริหารผู้ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องในการนำระบบก๊าซชีวมวลไปใช้ประโยชน์ มีข้อมูลไม่มากนักเกี่ยวกับความสัมพันธ์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างระบบก๊าซชีวมวลต่าง ๆ กับปัจจัยทางเศรษฐกิจของชุมชนชนบทที่จะนำไปใช้นั้น การศึกษาครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลการนำเทคโนโลยีเข้าชุมชนชนบทเพื่อเสริมการพิจารณาถึงความเหมาะสมในการนำระบบก๊าซชีวมวลแบบต่าง ๆ เข้าไปใช้ในชุมชนชนบทชุมชนหนึ่ง

แบบจำลองการพัฒนาชุมชนชนบท (The Rural Community Development Model or RCDM) ได้ถูกปรับปรุงขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ล่วงหน้าถึงกรรมวิธีในการตัดสินใจสำหรับการพัฒนาชุมชนชนบทโดยเน้นการพัฒนาด้านพลังงานเป็นหลัก ซึ่งจะคำนึงถึงรายได้ของชุมชน, สภาพทางเศรษฐศาสตร์, อาชีพของประชากร และทรัพยากรท้องถิ่น โดยจะให้มีการจัดการในลักษณะที่เหมาะสม เพื่อจะให้ได้รายได้ของชุมชนสูงที่สุด โปรแกรม FINERG ได้ถูกนำมาใช้ในแบบจำลองนี้ และประกอบด้วยระบบพลังงานอ้างอิง (Reference Energy System), ข้อมูลพื้นฐาน (Energy Sector Data Base), Simulatin Model และ Optimization Model

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกชุมชนหนองแวงในจังหวัดสกลนครซึ่งมีประชากร 1,500 คน หรือเฉลี่ย 6 คนต่อ 1 ครัวเรือนเป็นตัวอย่างศึกษาในการนำเทคโนโลยีระบบก๊าซชีวมวลเข้าไปใช้ โดยอาศัยชีวมวลที่มีอยู่ในชุมชน เช่น ไม้, ถ่าน และแกลบ เป็น

เชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับระบบที่ใช้เชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม เช่น แก๊สโซลีน, ดีเซล โดยได้ทำการวิเคราะห์ระบบก๊าซชีวมวลที่เอาไปใช้งานในด้านหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าขึ้นใช้เอง, การหมุนเครื่องยนต์ดีเซลขับปั๊มน้ำไปช่วยระบบชลประทาน และใช้ขับเคลื่อนเครื่องสีข้าวในโรงสี

RCDM สามารถใช้เลือกระบบก๊าซชีวมวล หรือระบบอื่น ๆ ที่เหมาะสมที่สุดในแง่เศรษฐศาสตร์และเป็นที่ยอมรับของชุมชนนั้น นอกจากนั้นสามารถให้ข้อมูลว่าเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายผันแปรสำหรับระบบที่เหลือควรลดลงเท่าไรจึงจะพอแข่งขันได้กับระบบที่ถูกเลือก ต่อไปได้ทดลองเปลี่ยนราคาเชื้อเพลิงทุกชนิด เพื่อศึกษาอิทธิพลของราคาเชื้อเพลิงต่อระบบก๊าซชีวมวลที่เป็นที่ยอมรับของชาวบ้าน พร้อมทั้งให้ข้อมูลจำนวนชั่วโมงทำงานต่อปีที่เหมาะสม และจัดกิจกรรมบางอย่างในชุมชนให้แตกต่างไปเพื่อให้รายได้ชุมชนสูงสุด

ที่ราคาน้ำมันเบนซินและดีเซล ตั้งแต่ 8.9 และ 6.3 บาท/ลิตรขึ้นไป ในบรรดาระบบก๊าซชีวมวลแบบใช้ถ่านที่นำมาศึกษาที่ประหยัดที่สุด คือ ระบบที่ใช้ผ่วงกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 กิโลวัตต์ ซึ่งเงินลงทุนไม่เกิน 12,635 บาท/กิโลวัตต์ และใช้เวลาเดินเครื่องอย่างน้อยที่สุด 2,880 ชม./ปี สำหรับราคาถ่านไม่เกิน 1.50 บาท/กก. ส่วนระบบก๊าซชีวมวลแบบใช้ไม้ระบบที่เหมาะสมที่สุดซึ่งสามารถแข่งกับระบบที่ใช้ดีเซลอย่างเดียว คือ ขนาด 50 กิโลวัตต์ ที่ใช้ผ่วงกับเครื่องยนต์ดีเซลซึ่งใช้เงินลงทุนสูงสุด 13,965 บาท/กิโลวัตต์ ที่ราคาของไม้ต่ำกว่า 1,082 บาท/ตัน เวลาในการเดินเครื่องที่จะให้คุ้มในแง่เศรษฐศาสตร์ คือ อย่างน้อย 2,524, 2,571, 2,880 ชม./ปี สำหรับราคาไม้ 288, 509 และสูงกว่า 797 บาท/ตัน ตามลำดับ สำหรับระบบก๊าซชีวมวลแบบใช้แกลบที่ศึกษานั้น ระบบที่น่าสนใจที่สุด คือ ขนาด 50 กิโลวัตต์ที่ใช้ผ่วงกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนซึ่งเงินลงทุนไม่เกิน 13,965 บาท/กิโลวัตต์ ที่ราคาของแกลบไม่เกิน 515 บาท/ตัน โดยสามารถเดินเครื่องเพียง 2,400 ชม./ปี ก็คุ้ม ราคาแกลบที่สูงขึ้นไปกว่านี้ต้องการใช้เวลาเดินเครื่องเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึง 2,880 ชม./ปี

การวิเคราะห์การนำเทคโนโลยีระบบก๊าซชีวมวลเข้าไปในหนองแวง พบว่าเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 กิโลวัตต์ที่ขับด้วยก๊าซจากระบบก๊าซชีวมวลที่ใช้ถ่านเพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับให้แสงสว่างนี้จะทำให้รายได้ของชุมชนลดลง 246,000 บาท ในช่วงปี ค.ศ. 1985-1989 โดยค่าไฟฟ้าคิดเป็น 4.38 บาทต่อกิโลวัตต์-ชม. ซึ่งไม่สามารถแข่งกับระบบเก่าที่ใช้ตะเกียงน้ำมันก๊าด ส่วนการนำปั๊มน้ำที่ขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียวขนาด 20 กิโลวัตต์ กับปั๊มน้ำที่ขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้ก๊าซจากระบบก๊าซชีวมวลแบบใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงเข้าไปใช้จะลดรายได้ของชุมชนในปีแรกเนื่องจากเงินลงทุนที่สูง แต่ทั้ง 2 ระบบนี้ต่างก็เพิ่มรายได้ทั้งหมดในช่วง 5 ปีในระดับที่ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ

835,000 บาท หลังจาก 5 ปีผ่านไประบบที่ใช้ก๊าซชีวมวลจะน่าสนใจกว่าระบบที่ขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียว และสุดท้ายการนำเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาด 50 กิโลวัตต์ที่ขับด้วยก๊าซชีวมวลจากแกลบเข้า ไปใช้ในโรงสี จะมีผลกระทบที่สำคัญที่สุดต่อชุมชน โดยจะเพิ่มรายได้ถึง 1,152,000 บาท ในช่วงเวลา 5 ปี ดังกล่าว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title	Analysis of Biomass Gasification Systems Using a Rural Community Development Model
Name	Miss Saovapun Suputtitada
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Woraphat Arthayukti
Department	Chemical Engineering
Academic Year	1986

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ABSTRACT

Biomass is still regarded as an important energy resource in Thai rural communities for the future. The utilization of producer gas obtained from the gasification of biomass to power internal combustion engines is one application of interest to provide self-power generation in areas where grid electricity is unavailable. Scientists, engineers and decision makers do not generally have sufficient details of the economic and technical interactions between a given gasification technology system and a given rural community. This study is an attempt at giving a general assessment regarding introduction of gasification systems based on one rural community.

The Rural Community Development Model (RCDM) was developped to simulate a decision process for the development of rural communities with emphasis on rural energy development, taking into account income, economic conditions, occupations of people and local resources, then arrange them in an appropriate manner to maximize income of the community. A FINERG software was used to solve the RCDM and is composed of the Reference Energy System (RES), the Energy Sector Data Base, the Simulation Model and the Optimization Model.

For this study Nongwang, a rural community in Sakhon Nakhon Province with about 1,500 people or an average of 6 persons per household, was chosen as a case study for gasification technology systems introduction using local resources such as wood, charcoal, rice husk as against the conventional gasoline or diesel energy systems. Simulation of several gasification systems were made for electricity generation, operatiobn of diesel engine water pumps for irrigation and shaft power for the existing rice mill.

RCDM was used firstly to choose the most economically acceptable system for the community and indicate by how much investment and variable costs the remaining systems should be decreased by in order to be compatible with the system selected. Secondly, a sensitivity analysis of fuel prices was performed. The model was also able to indicate economic operating hours for the various systems and arrange some activities to maximize income of Nongwang.

At gasoline and diesel prices above 8.9 and 6.3 BT/LIT respectively, the most economic charcoal gasifier system introduced is the dual-fuel diesel engine system in the capacity of 10 KW with an investment cost not exceeding 12,635 BT/KW and a minimum operating time of 2,880 HRS/YEAR, for charcoal prices up to 1.50 BT/KG. Among the wood gasifier systems we have introduced, the optimum design compatible with a conventional diesel system is the 50 KW dual-fuel diesel engine system with the maximum gasifier investment cost of 13,965 BT/KW at wood prices up to 1,082 BT/TON. The minimum operating time for the system to be economic are 2,524; 2,571 and 2,880 HRS/YEAR for wood prices of 288, 509, and over 797 BT/TON, respectively. For rice

husk gasifier, the most favorable system introduced is the gasifier-gasoline engine in the capacity of 50 KW with the maximum gasifier investment cost of 13,965 BT/KW at rice husk prices up to 515 BT/TON which could be operated only 2,400 HRS/YEAR. The higher cost of rice husk requires more running time towards 2,880 HRS/YEAR.

In case of Nongwang, a charcoal gasifier dual-fueled with diesel engine (10 KW) to be used for lighting yielded an unexpected negative income of 246,000 Baht for the 1985-1989 period at an electricity cost of 4.38 BT/KWH which is unlikely to be competitive with the old system of kerosene lamps. However introducing one 20 KW diesel pump and a wood gasifier dual-fueled with diesel as another pumping system indicated a decrease in income at the first year due to the high capital investment, but the total income in the five years period would increase by about the same amount for both systems or about 835,000 Baht. Then only after five years would the gasifier-diesel system be more interesting than the diesel system alone. Finally introducing a 50 KW rice husk gasifier-gasoline engine to the mill would have the most important impact on the Community by increasing income by 1,152,000 Baht for the same five years period.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to sincerely thank and express her gratitude to her advisor, Associate Professor Dr.Woraphat Arthayukti, for his supervision, guidance and encouragement during this project. She wishes to thank Mr.Pongsa Pornchaiwiseskul for his special help in the understanding and use of the Rural Community Development Model, and she also wishes to thank Mr.Manote Jenakhom from the National Energy Administration for his help in running the computer with the FINERG software.

Furthermore, she wishes to convey her most sincere gratitude to her parents for their moral support.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

		PAGE
ABSTRACT (in THAI)		iv
ABSTRACT (in ENGLISH)		vii
ACKNOWLEDGEMENT		x
LIST OF TABLES		xiv
LIST OF FIGURES		xvi
NOMENCLATURE		xviii
CHAPTER I	INTRODUCTION	1
CHAPTER II	SOME ASPECTS OF BIOMASS GASIFICATION	7
	- Wood Gasifiers	8
	- Charcoal Gasifiers	9
	- Rice Husk Gasifiers	9
	- Conversion of Internal Combustion Engines from Gasoline and Diesel to Producer Gas.	10
	- Cost Aspects of Gasification Systems ...	13
	- Cost Factors of DC and LDC Manufactured Gasification Systems	14
	- Techno/Economic Requirements of LDC Gasification Systems	15
	- Main Parameters for Economic Analysis ...	16
CHAPTER III	THE RURAL COMMUNITY DEVELOPMENT MODEL	20
	- Introduction to the Energy Planning Model	21
	- Historical Background of the Rural Community Development Model	22
	- The Conceptual Model	23
	- FINERG - A Linear Programming Model	27
	1. Energy Flow Network	28
	2. The Energy Sector Data Base	31
	3. The Simulation Model	33

PAGE

4. The Optimization Model 35
- Model Equations 37
- The Objective Function of the Model 41
- The Program Capabilities and Limitations. 44
- Subsystern Development 45
CHAPTER IV A CASE STUDY OF NONGWANG VILLAGE 47
- Location of Nongwang Village 47
- Demography 48
- Activities in Nongwang Community 49
- Introduction of Gasification Technology (Energy Development Project) 59
CHAPTER V DATA & RESULTS OF AN ANALYSIS OF GASIFICATION TECHNOLOGY INTRODUCTION TO NONGWANG VILLAGE BASE ON RCDM 75
CHAPTER VI DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS 91
REFERENCES 99
APPENDIX 102
APPENDIX A THE PARAMETERS IN THE ENERGY DATA BASE 103
- Flow Parameters 103
- Equipment Parameters 104
- Cost Parameters 105
APPENDIX B THE IDENTIFICATION OF NODE TYPES & LINKS, HYPOTHESIS ATTRIBUTE AND THE MATRIX GENERATOR NOTATIONS 106
APPENDIX C NONGWANG DATA 110
APPENDIX D DATA BASE AND OUTPUTS FOR GASIFICATION INTRODUCTION TO NONGWANG
- Data Base 126
- Outputs
1. Charcoal Gasifier (Hypothesis 1). 169

2. Wood Gasifier (Hypothesis 2) ... 181
3. Rice Husk Gasifier (Hypothesis 3) 192
4. Basic Activities (Hypothesis 0) . 213
5. Diesel Engine Introduction for Water Pumping in Irrigation 223
6. Self-electricity Generation with Charcoal Gasifier-Diesel Engine. 238
7. Introduction of Wood Gasifier Dual-fuel Engine for Water Pumping in Irrigation 252
8. Introduction of Rice Husk Gasifier-Gasoline Engine for Shaft Power in Rice Mill 266

AUTOBIOGRAPHY 282

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
5.1	Parameters used in the baseline cases for charcoal, wood and rice husk gasifiers ...	76
5.2	Variations of baseline assumptions for sensitivity analysis	77
5.3	Maximum investment + variable costs, and minimum operating hours of charcoal gasifiers permissible in Nongwang suggested by RCDM	80
5.4	Maximum investment & variable costs, and minimum operating hours of wood gasifiers permissible in Nongwang suggested by RCDM.	81
5.5	Maximum investment & variable costs, and minimum operating hours of rice husk gasifiers permissible in Nongwang suggested by RCDM	82
5.6	Incomes in Nongwang forecast by RCDM when gasifers are introduced during the years 1985-1989	88
C.1.1	Land use at Nongwang	110
C.2.1	Food consumption	111
C.2.2	Population of Nongwang	111
C.2.3	Wage rate at Nongwang	112
C.3.1	Agricultural data	112
C.4.1	Requirements for animal, raising at Nongwang (per season)	113
C.4.2	Animal output at Nongwang	114
C.4.3	Animal feed contents of Nongwang	114
C.5.1	Rice mill parameters of Nongwang	115

TABLE PAGE

C.5.2 Exported and imported price of processed goods at Nongwang 115
C.7.1 NPK content of rice-residue & dung for Nongwang 116
C.7.2 Investment cost for biogas-digester at Nongwang 116
C.8.1 Investment & technical coefficients of cooking stoves for Nongwang 117
C.8.2 Investment & technical coefficients of lamps for Nongwang 118
C.8.3 Investment & technical coefficients of shaft power for Nongwang 119
C.8.4 Conversion table for Nongwang 120
C.8.5 Purchase price at Nongwang 121
C.11.1 Average number of person/vehicle at Nongwang 122
C.11.2 Average loads (Tons/vehicle) at Nongwang. 122
C.11.3 Cost investment at Nongwang 123
C.11.4 Energy consumption for Nongwang 124
C.12.1 Exported and imported price of development project in Nongwang 125

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LISTS OF FIGURES

FIGURE		PAGE
3.1	A simplified Rural Community Development Model	24
3.2	FINERG basic function and corresponding model components	29
3.3	A simplified network diagram of Reference Energy System	30
3.4	A node-link diagram	38
4.1	Land subsystem	62
4.2	Household subsystem	63
4.3	Agriculture subsystem, rice growing (wet season)	64
4.4A	Animal subsystem (buffalo)	65
4.4B	Animal subsystem (pig)	66
4.5	Processing subsystem (rice mill)	67
4.6	Animal processing subsystem	68
4.7	Fertilizer/biogas subsystem	69
4.8	Energy subsystem	70
4.9	Forest subsystem	71
4.10	Irrigation/water resource subsystem	72
4.11	Transportation subsystem	73
4.12	Development project subsystem (cottage industry)	74
5.1	Incomes in Nongwang forecast by RCDM between 1985-1989 after gasification systems have been introduced and compared to the original conditions	89

FIGURE PAGE

5.2 The increase in wealth of Nongwang due to Introduction of the technology in 1985-1989 89

6.1 Maximum investment and variable costs permissible for wood gasifiers of different capacity at wood prices of 288, 509, 797 BT/TON, and a diesel price of 6.7 BT/LIT 93

6.2 Maximum investment and variable costs permissible for wood gasifiers of different capacity, at a wood price of 509 BT/TON, and diesel prices of 6.7, 6.5, 6.3 BT/LIT 93

6.3 Minimum operating hours fer wood gasifiers to be economic at a diesel price of 6.7 BT/LIT 94

6.4 Maximum investment and variable cost permissible for rice husk gasifiers in different capacity for cost of rice husk up to 515 BT/TON at a diesel price of 6.7 BT/LIT 94

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NOMENCLATURE

a	Discounting rate
A	Annual capital cost
ANC	Ratio of ancillary demand
AVF	Availability factor
BYP	Ratio of by-product supply
$C_{i,t}$, C_{ip}	Variable cost on process i at year t (period p)
$CAP_{i,t}$, CAP_{ip}	Capacity in process i at year t (period p)
CAPMIN	Minimum capacity
CAPMAX	Maximum capacity
D_k	Node flow, same dimension as flows on the downstream process energy or material flow
$D_{f,t}$	Ancillary demand associated with fuel form f, at year t
DV	Equipment life time
$F_{i,t}$, F_{ip}	Fixed cost on process i at year t (period p)
FLOMIN	Minimum of energy or material flow
FLOMAX	Maximum of energy or material flow
$I_{i,t}$, I_{ip}	Investment cost on process i for year t (period p)
N	Number of processes
N_p	Number of years in period p
p	Identification of period between years T_{p-1} and T_p
P	Number of periods
r	Interest rate
RCAP	Residual capacity
t	Identification of year
T	Number of year
$X_{i,t}$, X_{ip}	Flow of process i at year t (period p)
$Z_{i,t}$, Z_{ip}	New capacity invested on process i of year t (period p)
α_i	Market allocation
β_j	Product allocation
η_j	Process efficiency

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย