การประเมินทางเลือกของการลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 3 เมกะวัตต์ โดยวิธีการเรียลออปชั่น

นางสาวพชรพร เพ็งอ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Investment Alternatives Evaluation of 3 MW Municipal Solid Waste Power Plant by Real Option Approach

Miss Phacharaporn Peng-on

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินทางเลือกของการลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชน ขนาด 3 เมกะวัตต์ โดยวิธีการเรียลออปชั่น
โดย	นางสาวพชรพร เพ็งอ้น
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ หนูจักร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.อุริช อัชชโคสิต)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พชรพร เพ็งอ้น : การประเมินทางเลือกของการลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 3 เมกะวัตต์ โดยวิธีการเรียลออปชั่น (Investment Alternatives Evaluation of 3 MW Municipal Solid Waste Power Plant by Real Option Approach) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์, 122 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะชุมชนและประเมินความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อมีปัจจัยต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป ด้วยการวิเคราะห์ผลตอบแทนจากโครงการด้วยตัวชี้วัดทางการเงินร่วมกับการจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล โดยทำการศึกษาการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะขนาด 3 เมกกะวัตต์ ประกอบด้วยการลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น และเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศและการผลิตขยะเชื้อเพลิง ซึ่งมีทางเลือก 10 ทางเลือก ผลการวิจัยพบว่า การลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 3 MW มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายในการลงทุน (IRR) สูงที่สุด เท่ากับ 120.59 ล้านบาท และ 10.24% ผลจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนมากที่สุดคือ เงินลงทุนของแต่ละเทคโนโลยี รายได้จากการขายไฟฟ้าและรายได้จากค่ากำจัดขยะ ผลจากการจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล เพื่อนำมาประเมินความเสี่ยงของโครงการและทำการวิเคราะห์หาความยืดหยุ่นของการลงทุน โดยใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นมาเขียนเป็นแผนภูมิต้นไม้ สรุปได้ว่าทางเลือกที่มีความยืดหยุ่นมากที่สุดคือ การลงทุนเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 4.5 MW มีความยืดหยุ่นเท่ากับ 366.16 ล้านบาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5887173420 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORDS: FLEXIBILITY VALUATION / MONTE CARLO SIMULATION / MUNICIPAL SOLID WASTE POWER PLANT

PHACHARAPORN PENG-ON: Investment Alternatives Evaluation of 3 MW Municipal Solid Waste Power Plant by Real Option Approach. ADVISOR: ASST. PROF. THITISAK BOONPRAMOTE, Ph.D., 122 pp.

This research aimed to assess to analysis the flexibility of factors affecting investment in Municipal solid waste Power Plant and the potential risks associated with various factors. This research analysis by the return on the project with financial indicators. Determine the Net Present Value (NPV), Sensitivity analysis with Monte Carlo simulations to assess project risk from probability. Probability is the decision tree and the value of the project's flexibility. The study involved the construction of a 3 MW Municipal solid waste Power Plant consist of an investment in a waste Incinerator technology, Gasification technology and Anaerobic Digestion technology and Refuse Derived Fuel. There are 10 alternative choices, the results found that Investment in Anaerobic Digestion technology and Refuse Derived Fuel of a 3 MW Municipal solid waste Power Plant has the highest Net Present Value (NPV) 120.591 million Bath and Internal rate of return (IRR) was 10.24%. The result of Sensitivity analysis found the investment of each technology, revenue from electricity sales and revenue from garbage collection is factors higher affecting construction Investment. Monte Carlo simulations are used to assess project risk and to analysis the flexibility of investment. Using the probability value, it is written a decision tree. The conclusion is that the most flexible alternative is an investment in Anaerobic Digestion and Refuse Derived Fuel (4.5 MW) has the flexibility of 366.16 million Baht.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature	.....
		Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2017		

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณ ผศ.ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช ผศ.ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์ และ ดร.อุริช อัชชโคสิต อาจารย์กรรมการวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำแนวคิด การดำเนินงาน และแก้ปัญหาต่างๆ และ เจ้าหน้าที่ธุรการสายวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานที่คอยช่วยประสานงาน อันทำให้การจัดทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วง จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง 1
สารบัญรูปภาพ 2
บทที่ 1 3
บทนำ 3
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 3
1.2 วัตถุประสงค์ 4
1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย 4
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 6
บทที่ 2 7
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับขยะมูลฝอย 7
2.1.1 ความหมาย 7
2.1.2 ประเภทของขยะมูลฝอย 8
2.1.3 ขยะมูลฝอยชุมชน 8
2.1.4 หลักการในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน 10
2.1.5 วิธีการในการดำเนินการกำจัดขยะมูลฝอย 11
2.2 สถานการณ์ขยะมูลฝอยในประเทศไทย 15
2.3 ปัญหา อุปสรรคและแนวทางแก้ไขปัญหาขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย 16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.4 ศักยภาพการผลิตพลังงานจากขยะเชิงพื้นที่ในประเทศไทย 19
2.4.1 ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ 19
2.4.2. ขยะมูลฝอยที่ใช้ผลิตพลังงานแล้วและปริมาณขยะที่เหลืออยู่จริงในพื้นที่ 19
2.4.3 ศักยภาพในการผลิตพลังงานจากขยะชุมชนรายภูมิภาค 20
2.4.4 พื้นที่ศักยภาพในการผลิตพลังงานจากขยะ 20
2.5 เทคโนโลยีพลังงานทดแทนจากขยะ 23
2.5.1 การนำขยะมูลฝอยมาผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel: RDF) 23
2.5.2 เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) 24
2.5.3 เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบใช้อากาศ (Aerobic Digestion) 26
2.5.4 เทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (Municipal Solid Waste Gasification) 27
2.6 การวิเคราะห์ผลตอบแทนด้านการลงทุน 29
2.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis) 31
2.8 การจำลองสถานการณ์ (Simulation) 32
2.8.1 การจำลองสถานการณ์ หรือ การจำลองแบบปัญหา (Simulation) 32
2.8.2 การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) 33
2.9 การประเมินมูลค่าทางเลือกโดยการใช้การตัดสินใจ (Decision Making) 34
2.9.1 การตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยง (Decision Making Under Risk) 34
2.9.2 การใช้แผนผังต้นไม้ หรือแขนงในการตัดสินใจ (Decision Tree) 35
2.10 การประเมินมูลค่าวิธีการเรียลออปชั่น (Real Option Valuation: ROV) 36
2.10.1 การประเมินมูลค่าด้วยวิธีเรียลออปชั่น 36
2.10.2 ทางเลือกชะลอการลงทุน (Option to delay) 37
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

บทที่ 3 43
วิธีการดำเนินงานวิจัย 43
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 43
3.1.1 ทำการศึกษาข้อมูลของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2015) 44
3.1.2 ศึกษาข้อมูลด้านขยะชุมชนในแต่ละพื้นที่ 44
3.1.3 ศึกษาข้อมูลเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้าขยะที่ใช้ในปัจจุบัน 45
3.1.4 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินการโรงไฟฟ้าขยะ 45
3.1.5 รวบรวมข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ 45
3.1.6 วิเคราะห์ผลจากการรวบรวมข้อมูล 46
3.1.7 สรุปผลวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ 50
บทที่ 4 51
ผลการศึกษา 51
4.1 ข้อมูลสถานภาพโครงการการผลิตไฟฟ้าจากขยะในปัจจุบัน 51
4.2 ทางเลือกสำหรับโรงไฟฟ้าขยะชุมชนในประเทศไทย 52
4.3 ผลการวิเคราะห์กระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash flow) ของการก่อสร้างโรงไฟฟ้ากรณีฐาน 55
4.3.1 สมมุติฐานในการคำนวณต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนของแต่ละเทคโนโลยี 55
4.3.2 ผลการวิเคราะห์กระแสเงินสดคิดลด 58
4.4 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis) 66
4.5 ผลการวิเคราะห์การจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล เพื่อประเมินความเสี่ยงของโครงการ 73
4.6 การประเมินมูลค่าความยืดหยุ่น 82
บทที่ 5 85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

สรุปผลการศึกษา 85
5.1 สรุปผลการศึกษา 85
5.1.1 ผลวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการด้วยตัวชี้วัดทางการเงิน 85
5.1.2 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis) 86
5.1.3 ผลการวิเคราะห์การจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล เพื่อประเมินความเสี่ยงของโครงการ 86
5.1.4 ผลการประเมินความยืดหยุ่น 86
5.2 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ 87
รายการอ้างอิง 88
ภาคผนวก 91
ภาคผนวก ก. ตารางวิเคราะห์ทางการเงิน 92
ภาคผนวก ข. การกำหนดกราฟลักษณะของการกระจายตัวของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ 107
ภาคผนวก ค. ผลการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม @Risk 111
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 122

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ปริมาณขยะที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานและศักยภาพ
ของพลังงานขยะรายภูมิภาค..... 20
ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ทางเลือก..... 38
ตารางที่ 2.3 สรุปผลการวิเคราะห์ 3E..... 40
ตารางที่ 2.4 ผลสรุปการพิจารณาปัจจัยอื่นๆ..... 40
ตารางที่ 3.1 สถานภาพและเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิง 44
ตารางที่ 3.2 ข้อสมมุติของตัวแปรนำเข้าของแบบจำลองกระแสเงินสด..... 46
ตารางที่ 3.3 การกำหนดกราฟลักษณะการกระจายตัวของปัจจัยต่างๆ..... 49
ตารางที่ 4.1 สถานภาพปัจจุบันของโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ (สถานะ COD แล้ว)..... 51
ตารางที่ 4.2 สรุปทางเลือกสำหรับโรงไฟฟ้าขยะชุมชนในประเทศไทย..... 53
ตารางที่ 4.3 สมมุติฐานในการคำนวณเทคโนโลยีเตาเผาขยะชุมชน (Incineration)..... 55
ตารางที่ 4.4 สมมุติฐานในการคำนวณเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ
(Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง
(Refuse Derived Fuel: RDF)..... 56
ตารางที่ 4.5 สมมุติฐานในการคำนวณเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification)..... 56
ตารางที่ 4.6 ค่าใช้จ่ายพนักงานด้านบริหารในโครงการ..... 57
ตารางที่ 4.7 ค่าใช้จ่ายพนักงานในด้านการเดินระบบ..... 57
ตารางที่ 4.8 การคำนวณ Feed-in Tariff..... 58
ตารางที่ 4.9 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย Incineration..... 61
ตารางที่ 4.10 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ
(Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง
(Refuse Derived Fuel: RDF)..... 63
ตารางที่ 4.11 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification)..... 65
ตารางที่ 4.12 ผลจากการจำลองสถานการณ์..... 74
ตารางที่ 4.13 ผลการประเมินความเสี่ยงของโครงการ..... 79
ตารางที่ 4.14 ผลการประเมินความยืดหยุ่น..... 84
ตารางที่ 5.1 สรุปผลการประเมินความยืดหยุ่น..... 87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 แผนที่แสดงปริมาณขยะมูลฝอยตกค้างสะสมในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ปี 2557 9
รูปที่ 2.2 ลำดับความสำคัญของการจัดการขยะมูลฝอย 10
รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการดำเนินงานจัดการขยะมูลฝอยชุมชน 12
รูปที่ 2.4 อัตราการเกิดขยะมูลฝอย 15
รูปที่ 2.5 อัตราการการจัดขยะมูลฝอย และการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ เปรียบเทียบกับเป้าหมายตามแผนจัดการมลพิษ 2555 – 2559 16
รูปที่ 2.6 Fixed-Bed Gasifier Types 28
รูปที่ 2.7 Principles of Single and Circulating Fluid Bed Gasifiers 29
รูปที่ 2.8 แผนภาพต้นไม้ 35
รูปที่ 2.9 การวิเคราะห์ 3E 39
รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงาน 43
รูปที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อการลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชน 45
รูปที่ 4.1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 1 67
รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 2 68
รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 3 68
รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 4 69
รูปที่ 4.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 5 69
รูปที่ 4.6 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 6 70
รูปที่ 4.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 7 70
รูปที่ 4.8 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 8 71
รูปที่ 4.9 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 9 72
รูปที่ 4.10 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 10 72
รูปที่ 4.11 แผนภูมิต้นไม้ของโรงไฟฟ้าขยะชุมชนชุมชน 81

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย (Municipal solid waste) นับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่อยู่คู่กับสังคมไทยมายาวนานปริมาณขยะในประเทศไทยเกิดขึ้นประมาณ 41,532 ตันต่อวัน หรือกว่า 15 ล้านตันต่อปี โดยร้อยละ 30 เป็นขยะที่นำไปรีไซเคิลได้ แต่มีการรีไซเคิลนำมาใช้ประโยชน์จริงเพียง 1 ใน 4 เท่านั้น (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559) ปัจจุบันขยะมูลฝอยจากชุมชนและกากของเสียจากภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะถูกนำไปทิ้งแบบกองเทเรี่ยราด ซึ่งไร้ระบบการจัดการนั่นคือ หนึ่งสาเหตุให้ประเทศไทยต้องเจอกับวิกฤตขยะล้นเมือง ไม่เพียงแค่นั้นอีกปัญหาใหญ่ปัญหาหนึ่งคือ การที่คนไทยไม่แยกขยะซึ่งทำให้การนำขยะมาใช้ประโยชน์ต่อนั้นเป็นเรื่องยาก ขยะมีมากแต่ก็มีข้อจำกัดในการเลือกไปใช้งานต่อ (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) ดังนั้นภาครัฐจึงพยายามหาทางแก้ไขปัญหาให้สอดคล้องกับสภาพสังคม เช่น ออกรณรงค์ใช้ถุงผ้า รณรงค์แยกขยะ การใช้กลไกด้านราคาการบวกค่ากำจัดขยะเพิ่มเข้าไปกับราคาสินค้าเพื่อจูงใจให้คนหันมารีไซเคิลของหรือใช้ของรีไซเคิลมากขึ้น แต่หลากหลายมาตรการที่ออกมาเชิญชวน แต่ไม่สามารถแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากความเจริญทางด้านเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบันทำให้ปริมาณขยะมีแต่เพิ่มขึ้น รัฐบาลจึงเล็งเห็นว่าการเปลี่ยนขยะเพื่อมาเป็นพลังงานให้กับประเทศสามารถนำมาช่วยแก้ไขปัญหาและเพิ่มมูลค่าให้กับขยะได้

ในปี พ.ศ. 2556 - 2557 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.(พพ.) จึงได้มีการดำเนินการศึกษาพัฒนาและปรับปรุงระบบฐานข้อมูลศักยภาพพลังงานขยะเพื่อให้ทราบถึงปริมาณของขยะมูลฝอยที่มีอยู่ในพื้นที่ต่างๆ ในประเทศ ทั้งที่มีการนำไปใช้ประโยชน์แล้วและยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์เพื่อหาศักยภาพในการนำขยะมาผลิตพลังงาน รวมถึงการนำขยะไปใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงาน ปัจจุบันกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้รวบรวมข้อมูลทั้งหมดเพื่อดำเนินการวางแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกพ.ศ. 2558 – 2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2015) ซึ่งมีเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนรวมทั้งพิจารณาถึงศักยภาพแหล่งพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาพัฒนาได้ทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้าความร้อนและเชื้อเพลิงชีวภาพภายใต้แผน AEDP 2015 มีการเพิ่มสัดส่วนของการใช้พลังงานทดแทนเป็นร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ซึ่งสอดคล้องกับการกำหนดสัดส่วนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยพ.ศ. 2558 - 2579 (PDP

2015) ที่ระบุว่าจะให้มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอยู่ในช่วงร้อยละ 15 - 20 ภายในปี พ.ศ. 2579 สำหรับนโยบายส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของภาครัฐในปัจจุบัน มุ่งเน้นไปที่การแก้ไขปัญหาสังคมส่วนรวม เช่น ปัญหาขยะชุมชน ซึ่งเป็นเหตุให้มีการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากขยะซึ่งมีการสนับสนุนเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 7.6 เท่า จากปี พ.ศ. 2557 จากข้อมูลแนวทาง การดำเนินงานการขับเคลื่อน Roadmap การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายของกรมควบคุมมลพิษปี พ.ศ. 2558 ก็พบว่ามีขยะมูลฝอยที่ยังตกค้างอยู่ถึง 30.49 ล้านตัน (ไทยพับลิก้า, 2559) ซึ่งทางภาครัฐได้มีความคิดในการกำจัดขยะตกค้างด้วยการสนับสนุนให้เอกชนแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า การนำส่งเป็นวัตถุดิบให้โรงงานปูนซีเมนต์ หรือส่งไปเตาเผา เป็นต้นเมื่อรัฐบาลให้การสนับสนุนหลายอำเภอในแต่ละจังหวัดก็มีแนวคิดในการดำเนินโครงการก่อสร้างโรงงานเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตไฟฟ้ากันมากขึ้น แต่การก่อสร้างนั้นมีความเสี่ยงค่อนข้างสูง ในด้านเศรษฐศาสตร์ จึงเป็นสาเหตุให้งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะชุมชนและหาแนวทางการจัดการความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น เมื่อมีปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณขยะ ราคาการรับซื้อไฟฟ้าของรัฐบาล ราคาของเชื้อเพลิง (RDF) โดยพิจารณาจากพื้นฐานของการคำนวณตัวเลขทางการเงิน เพื่อนำเสนอทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชุมชน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะชุมชน

1.2.2 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์แนวทางการจัดการความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อปัจจัยต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1.3.1 ขอบเขตการศึกษาข้อมูล

ทำการศึกษาการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 3 เมกกะวัตต์ โดยกำหนดทางเลือกของการวิเคราะห์ ดังนี้

1) ลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยี Incineration

2) ลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยี Gasification

3) ลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel: RDF)

1.3.1.1 ศึกษาข้อมูลแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2015) ถึงเป้าหมายของการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานขยะ รวมถึงข้อมูลในด้านการรับซื้อไฟฟ้าจากโรงฟ้าขยะ สำหรับนโยบายส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของภาครัฐในปัจจุบัน มุ่งเน้นไปที่การแก้ไขปัญหาสังคมส่วนรวม เช่น ปัญหาขยะชุมชน ซึ่งเป็นเหตุให้มีการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากขยะ

1.3.1.2 ศึกษาข้อมูลด้านขยะชุมชนในแต่ละพื้นที่ ทั้งในด้านองค์ประกอบของขยะ ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ ขยะมูลฝอยที่ใช้ผลิตพลังงานแล้วและปริมาณขยะที่เหลืออยู่จริงในพื้นที่ ศักยภาพในการผลิตพลังงานจากขยะชุมชนรายจังหวัด พื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานจากขยะได้และปริมาณของขยะต่อวันที่สามารถป้อนเข้าโรงไฟฟ้า

1.3.1.3 ศึกษาข้อมูลด้านเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้าขยะแบบIncineration, แบบ Gasification, แบบ Anaerobic digestion และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel: RDF)

1.3.1.4 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชน

1.3.1.5 ศึกษาข้อมูลด้านต้นทุน ในส่วนของเงินลงทุนในด้านที่ดิน เครื่องจักรอุปกรณ์, เงินลงทุนด้านการดำเนินงานการบำรุงรักษาระบบ เป็นต้น

1.3.2 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.2.1 วิเคราะห์ผลตอบแทนจากโครงการ (อายุโครงการ 20 ปี) ด้วยตัวชี้วัดทางการเงินดังนี้

1) การวิเคราะห์แบบกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash flow)

2) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และอัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR) โดยใช้อัตราดอกเบี้ยจากต้นทุนเงินเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของโครงสร้างเงินทุน (Weighted average cost of capital: WACC)

1.3.2.2 วิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity analysis) ที่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจในการลงทุนโดยความไม่แน่นอนที่เกิดจากการคำนวณค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ

1.3.2.3 วิเคราะห์ระดับโอกาสหรือความเสี่ยงจากการกระจายตัวของค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยการทำแบบจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล (Monte Carlo Simulation)

1.3.2.4 วิเคราะห์ค่าคาดหวัง (EMV) เขียนแผนภูมิต้นไม้ (Decision Tree) และหามูลค่าความยืดหยุ่น (Real option analysis: ROA)

1.3.2.5 วิเคราะห์หาแนวทางการจัดการความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อช่วยในการตัดสินใจสำหรับการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะชุมชน

1.4.2 ได้รู้ถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานขยะและทราบถึงมาตรการป้องกันความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี

1.4.3 เป็นแนวทางเพื่อช่วยในการกำหนดนโยบายของพลังงานขยะในอนาคตได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเรื่องวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะชุมชนและวิเคราะห์แนวทางการจัดการความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อปัจจัยต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป โดยใช้วิธีการ Real option ในการประเมินค่าความยืดหยุ่นของแต่ละโครงการ โดยเริ่มจากการสร้างแบบจำลองกระแสเงินสด เพื่อคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ แล้วทำการวิเคราะห์ Sensitivity Analysis เพื่อดูว่าตัวแปร input ตัวใดมีผลกระทบต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากที่สุด แล้วจึงทำการจำลองสถานการณ์ Monte Carlo โดยโปรแกรม @Risk เพื่อประเมินค่าความน่าจะเป็นของ output ที่ได้ เพื่อนำมาใช้ประเมินทางเลือกด้วยแผนภูมิต้นไม้ โดยผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาจากเอกสารบทความดังนี้

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับขยะมูลฝอย

2.1.1 ความหมาย

ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ได้ให้ความหมายของคำว่า“ขยะมูลฝอย”หรือ “มูลฝอย” ไว้ว่า หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น ในขณะที่กรมควบคุมมลพิษได้อธิบายไว้ว่า ขยะหรือมูลฝอย (Solid waste) คือ เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัตถุ ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ ซากสัตว์หรือสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น และหมายความรวมถึงมูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชนหรือครัวเรือน ยกเว้นวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงงานซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่กำหนดไว้ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ขยะ หรือ มูลฝอย หรือมูลฝอยชุมชน เป็นคำที่มีความหมายเดียวกัน โดยหมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัตถุ ถุงพลาสติกภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ ซากสัตว์หรือสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่นรวมถึงมูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษ หรืออันตรายจากชุมชนหรือครัวเรือน ยกเว้นมูลฝอยที่มีลักษณะและคุณสมบัติที่กำหนดไว้ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.2 ประเภทของขยะมูลฝอย

สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย (2555) ได้จัดแบ่งประเภทของขยะมูลฝอยชุมชนออกตามลักษณะทางกายภาพได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

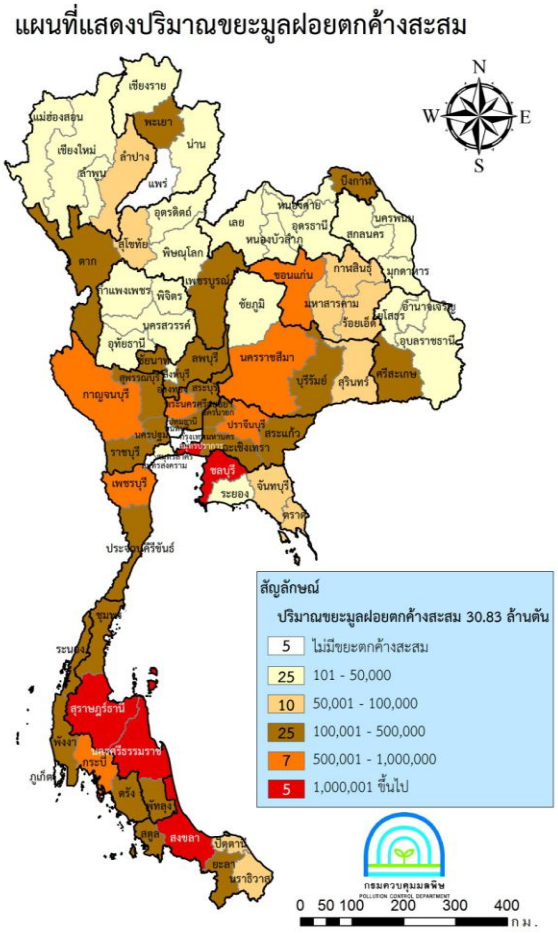
1) ขยะย่อยสลาย (Compostable waste) หรือ มูลฝอยย่อยสลายคือ ขยะที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็ว สามารถนำมาหมักทำปุ๋ยได้ เช่น เศษผัก เปลือกผลไม้ เศษอาหาร ใบไม้ เศษเนื้อสัตว์ เป็นต้น แต่จะไม่รวมถึงซากหรือเศษของพืช ผัก ผลไม้ หรือสัตว์ที่เกิดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยที่ขยะย่อยสลายนี้เป็นขยะที่พบมากที่สุด คือ พบมากถึง 64% ของปริมาณขยะทั้งหมดในกองขยะ
2) ขยะรีไซเคิล (Recyclable waste) หรือ มูลฝอยที่ยังใช้ได้ คือ ของเสียบรรจุภัณฑ์หรือวัสดุเหลือใช้ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ เช่น แก้ว กระดาษ เศษพลาสติก กล่องเครื่องดื่มแบบ UHT กระป๋องเครื่องดื่ม เศษโลหะ อะลูมิเนียม ยางรถยนต์ เป็นต้น สำหรับขยะรีไซเคิลนี้เป็นขยะที่พบมากเป็นอันดับที่สองในกองขยะ กล่าวคือ พบประมาณ 30% ของปริมาณขยะทั้งหมดในกองขยะ
3) ขยะอันตราย (Hazardous waste) หรือ มูลฝอยอันตราย คือ ขยะที่มีองค์ประกอบ หรือปนเปื้อนวัตถุอันตรายชนิดต่างๆ ซึ่งได้แก่ วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุกรรมมันตรังสี วัตถุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อน วัตถุที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง วัตถุอย่างอื่นไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์หรือสิ่งอื่นใดที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์สินหรือสิ่งแวดล้อม เช่น ถ่านไฟฉาย หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ ภาชนะบรรจุสารกำจัดศัตรูพืช กระป๋องสเปรย์บรรจุสีหรือสารเคมี เป็นต้น ขยะอันตรายนี้เป็นขยะที่มักจะพบได้น้อยที่สุด กล่าวคือ พบประมาณเพียง 3% ของปริมาณขยะทั้งหมดในกองขยะ
4) ขยะทั่วไป (General waste) หรือ มูลฝอยทั่วไป คือ ขยะประเภทอื่นนอกเหนือจากขยะย่อยสลาย ขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย มีลักษณะที่ย่อยสลายยากและไม่คุ้มค่าสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น ห่อพลาสติกใส่ขนม ถุงพลาสติกบรรจุผงซักฟอก พลาสติกห่อลูกอม ซองบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ถุงพลาสติกเปื้อนเศษอาหาร โฟมเปื้อนอาหาร ฟอล์ยเปื้อนอาหาร เป็นต้น สำหรับขยะทั่วไปนี้เป็นขยะที่มีปริมาณใกล้เคียงกับขยะอันตราย กล่าวคือ จะพบประมาณ 3% ของปริมาณขยะทั้งหมดในกองขยะ

2.1.3 ขยะมูลฝอยชุมชน

1) ขยะมูลฝอยตกค้างสะสม (ขยะเก่า) เป็นขยะมูลฝอยที่ไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง ส่วนใหญ่นำมาเทกองกลางแจ้ง (open dump) หรือเทกองในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยและมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปริมาณสะสมเพิ่มขึ้นในปี 2557 มีขยะมูลฝอยตกค้างสะสมประมาณ 30.8 ล้านตัน ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยจังหวัดที่มีขยะมูลฝอยตกค้างสะสม ตั้งแต่ 500,001 – 1,000,000 ตัน ได้แก่ กาญจนบุรี นครราชสีมา ขอนแก่น กระบี่ เพชรบุรี พระนครศรีอยุธยา และปราจีนบุรี และขยะมูลฝอยตกค้างสะสมเกิน 1 ล้านตันขึ้นไป ได้แก่ สมุทรปราการ ชลบุรี สงขลา นครศรีธรรมราช และสุราษฎร์ธานี



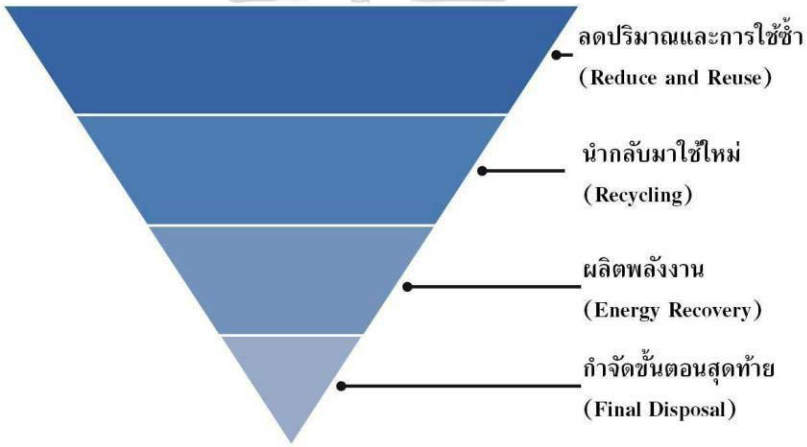
รูปที่ 2.1 แผนที่แสดงปริมาณขยะมูลฝอยตกค้างสะสมในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ปี 2557 (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559)

2) ขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นใหม่ขยะมูลฝอยเกิดขึ้นในปี 2557 ประมาณ 26.19 ล้านตัน ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปีเนื่องจากจำนวนประชาชนเพิ่มขึ้น และพฤติกรรมการบริโภคของประชาชนที่เปลี่ยนแปลงไป มีการใช้บรรจุภัณฑ์ฟุ่มเฟือยมากขึ้น จะเห็นได้จากแนวโน้มอัตราการเกิดขยะมูลฝอยเฉลี่ยต่อคนต่อวันเพิ่มสูงขึ้นจากเมื่อ 5 ปีที่แล้ว จาก 1.04 กิโลกรัม/คน/วัน ในปี พ.ศ. 2553 เพิ่มเป็น 1.11 กิโลกรัม/คน/วัน ในปีพ.ศ. 2557 โดยมีจังหวัดที่มีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นสูงสุด 10 ลำดับแรก ได้แก่ กรุงเทพมหานคร (10,870 ตัน/วัน) นครราชสีมา (2,264

ตัน/วัน) สมุทรปราการ (2,025 ตัน/วัน) ชลบุรี (1,957 ตัน/วัน) ขอนแก่น (1,829 ตัน/วัน) เชียงใหม่ (1,698 ตัน/วัน)อุดรธานี (1,622 ตัน/วัน) นนทบุรี (1,617 ตัน/วัน) สงขลา (1,604 ตัน/วัน) และบุรีรัมย์ (1,553 ตัน/วัน) ทั้งนี้ประสิทธิภาพการเก็บขนขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นและขนส่งไปกำจัดขึ้นอยู่กับศักยภาพของแต่ละพื้นที่ เช่น กรุงเทพมหานครมีขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 10,800 ตัน/วัน เก็บขนและกำจัดได้ 9,200 ตัน/วัน เป็นต้น

2.1.4 หลักการในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน

USEPA (1989) กล่าวถึงองค์ประกอบของการจัดการขยะมูลฝอย ไว้ว่าการดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยนั้น สามารถแบ่งหลักการในการดำเนินการ ออกเป็นส่วนสำคัญ 4 ส่วนตามลำดับความสำคัญได้แก่ (1) การลดปริมาณขยะจากแหล่งกำเนิด (2) การนำกลับมาใช้ประโยชน์ (3) การกำจัดด้วยวิธีเผาและ (4) การฝังกลบ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2.2 ลำดับความสำคัญของการจัดการขยะมูลฝอย
(กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559)

ทั้งนี้การลดการเกิดขยะมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดและการใช้ซ้ำ มีความหมายครอบคลุมการลดทั้งปริมาณและระดับความเป็นพิษ (Toxicity) ของขยะมูลฝอย การลดปริมาณที่แหล่งกำเนิดเกิดขึ้นได้ด้วยการออกแบบ การผลิตและการใช้บรรจุภัณฑ์จากวัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษและมีปริมาณน้อยหรือสามารถใช้ซ้ำได้ นอกจากนั้นการนำกลับมาแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์จะรวมถึงการนำเอาขยะอินทรีย์มาแปรรูปเป็นปุ๋ยด้วย สำหรับการกำจัดด้วยวิธีเผานั้นเหมาะสำหรับท้องถิ่นที่มีขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ปริมาณมากๆ และในขั้นตอนสุดท้ายของการจัดการขยะมูลฝอยแบบบูรณาการ คือ การฝังกลบ ซึ่งแม้จะมีลำดับความสำคัญน้อยที่สุด แต่การฝังกลบยังคงมีความจำเป็นสำหรับการกำจัดขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ต่อไปได้อีก เช่น เศษวัสดุจากการก่อสร้าง หรือเถ้าจากการเผาและขยะมูลฝอยส่วนที่เหลือจากขั้นตอนอื่นๆ

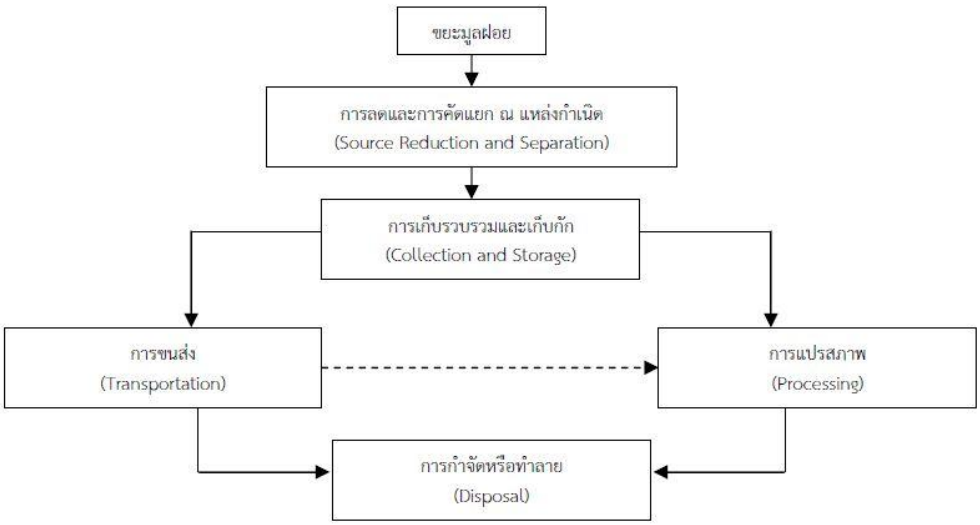
2.1.5 วิธีการในการดำเนินการกำจัดขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะจากการดำเนินชีวิตประจำวันนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการจัดการอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่กระบวนการเกิดขยะที่แหล่งกำเนิดไปจนถึงการนำไปกำจัดหรือทำลายยังสถานที่ฝังกลบ ทั้งนี้รายละเอียดขั้นตอนวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนมี 6 ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3 ดังนี้

1) การลดและการคัดแยก ณ แหล่งกำเนิด การดำเนินการกับขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดต่างๆ อันได้แก่ บ้านเรือน อาคารสำนักงาน สถานศึกษา ห้างร้าน ตลอดจนสถานที่สาธารณะทั่วไป เพื่อรอการเก็บขน การรวบรวม และการนำไปกำจัดทำลายจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ ซึ่งในการดำเนินการกับขยะมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิดเป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของผู้ที่เป็นเจ้าของบ้านเรือนหรืออาคารสถานที่ต่างๆ โดยมีหลักการในการจัดการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ การลดขยะ ณ แหล่งกำเนิด (Source reduction) เพื่อให้มีปริมาณขยะที่จะต้องนำไปกำจัดหรือทำลายให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ และการคัดแยกขยะ (Waste separation) ซึ่งถือเป็นมาตรการสำคัญประการหนึ่งที่จะช่วยให้การจัดการขยะในขั้นตอนต่อๆ ไปเป็นไปอย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2) การเก็บรวบรวมการเก็บขนขยะมูลฝอยที่ถูกทิ้งไว้ในภาชนะรองรับขยะซึ่งวางไว้ตามสถานที่ต่างๆ อันได้แก่ บริเวณที่พักอาศัย สถาบันการศึกษา ตลาดสด ป้ายรถโดยสารประจำทาง และสวนสาธารณะ ฯลฯ เพื่อนำมารวบรวมไว้ยังจุดพักขยะก่อน แล้วจึงทำการขนถ่ายใส่รถเก็บขยะ เพื่อที่จะขนส่งต่อไปยังสถานที่ฝังกลบ สำหรับขยะที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก แต่หากเป็นขยะรีไซเคิลที่ได้มีการคัดแยกไว้ในภาชนะรองรับขยะตามที่กล่าวมาแล้ว ขยะเหล่านี้ก็จะถูกรวบรวมและส่งไปแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ต่อไป การเก็บรวบรวมขยะเป็นหน้าที่ตามบทบัญญัติของกฎหมายซึ่งกำหนดให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้รับผิดชอบ ดังนั้น หน่วยงานดังกล่าวจะต้องมีการวางระบบ และแบบแผนในการเก็บรวบรวมขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวันอย่างเหมาะสม ทั้งนี้ เพื่อมิให้มีขยะตกค้างอยู่ตามสถานที่ต่างๆ ในปริมาณมากและนานเกินไป
3) การเก็บกักขยะมูลฝอยเมื่อถูกเก็บรวบรวมจากภาชนะรองรับที่อยู่ตามแหล่งกำเนิดต่างๆ แล้วก็จะถูกขนถ่ายโดยรถเก็บขนขยะเพื่อนำไปกำจัดทำลายยังสถานที่ฝังกลบให้เร็วที่สุดเพื่อป้องกันการเน่าเหม็นของขยะ รวมทั้งเพื่อให้มีขยะตกค้างอยู่ตามสถานที่ต่างๆ ให้น้อยที่สุดด้วย ดังนั้นขยะมูลฝอยเหล่านี้จึงไม่จำเป็นต้องมีการเก็บกัก ณ จุดใดจุดหนึ่งก่อนนำไปกำจัดหรือทำลาย ยกเว้นในส่วนของขยะอันตรายหรือของเสียอันตรายต่าง ๆเท่านั้น จะต้องทำการเก็บกักให้มีจำนวนมากพอ ก่อนส่งไปกำจัดอย่างถูกวิธีและปลอดภัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) การขนส่ง การนำขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ภายในชุมชนถ่ายไปยังสถานที่ฝังกลบซึ่งตั้งห่างออกไปไกลจากชุมชนหรืออาจเป็นการขนถ่ายขยะไปสู่ขบวนการแปรสภาพเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีก ในการขนส่งขยะมูลฝอยไปยังสถานที่ฝังกลบนั้นจะเกิดขึ้นภายหลังการดำเนินการรวบรวมขยะภายในชุมชนเสร็จสิ้นแล้ว โดยระยะเวลาที่ใช้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างชุมชนไปยังที่ตั้งของสถานที่ฝังกลบ ซึ่งมีผลต่อจำนวนเที่ยวของการขนส่งขยะในแต่ละวันด้วย
5) การแปรสภาพ วิธีการที่จะทำให้ขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมจากชุมชนอยู่ในสภาพที่เกิดความสะดวกต่อการเก็บขนไปกำจัดทำลายหรือนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการแปรสภาพขยะจะมีอยู่ด้วยกัน 3 ประการดังนี้ คือ 1) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการขยะโดยการอัดขยะให้เป็นฟ่อนหรือเป็นก้อนๆ ซึ่งจะช่วยลดพื้นที่ในการเก็บขนขยะและลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งไปยังสถานที่ฝังกลบให้น้อยลง 2) เพื่อนำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีก 3) เพื่อนำผลผลิตที่เกิดจากกระบวนการแปรสภาพมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น เมื่อทำการแปรสภาพขยะด้วยการย่อยสลายทางชีวภาพแล้วก็จะได้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์มาใช้ในการเพาะปลูก หรือทำการย่อยสลายขยะทางชีวภาพเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในด้านต่างๆ เช่น การหุงต้ม การปั่นกระแสไฟฟ้า เป็นต้น
6) การกำจัดหรือทำลายการกำจัดหรือทำลาย (disposal) ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการจัดการเกี่ยวกับขยะมูลฝอยซึ่งเมื่อมีการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆ ตามที่ได้กล่าวมาเป็นลำดับ



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการดำเนินงานจัดการขยะมูลฝอยชุมชน
(กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559)

ในปัจจุบันได้มีการดำเนินการกำจัดหรือการทำลายขยะมูลฝอยด้วยวิธีการต่างๆ ดังต่อไปนี้

- การเทกองบนพื้น (open dumping) การเทกองบนพื้นเป็นวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยอย่างง่ายที่สุดและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด กล่าวคือ ขยะที่เก็บรวบรวมจากชุมชนจะถูกขนส่งไปยังสถานที่ทิ้งขยะ ซึ่งอาจมีสภาพเป็นที่ราบทั่วไปหรืออาจเป็นพื้นที่ที่เป็นหลุมบ่อก็ได้ ขยะที่ขนส่งมานั้นจะถูกเทลงมากองบนพื้นดิน โดยมิได้ดำเนินการใดๆ ทั้งสิ้น ซึ่งเมื่อมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นก็จะกลายเป็นภูเขาขยะที่สร้างปัญหาในหลายๆ ด้าน ทั้งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของพาหะนำโรคต่างๆ เช่น หนู แมลงวัน ฯลฯ และทำให้เกิดน้ำเสียจากกองขยะซึ่งอาจปนเปื้อนลงแหล่งน้ำใกล้เคียงหรือน้ำใต้ดินได้ วิธีนี้จึงไม่ถือว่าเป็นการกำจัดขยะที่ถูกสุขลักษณะและควรต้องหลีกเลี่ยงจะดำเนินการ ทั้งนี้ เนื่องจากเป็นการทำลายทัศนียภาพของพื้นที่ และที่สำคัญ คือ ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณโดยรอบพื้นที่ทิ้งขยะดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตาม พบว่าในปัจจุบันนี้ ท้องถิ่นหลายแห่งทั่วประเทศยังมีการกำจัดขยะด้วยวิธีเทกองบนพื้นอยู่ เนื่องจากท้องถิ่นเหล่านั้นไม่มีสถานที่ทิ้งขยะเป็นของตนเองรวมทั้งยังขาดแคลนงบประมาณที่จะใช้ก่อสร้างสถานที่ฝังกลบขยะอย่างถูกหลักสุขาภิบาลได้ นอกจากการนำขยะมาเทกองบนพื้นโดยไม่ได้จัดการใดๆ ดังกล่าวแล้ว ในบางครั้งพบว่า กองขยะที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ จะถูกเผาทิ้ง เรียกว่า “การเผาในที่โล่ง (open burning)” ซึ่งการกระทำดังกล่าวนี้ยิ่งทำให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เพราะควันไฟและเศษขี้เถ้าจากการเผาขยะจะสร้างมลพิษทางอากาศ ซึ่งนับเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย
- การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (sanitary landfill) การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล เป็นการนำวิธีการทางวิศวกรรมมาใช้ในการกำจัดขยะอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล กล่าวคือ ขยะที่นำมาเททิ้งลงบนพื้นดินจะถูกเกลี่ยให้กระจายและบดทับให้แน่น จากนั้นทำการกลบทับด้วยดินและบดทับให้แน่นอีกรอบหนึ่ง เมื่อมีการนำขยะมาทิ้งเพิ่มอีกก็จะเกลี่ยให้กระจายและบดทับด้วยดินเป็นชั้นๆ ไปเรื่อยๆ จนกว่าสถานที่ฝังกลบนั้นจะเต็มและไม่สามารถใช้กำจัดขยะต่อไปได้ ก็จะทำการปิดหลุมฝังกลบแห่งนั้นอย่างถาวรด้วยการถมดิน บดอัดให้แน่น และมีการปลูกพืชคลุมดินเพื่อป้องกันการถูกกัดเซาะหรือการไหลบ่า (runoff) ของน้ำฝน หลุมฝังกลบขยะด้วยวิธีนี้ในบางครั้งจะมีการใช้วัสดุปูรองก้นหลุมเอาไว้ด้วยอีกชั้นหนึ่ง ทั้งนี้ เพื่อเป็นการป้องกันการไหลซึมของน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นภายในหลุมลงไปปนเปื้อนกับน้ำใต้ดินด้านล่าง ซึ่งเป็นการช่วยทำให้เกิดความปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมมากยิ่งขึ้น แต่ในกรณีดังกล่าวนี้ก็จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพิ่มขึ้นไปด้วย และจากการสำรวจสถานที่ฝังกลบขยะด้วยวิธีการนี้ในท้องถิ่นทั่วประเทศพบว่ายังมีอยู่ไม่มากนัก ดังนั้น รัฐบาลจึงจำเป็นจะต้อง

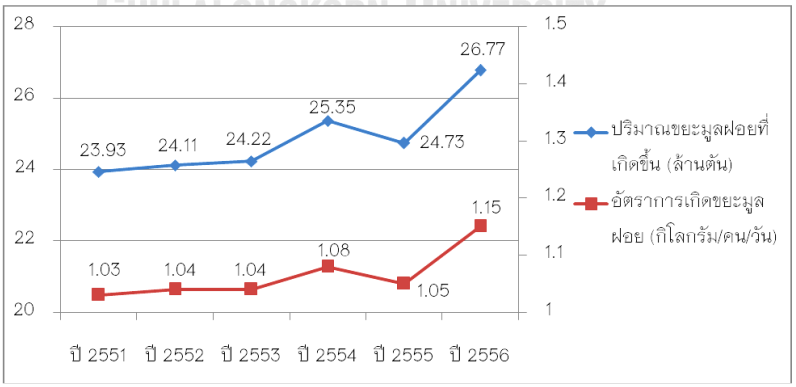
จัดสรรงบประมาณให้สามารถดำเนินการได้ ครอบคลุมในพื้นที่ต่างๆ ให้เพิ่มมากขึ้น สำหรับขั้นตอนการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

- การฝังกลบโดยวิธีพิเศษ (secure landfill) การกำจัดขยะโดยวิธีพิเศษนี้ อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “การฝังกลบอย่างปลอดภัย (secure landfill)” ซึ่งจะแตกต่างจากการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล คือ เป็นการฝังกลบเฉพาะขยะที่เป็นอันตราย (hazardous waste) เท่านั้น โดยขยะอันตรายดังกล่าวอาจมีแหล่งกำเนิดมาจากชุมชนส่วนหนึ่งและจากของเสียที่เกิดในภาคอุตสาหกรรมอีกส่วนหนึ่งการดำเนินงานโดยวิธีนี้ จึงต้องมีความเข้มงวดและรัดกุมมากยิ่งขึ้น เนื่องจากขยะอันตรายที่นำมาฝังกลบนั้นหากมีการรั่วไหลออกสู่ภายนอกย่อมก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ โดยทั่วไปการฝังกลบประเภทนี้มักจะต้องทำการปูรองก้นหลุมด้วยวัสดุพิเศษที่มีอายุทนทานและไม่ฉีกขาดได้ง่ายเมื่อใช้งานเวลานานๆ ทั้งนี้ เพื่อสามารถป้องกันการรั่วไหลของสารอันตรายนั่นเอง นอกจากนี้ขยะอันตรายที่นำมาฝังกลบก็จะต้องบรรจุไว้ในภาชนะที่หนาแน่นและปิดสนิท และมีการจัดวางในหลุมอย่างเป็นระบบ ป้องกันมิให้มีการกระแทกในระหว่างการฝังกลบซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการรั่วไหลได้ สำหรับสถานที่ฝังกลบโดยวิธีพิเศษ ยังมีจำนวนไม่เพียงพอที่จะรองรับขยะอันตรายที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้ เนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนสูง และต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญมาดำเนินการ
- การเผาในเตาเผา (incineration) เป็นการนำขยะมูลฝอยมาเผาในเตาเผาที่มีอุณหภูมิสูงเพื่อให้เกิดขบวนการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งลักษณะของเตาเผาอาจจะแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบของขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละชุมชน กล่าวคือ ถ้าชุมชนใดมีขยะชนิดที่เผาไหม้ได้ง่ายและมีความชื้นต่ำเตาเผาที่ใช้ก็ไม่จำเป็นต้องมีอุณหภูมิสูงมากนักก็เพียงพอต่อการเผาไหม้ขยะดังกล่าว แต่ถ้าชุมชนใดมีองค์ประกอบของขยะที่เผาไหม้ได้ยาก รวมทั้งมีเปอร์เซนต์ความชื้นสูง เตาเผาที่ใช้ต้องออกแบบให้มีเชื้อเพลิงชนิดที่ให้ความร้อนสูงมากๆ นอกจากนี้เตาเผาขยะไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดก็ตามจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีที่สามารถควบคุมการเผาไหม้ อุณหภูมิ ควัน ไอเสีย ตลอดจนเศษผงหรือฝุ่นละอองที่ปนออกไปกับควันเสียด้วย ทั้งนี้ เพื่อเป็นการป้องกันมลพิษทางอากาศที่จะเกิดตามมา และในส่วนของขี้เถ้าซึ่งเกิดจากขบวนการเผาไหม้ขยะที่อยู่ด้านล่างของเตาเผาก็จะต้องมีการนำเอาไปกำจัดหรือทำลายยังสถานที่ฝังกลบอีกต่อหนึ่งด้วย

2.2 สถานการณ์ขยะมูลฝอยในประเทศไทย

กรมควบคุมมลพิษได้รายงานถึงสถานการณ์มลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) ประเภทขยะของประเทศไทยปี พ.ศ. 2556 ว่าจากการสำรวจข้อมูลปริมาณขยะทั่วประเทศพบว่ามีปริมาณ 26.77 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2555 ถึง 2 ล้านตัน ในจำนวนนี้มีการเก็บขนและนำไปจำกัดแบบถูกต้อง จำนวน 7.2 ล้านตัน และกำจัดแบบไม่ถูกต้อง จำนวน 6.9 ล้านตัน นอกจากนั้นพบว่าปริมาณขยะที่ไม่ได้รับการเก็บขนทำให้ตกค้างในพื้นที่ ประมาณ 7.6 ล้านตัน และมีปริมาณขยะที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่เพียง 5.1 ล้านตัน

โดยทั้งนี้พบว่าขยะที่เกิดขึ้นจำนวน 26.77 ล้านตันนั้น เป็นขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่รับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนตำบลทั่วประเทศ คิดเป็น 46% หรือ 12.396 ล้านตัน เกิดขึ้นในพื้นที่รับผิดชอบของเทศบาลจำนวน 38% หรือ 10.241 ล้านตัน และเกิดขึ้นในเขตความรับผิดชอบของกรุงเทพมหานครจำนวน 16% หรือ 4.137 ล้านตัน สถานที่ในการกำจัดขยะมูลฝอย พบว่า ในปัจจุบันมีสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยรวมทั่วประเทศจำนวน 2,490 แห่ง ในจำนวนนี้มีสถานที่ที่กำจัดขยะอย่างถูกต้องเพียง 466 แห่ง หรือแค่ร้อยละ 19เท่านั้น ส่วนสถานที่ที่กำจัดขยะแบบไม่ถูกต้อง เช่น การเทกองกลางแจ้ง การเผาในที่โล่ง มีประมาณ2,024 แห่ง หรือร้อยละ 81 จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้เกิดปริมาณขยะมูลฝอยสะสมตกค้างเพิ่มสูงขึ้นปี 2556 มีขยะสะสมสูงถึง 19.9 ล้านตัน โดยจังหวัดสงขลาเป็นจังหวัดที่มีวิกฤตปัญหาการจัดการขยะมากที่สุดในประเทศไทย มีขยะสะสม 2.5 ล้านตัน รองลงมาคือ จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีปริมาณขยะสะสม 2.1 ล้านตัน สำหรับจังหวัดที่มีขยะสะสมน้อยที่สุด คือ กทม. นนทบุรี และภูเก็ต หากพิจารณาจากอัตราการผลิตขยะต่อคนต่อวัน ในระยะ 5 ปีที่ผ่านมาพบว่า ยังคงอัตราเพิ่มขึ้น อัตราการเกิดขยะมูลฝอยโดยในปี 2551 มีอัตราการผลิตขยะต่อคนเท่ากับ 1.03 กก./คน/วัน แต่ในปี 2556 มีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น1.15 กก./คน/วัน

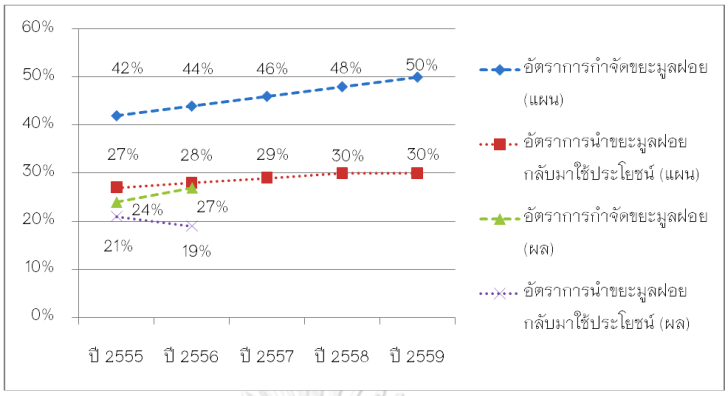


รูปที่ 2.4 อัตราการเกิดขยะมูลฝอย

(กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

ทั้งนี้เมื่อนำอัตราการกำจัดขยะมูลฝอย และการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์เปรียบเทียบกับเป้าหมายตามแผนจัดการมลพิษ 2555 – 2559 พบว่าอัตราขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปกำจัดและอัตรา

ขยะมูลฝอยที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยมีขยะมูลฝอยได้รับการกำจัดเพียง 7.274 ล้านตัน และมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ จำนวน 5.152 ล้านตัน



รูปที่ 2.5 อัตราการการจัดขยะมูลฝอย และการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์เปรียบเทียบกับเป้าหมายตามแผนจัดการมลพิษ 2555 – 2559 (กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

2.3 ปัญหา อุปสรรคและแนวทางแก้ไขปัญหาขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย

2.3.1 ปัญหาและอุปสรรค จากผลการดำเนินการแก้ไขปัญหาขยะมูลฝอยที่ผ่านมา สามารถสรุปปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินการดังต่อไปนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

1) ข้อจำกัดด้านงบประมาณ ในการจัดสรรงบประมาณสำหรับก่อสร้างระบบกำจัดขยะมูลฝอยอย่างถูกหลักวิชาการและการจัดหาเครื่องจักรอุปกรณ์ การจัดตั้งศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจร แม้ว่าจะมีการศึกษาและวางแผนการดำเนินการไว้ แต่ไม่สามารถดำเนินการได้ในหลายพื้นที่และบางครั้งได้รับการต่อต้านจากประชาชน
2) ข้อจำกัดในด้านสมรรถนะองค์กร องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในระดับเทศบาลขนาดใหญ่มีขีดความสามารถในการจัดการขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้น แต่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นขนาดเล็กยังขาดความพร้อมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในการรวมกลุ่มพื้นที่เพื่อจัดการขยะมูลฝอยแบบรวมศูนย์ โดยมีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหลายแห่งไม่สมัครใจเข้าร่วมการรวมกลุ่มพื้นที่ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากไม่สอดรับกับวัฒนธรรมท้องถิ่นในการนำขยะมูลฝอยจากที่อื่นมาทิ้งรวมกัน และการกำหนดค่าธรรมเนียมในการเก็บขนขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นยังไม่สอดคล้องกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ทำให้ไม่สามารถดำเนินการได้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ รวมทั้งการต่อต้านจากประชาชน
3) ปัญหาด้านการผลักดันนโยบายสู่การปฏิบัติ นโยบายการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน (Waste to Energy) ยังไม่เกิดผลในทางปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม และมีข้อจำกัดในการดำเนินการ
4) ปัญหาข้อจำกัดด้านสถานที่ สถานที่กำจัดของเสียอันตรายจากชุมชนยังมีไม่เพียงพอและมีของเสียอันตรายบางประเภทถูกนำไปคัดแยกรีไซเคิลอย่างไม่ถูกต้อง ขาดมาตรการใน

การตรวจติดตาม เฝ้าระวังการจัดการวัสดุเหลือใช้ที่ย่อยสลายยากจากโรงงานที่ไม่ได้กำจัดอย่างถูกวิธี นอกจากนี้สถานที่กำจัดของเสียอันตรายและกากอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกและภาคกลาง ทำให้ในการขนส่งของเสียอันตรายจากชุมชนจากภูมิภาคอื่นๆ ไปยังสถานที่กำจัดของเสียอันตราย มีต้นทุนสูงและเกิดปัญหาการร้องเรียนจากการดำเนินงานของสถานที่กำจัดของเสียอันตราย

5) ปัญหาผลกระทบของสารเคมีต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ภาคชุมชนพบปัญหาสารเคมีอันตรายตกค้างในอาหารและยา เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันมีการใช้และกำจัดบำบัดผลิตภัณฑ์หรือวัตถุอันตรายที่ใช้ในบ้านเรือนไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและปะปนอยู่ในสิ่งแวดล้อม

6) ปัญหาด้านการประชาสัมพันธ์ การรณรงค์และประชาสัมพันธ์ยังขาดความต่อเนื่องทำให้การสร้างความตระหนักและการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด ยังไม่ครอบคลุมทุกภาคส่วนทั้งประชาชน ชุมชน และผู้ประกอบการ

2.3.2 แนวทางการแก้ไข จากประเด็นปัญหาและอุปสรรคจากการดำเนินงานในอดีตที่ผ่านมานั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวไว้ ดังนี้

1) ส่งเสริมและสนับสนุนระบบการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนแบบครบวงจรและระบบศูนย์รวมที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีศักยภาพสามารถดำเนินการร่วมกันได้โดยได้รับความยินยอมจากประชาชน ประกอบด้วยการคัดแยกที่ต้นทางหรือในครัวเรือน ระบบการขนถ่าย ระบบการคัดแยกระบบการกำจัดที่ถูกหลักวิชาการและการใช้ประโยชน์ (แบบผสมผสาน) เช่น การทำปุ๋ย การผลิตพลังงาน เป็นต้น

2) สนับสนุนและขยายผลให้ประชาชนลดปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยจากบ้านเรือนโดยหลักการ 3Rs (Reduce Reuse and Recycle)

3) สร้างแรงจูงใจด้านรายได้ให้กับประชาชนในการร่วมกันคัดแยกขยะมูลฝอยตั้งแต่บ้านเรือน (ขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล และของเสียอันตรายชุมชน) เพื่อลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ต้องนำไปบำบัดและกำจัดให้เหลือน้อยที่สุด โดยการสร้างตลาดซื้อ-ขาย ขยะรีไซเคิลในชุมชน กำหนดสถานที่หรือจุดนัดพบในชุมชนที่เดินทางได้สะดวก หรือศูนย์รับแลกเพิ่มมูลค่าขยะ กำหนดนัดหมายการนำขยะมารวบรวมเพื่อนำไปขายหรือรวบรวมไปกำจัด โดยให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและชุมชนมีการหารือและสมัครใจดำเนินการร่วมกัน

4) ส่งเสริมธุรกิจรีไซเคิลหรือการแปรรูปใช้ใหม่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยสนับสนุนผู้ประกอบการให้ผลิตสินค้าที่มีส่วนประกอบจากวัสดุรีไซเคิลเพิ่มมากขึ้น และพัฒนาวิธีการนำขยะมูลฝอยมาแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ (Recycle)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) จัดทำระบบการเรียกคืนซากของเสียอันตรายจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว เช่น ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หลอดไฟ แบตเตอรี่มือถือ น้ำมันเหลือใช้ (น้ำมันปรุงอาหาร น้ำมันหล่อลื่น) เป็นต้น โดยการกำหนดประเภทผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่ผู้ผลิตต้องนำกลับคืนให้ผู้ผลิตและผู้นำเข้ารับผิดชอบการรวบรวมเศษซากผลิตภัณฑ์และการจัดการซากผลิตภัณฑ์โดยใช้ระบบของผู้ให้บริการบำบัดหรือกำจัดของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรมที่มีอยู่แล้วหรือระบบที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะจัดสร้างขึ้น
6) ให้องค์ความรู้และปลูกจิตสำนึกแก่ผู้ประกอบการที่นำเอาซากผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆมาชำแหละเพื่อขาย โดยให้ตระหนักถึงปัญหามลพิษจากการปนเปื้อนสารอันตรายหากมีการจัดการที่ไม่ถูกต้อง
7) ภาครัฐต้องจัดสรรงบประมาณเพื่อสนับสนุนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นดำเนินการจัดให้มีระบบหรือสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย มูลฝอยติดเชื้อ และของเสียอันตรายชุมชนอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ สอดคล้องกับปัญหาและศักยภาพในการบริหารจัดการขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและ/หรือส่งเสริมให้เอกชนเข้ามาร่วมลงทุนในการดำเนินงาน
8) ส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดและพัฒนาพลังงานทางเลือก โดยสนับสนุนและสร้างมาตรการจูงใจเพื่อให้นโยบายการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน (Waste to Energy) เกิดผลในทางปฏิบัติ
9) กำหนดระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับหลักเกณฑ์การจัดการขยะมูลฝอย มูลฝอยติดเชื้อ และของเสียอันตรายชุมชน ตั้งแต่กระบวนการผลิต พฤติกรรมการบริโภค การลดและคัดแยก ณ แหล่งกำเนิดการนำกลับมาใช้ใหม่การเก็บรวบรวมและขนย้าย ตลอดจนการกำจัดขั้นสุดท้าย และผลักดันให้เกิดผลในทางปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม
10) เร่งรัดการออกกฎกระทรวงภายใต้พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 กำหนดอัตราค่าธรรมเนียมการให้บริการกำจัดมูลฝอย (มูลฝอยทั่วไป มูลฝอยติดเชื้อ และมูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายชุมชน) เพื่อให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นนำไปออกข้อบัญญัติท้องถิ่นในการจัดเก็บค่าธรรมเนียมเพื่อให้มีรายได้ที่เพียงพอในการเดินและบำรุงรักษาระบบอย่างต่อเนื่อง สร้างความรู้ความเข้าใจของประชาชนเกี่ยวกับปัญหาและความจำเป็นในการดำเนินการจัดให้มีระบบหรือสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย มูลฝอยติดเชื้อ และของเสียอันตรายชุมชนในพื้นที่ เพื่อลดการต่อต้าน โดยให้ประชาชนในพื้นที่ที่จะเป็นสถานที่จัดสร้างระบบฯ เข้ามามีส่วนร่วมและมีผลตอบแทนตามความเหมาะสม

2.4 ศักยภาพการผลิตพลังงานจากขยะเชิงพื้นที่ในประเทศไทย

ศักยภาพและพื้นที่ในการส่งเสริมการผลิตพลังงานจากขยะในปี 2556- 2557 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ดำเนินการศึกษา พัฒนา และปรับปรุงระบบฐานข้อมูลศักยภาพพลังงานขยะ เพื่อให้ทราบถึงปริมาณของขยะมูลฝอยที่มีอยู่ในพื้นที่ต่างๆ ในประเทศ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559) ทั้งที่มีการนำไปใช้ประโยชน์แล้วและยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ ศักยภาพในการนำขยะมาผลิตพลังงาน รวมถึงการนาขยะไปใช้ ประโยชน์ในการผลิตพลังงานในปัจจุบัน เพื่อให้สามารถนาข้อมูลไปใช้ประกอบการศึกษาก่อนตัดสินใจลงทุนของผู้ประกอบกิจการภาคเอกชน และหน่วยงานภาครัฐในการกำหนดนโยบายและมาตรการในการ ส่งเสริมการผลิตพลังงานขยะต่อไป โดยการศึกษาดังกล่าวประกอบด้วย การศึกษารวบรวมข้อมูลปริมาณ ขยะที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ปริมาณขยะที่ใช้ผลิตพลังงานแล้ว และปริมาณขยะเหลืออยู่จริงในพื้นที่ การวิเคราะห์และสำรวจพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานจากขยะ รวมทั้งการพัฒนาปรับปรุงฐานข้อมูล ศักยภาพพลังงานขยะให้มีความทันสมัยสะดวกต่อการใช้งาน เป็นต้น

2.4.1 ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ

ผลการประเมินปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ (ไม่รวมกรุงเทพมหานคร) ซึ่งประมาณการโดยใช้ข้อมูลจำนวนประชากรของแต่ละองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จากฐานข้อมูลของกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย ณ วันที่ 27 กรกฎาคม 2556 คูณด้วยอัตราการเกิดขยะมูลฝอยของแต่ละพื้นที่ ดังนี้คือ เทศบาลนคร 1.89 (กก./คน/วัน) เทศบาลเมือง 1.15 (กก./คน/วัน) เทศบาลตำบล 1.02 (กก./คน/วัน) องค์การบริหารส่วนตำบล 0.91 (กก./คน/วัน) และเมืองพัทยา 3.9 (กก./คน/วัน) (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) พบว่า ในปี 2556 มีปริมาณขยะชุมชนที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ (ไม่รวมกรุงเทพมหานคร) เท่ากับ 20.715 ล้านตัน หรือเท่ากับ 56,753 ตันต่อวัน ส่วนปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานคร จากการประมาณการของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า เท่ากับ 4.137 ล้านตัน หรือประมาณ 11,334 ตันต่อวัน

2.4.2 ขยะมูลฝอยที่ใช้ผลิตพลังงานแล้วและปริมาณขยะที่เหลืออยู่จริงในพื้นที่

ในการดำเนินการศึกษาโครงการศึกษาปรับปรุงข้อมูลศักยภาพพลังงานขยะ ผลการศึกษาปริมาณขยะมูลฝอยที่ใช้ผลิตพลังงานแล้ว มาจากการรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามเทศบาลทั่วประเทศประกอบกับ การรวบรวมข้อมูลจากแหล่งอื่นๆ ส่วนผลการศึกษาปริมาณขยะที่เหลืออยู่จริงในพื้นที่หรือปริมาณขยะที่มีศักยภาพในการนามาผลิตพลังงานสาหรับแต่ละพื้นที่ คำนวณจากปริมาณขยะที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เก็บขนได้และนำไปกำจัด ลบด้วยปริมาณขยะที่ใช้ผลิตพลังงานแล้วของแต่ละพื้นที่ สาหรับ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ที่ไม่มีการจัดเก็บและ/หรือกำจัดขยะ รวมทั้ง อปท. ที่ไม่มีข้อมูลปริมาณขยะที่จัดเก็บได้และนำไปกำจัดนั้น ประมาณการปริมาณขยะที่มีศักยภาพ

ในการนามาผลิตพลังงาน เท่ากับร้อยละ 50 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละ พื้นที่ซึ่งโดยสรุป พบว่าในปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณขยะที่ใช้ผลิตพลังงานแล้วทั่วประเทศ 3,186 ตันต่อวัน และ ยังคงมีปริมาณขยะที่เหลืออยู่จริงในพื้นที่ หรือปริมาณขยะที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตพลังงานรวม 33,355 ตันต่อวัน

2.4.3 ศักยภาพในการผลิตพลังงานจากขยะชุมชนรายภูมิภาค

ปริมาณขยะที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตพลังงาน และศักยภาพพลังงานขยะ เป็นรายจังหวัด ซึ่งมีที่มาจากการคำนวณโดยกำหนดให้ ดังแสดงในตารางที่ 1 ปริมาณขยะที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงาน 70 ตันต่อวัน สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1 MW ซึ่งการคำนวณศักยภาพพลังงานขยะในรูปของศักยภาพการผลิตไฟฟ้าข้างต้น เป็นเพียงประมาณการศักยภาพของพลังงานขยะของประเทศในภาพรวมเท่านั้น ทั้งนี้การผลิตพลังงานจากขยะ หรือการแปรรูปขยะเป็นไฟฟ้านั้นจะต้องขึ้นกับ ความเหมาะสมหลายประการ เช่น ปริมาณและองค์ประกอบขยะ ความพร้อมของพื้นที่/สายส่งไฟฟ้าและความเหมาะสมทางด้านการลงทุน เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ปริมาณขยะที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานและศักยภาพของพลังงานขยะรายภูมิภาคปรับปรุงจาก (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559)

ภูมิภาค	ปริมาณขยะที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงาน(ตัน/วัน)	ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า (MW)
ภาคตะวันออก	3,352	47.89
ภาคใต้	4,617	65.96
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	11,128	63.68
ภาคเหนือ	14,259	298.98
รวมทั้งประเทศ	**33,356**	**476.51**

2.4.4 พื้นที่ศักยภาพในการผลิตพลังงานจากขยะ ตาม (ร่าง) แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ (พ.ศ. 2559 – 2564)

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยกรมควบคุมมลพิษ ได้จัดทำร่างแผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ (พ.ศ. 2559 – 2564) ซึ่งเป็นไปตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการจัดระบบบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2557 และสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 เพื่อใช้เป็นกรอบนโยบายการบริหารจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายในภาพรวมของประเทศ และบูรณาการการดำเนินงานร่วมกันของ

หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และประชาชน โดยมีแนวคิดในการจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายที่สำคัญ คือ ลดการเกิดของเสียหรือขยะมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด นำของเสียกลับมาใช้ซ้ำและใช้ประโยชน์ใหม่ รวมทั้งลดปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยเพื่อให้เกิดการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืน ส่วนขยะมูลฝอยที่เหลือจากการคัดแยกนำไปใช้ประโยชน์ใหม่ จะส่งเสริมให้นำไปแปรรูปผลิตพลังงาน โดยส่งเสริมให้ภาคเอกชนหรือรัฐวิสาหกิจมาลงทุนโดยแนวทางปฏิบัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดและใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอยฯ แนวทางหนึ่ง คือ การจัดให้มีศูนย์กาจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มพื้นที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่อยู่ใกล้เคียงกัน เพื่อสร้างระบบจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน เน้นการนาขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ เช่น ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ก๊าซชีวภาพ แปรรูปผลิตพลังงาน เป็นต้น โดยการแบ่งกลุ่มพื้นที่ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขนาด ดังต่อไปนี้

1) กลุ่มพื้นที่ขนาดใหญ่ (Model L) เป็นพื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีเทศบาลนคร เทศบาลเมืองหรือองค์การบริหารส่วนจังหวัดเป็นหน่วยงานหลักในการขับเคลื่อน มีปริมาณขยะมูลฝอยรวมกันมากกว่า 300 ตัน/วัน/กลุ่มพื้นที่ และรัศมีการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยไม่เกิน 50 กิโลเมตร

2) กลุ่มพื้นที่ขนาดกลาง (Model M) เป็นพื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่ ชุมชนขนาดกลาง ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีเทศบาลเมืองเป็นหน่วยงานหลักในการขับเคลื่อน มีปริมาณขยะมูลฝอยรวมกันอยู่ระหว่าง 50 – 300 ตัน/วัน/กลุ่มพื้นที่ และรัศมีการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยไม่เกิน 50 กิโลเมตร

3) กลุ่มพื้นที่ขนาดเล็ก (Model S) เป็นพื้นที่ชุมชนขนาดเล็ก หรืออยู่ห่างไกลที่ต้องดำเนินการจัดการกำจัดขยะในพื้นที่/จัดการเบื้องต้นก่อน ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีเทศบาลตำบลหรือองค์การบริหารส่วนตำบลเป็นหน่วยงานหลักในการขับเคลื่อน มีปริมาณขยะมูลฝอยรวมกันน้อยกว่า 50 ตัน/วัน/กลุ่มพื้นที่ และรัศมีการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยไม่เกิน 30 กิโลเมตร

ทั้งนี้กระทรวงมหาดไทยจังหวัดและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถพิจารณากำหนดกลุ่มพื้นที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (Cluster) เพื่อรองรับการจัดตั้งศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมได้ตามความเหมาะสมและความพร้อม และการยอมรับของประชาชนโดยการจัดตั้งศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมและรับการจัดขยะมูลฝอยที่เหลือจากการคัดแยกและนำไปใช้ประโยชน์แล้วจากท้องถิ่นในพื้นที่และใกล้เคียง โดยมีรูปแบบดังต่อไปนี้

1) รูปแบบ Model L รองรับปริมาณขยะมูลฝอย ตั้งแต่ 300 ตัน/วัน ขึ้นไปจัดทำระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน นำขยะมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด และ/หรือแปรรูปขยะมูลฝอยไปเป็นพลังงานเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และขยะมูลฝอยที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ นำไปกำจัดโดยการฝังกลบให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ และส่งเสริมภาคเอกชนหรือรัฐวิสาหกิจลงทุนหรือร่วมลงทุน

2) รูปแบบ Model M รองรับปริมาณขยะมูลฝอย ตั้งแต่ 50 – 300 ตัน/วันจัดทำระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน ทำปุ๋ยหรือแปรรูปเป็นพลังงาน เช่น ก๊าซชีวภาพ ผลิตกระแสไฟฟ้า

และขยะมูลฝอยที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ นำไปกำจัดโดยการฝังกลบให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ และส่งเสริมภาคเอกชนหรือรัฐวิสาหกิจลงทุนหรือร่วมลงทุนตามความเหมาะสม

3) รูปแบบ Model S รองรับปริมาณขยะมูลฝอย น้อยกว่า 50 ตัน/วันจัดทำระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน โดยนำขยะมูลฝอยที่เหลือจากการคัดแยกไปฝังกลบและ/หรือนำขยะมูลฝอยที่ผ่านการคัดแยกไปใช้ประโยชน์อื่น เช่น ทำปุ๋ย

<u>พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเป็นศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเพื่อแปลงเป็นพลังงาน</u>

พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเป็นศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเพื่อแปลงเป็นพลังงาน คือพื้นที่ที่มีความพร้อมในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากการแปรรูปขยะมูลฝอย โดยเป็นกลุ่มพื้นที่ที่มีปริมาณขยะมูลฝอยเข้าสู่ระบบมากกว่า 300 ตัน/วัน ซึ่งพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเป็นศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมเพื่อแปรรูปเป็นพลังงานในเบื้องต้น ปัจจุบันเปิดดำเนินการเตาเผาขยะมูลฝอยและพลังงานแล้ว จำนวน 2 แห่ง คือ เทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต และเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 25.7 เมกกะวัตต์ พื้นที่ที่อยู่ระหว่างการก่อสร้าง จำนวน 3 แห่ง คือ กรุงเทพมหานคร เทศบาลนครขอนแก่น เทศบาลตำบลแม่ขรี จังหวัดพัทลุง และองค์การบริหารส่วนจังหวัดหนองคาย ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 15.8 เมกกะวัตต์ และพื้นที่อื่นๆ ซึ่งอยู่ระหว่างการเจรจากับภาคเอกชน ทั้งนี้ พื้นที่ศักยภาพบางแห่งหากยังไม่สามารถผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยได้โดยตรง แต่สามารถคัดแยกขยะมูลฝอยเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF และส่งไปขายเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ โดยหากสามารดำเนินการในพื้นที่ศักยภาพฯ ดังกล่าว จะสามารถกำจัดขยะมูลฝอยได้อย่างน้อย 23,578 ตัน/วัน หรือร้อยละ 32.86 ของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 71,753 ตัน/วัน ผลิตไฟฟ้าได้ 325.11 เมกกะวัตต์ ซึ่งคาดว่าองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะมีความพร้อมและความสามารถแปรรูปขยะมูลฝอยเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างน้อย 15 แห่ง ภายในปี พ.ศ. 2559 โดยมีภาคเอกชน/รัฐวิสาหกิจลงทุนหรือร่วมลงทุน ทั้งนี้ จังหวัด/องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถดำเนินการในพื้นที่อื่นนอกเหนือจากพื้นที่ศักยภาพฯ 53 แห่ง ได้หากเห็นว่ามีความเหมาะสม และหากเอกชน/รัฐวิสาหกิจมีความพร้อมเข้ามาลงทุนหรือร่วมลงทุน และมีความพร้อมด้านพื้นที่หรือสายส่งไฟฟ้า

<u>พื้นที่ที่มีศักยภาพในการแปรรูปขยะมูลฝอยเพื่อผลิตเชื้อเพลิง RDF</u>

พื้นที่ที่มีศักยภาพในการแปรรูปขยะมูลฝอยเพื่อผลิตเชื้อเพลิง RDF ในเบื้องต้น มีจำนวน 90 แห่ง ทั้งนี้หากสามารถดำเนินการในพื้นที่ศักยภาพฯ ดังกล่าวได้ทั้ง 90 แห่ง จะสามารถกำจัดขยะมูลฝอยได้ 16,764 ตัน/วัน หรือร้อยละ 23.36 ของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 71,753 ตัน/วัน

2.5 เทคโนโลยีพลังงานทดแทนจากขยะ

2.5.1 การนำขยะมูลฝอยมาผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel: RDF)

การเปลี่ยนขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงานนั้น ทำได้โดยการนำขยะมูลฝอยมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง เรียกว่าขยะเชื้อเพลิง (Refused Derived Fuel) หรือเรียกสั้นๆว่า RDF (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559) สำหรับในประเทศไทย ปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยในชุมชนเมืองและในเขตเทศบาลต่าง ๆ เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงและสะสมมาช้านาน ในปัจจุบันประเทศไทยมีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นวันละ 73,366 ตัน (ทิ้งลงถังขยะมูลฝอยวันละ 39,149 ตัน) หรือเกิดขึ้นปีละ 26.78 ล้านตัน (ทิ้งลงถังขยะมูลฝอยปีละ 14.29 ล้านตัน) เมื่อเก็บมาแล้วส่วนใหญ่ใช้วิธีเทกองทำให้หลายพื้นที่มีปัญหาทั้งในด้านทัศนียภาพ กลิ่น น้ำเสีย และแหล่งเพาะพันธุ์แมลงวัน จนทำให้ประชาชนต่อต้านการดำเนินงานฝังกลบขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ทำให้สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยต้องปิดลงไปหลายแห่งหรือเลิกโครงการบางเทศบาลได้รับงบประมาณใหม่แต่ก็ยังไม่สามารถสร้างหลุมฝังกลบได้เพราะถูกต่อต้าน ทำให้สถานที่ที่จะทิ้งขยะมูลฝอยลดน้อยลงทุกทีผลิตภัณฑ์ขยะเชื้อเพลิง (RDF) เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาช่วยแก้ไขปัญหาการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศไทย ซึ่งจะทำให้ลดพื้นที่การฝังกลบให้น้อยลง แต่เพิ่มอัตราการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ให้มากขึ้น นอกเหนือจากการนำวัตถุต่างๆ กลับมารีไซเคิล ในปัจจุบันการผลิตผลิตภัณฑ์ขยะเชื้อเพลิง (RDF) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ยังมีน้อยมาก เนื่องมาจากยังขาดข้อมูล การใช้งานและความต้องการของผู้ใช้ในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม ทั้งในด้านคุณภาพ คุณลักษณะ และราคาตลอดจนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ประกอบกับยังไม่มี การรวบรวมข้อมูลแหล่งวัตถุดิบที่มีศักยภาพที่สามารถนำขยะมูลฝอยมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอยได้การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตขยะมูลฝอยเชื้อเพลิง (RDF) มุ่งเน้นในเรื่องค่าความร้อนที่สูงและสารพิษที่ต่ำ โดยเฉพาะโลหะหนักและคลอรีน ปัจจัยด้านคุณภาพดังกล่าวส่งผลต่อความสำเร็จและความล้มเหลวของการพัฒนา การผลิต และการใช้ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอย รวมทั้งการควบคุมการใช้งานของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง

1) ประเภทของ RDF ปัจจุบันมีเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากขยะมูลฝอยในหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ผลิตโดยสมาคมการทดสอบวัสดุของอเมริกา หรือ The American Society for Testing and Material (ASTM) ได้แบ่งประเภทของเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอยออกเป็น 7 ประเภท *RDF 1* คือ RDF ที่มีการนำมาใช้ในรูปเดิมๆของขยะมูลฝอยที่ถูกทิ้งมา แต่อาจมีการแยกขยะมูลฝอยที่เผาไหม้รวมทั้งขยะมูลฝอยที่ขนาดใหญ่ออกก่อน *RDF 2 (Coarse RDF)* คือ RDF ที่ผ่านกระบวนย่อยขนาดให้มีขนาดหยาบ ๆโดยจะมีการคัดแยกโลหะที่เจือปนด้วยเหล็กออกหรือไม่ก็ได้ โดยทั่วไป จะมีขนาดประมาณไม่เกิน 6 นิ้ว *RDF 3 (Fluff*

RDF) คือ RDF ที่ผ่านกระบวนการคัดแยกโลหะ แก้ว และวัสดุประเภทอนินทรีย์ออก จากนั้นนำมาบดหรือตัดให้มีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว *RDF 4 (Powder RDF)*คือ RDF ที่ผลิตจากขยะมูลฝอยที่เผาไหม้ได้ ผ่านกระบวนการทำให้อยู่ในรูปของฝุ่นแป้ง โดยทั่วไปมีขนาดเล็กกว่า 0.035 นิ้ว *RDF 5 (Densified RDF)* คือ RDF ที่ผลิตจากขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ และนำมาผ่านกระบวนการอัดแท่ง โดยให้มีความหนาแน่นมากกว่า 600 kg/m3 *RDF 6 (Slurry RDF)* คือ RDF ที่ผลิตจากขยะมูลฝอยส่วนที่สามารถเผาไหม้ได้ โดยผ่านกระบวนการให้อยู่ในรูปของเชื้อเพลิงเหลว *RD F 7 (RDF syn-gas)* คือ RDF ที่ผลิตจากมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ นำมาผ่านกระบวนการเพื่อให้อยู่ในรูปของแก๊ส

2) การผลิต RDF จากขยะมูลฝอยโดยทั่วไป ขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมมาจะถูกคัดเลือกส่วนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น โลหะ อลูมิเนียม และ แก้ว แล้วนำไปสู่ระบบการรีไซเคิล และคัดแยกเศษอาหาร/ขยะอินทรีย์ที่มีความชื้นและขี้เถ้าสูงออก ซึ่งขยะย่อยสลายได้/ขยะอินทรีย์จะถูกดำเนินการไปตามกระบวนการบำบัด เช่น การนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ การหมักทำปุ๋ย การนำไปผลิตสารปรับปรุงคุณภาพดิน (Soil Conditioner) หรือการนำไปฝังกลบในกระบวนการทำ RDF เศษขยะมูลฝอยชิ้นใหญ่หรือขยะมูลฝอยหยาบ เช่นเศษไม้ จะถูกคัดทิ้งหรือนำไปเข้าเครื่องตัดหรือบดย่อยขนาด สำหรับขยะมูลฝอยชิ้นปานกลาง เช่น กระดาษ พลาสติก การ์ด เสื้อผ้า เครื่องใช้และสิ่งทอ ที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการเผาไหม้โดยตรงเป็นเชื้อเพลิงหยาบ (Coarse RDF; c-RDF) หรืออาจจะนำมาอบแห้งแล้วอัดเป็นก้อนเพื่อทำเป็น RDF ก้อน หรือ (Densified RDF; d-RDF) ซึ่งการพิจารณาว่าจะทำเป็นเชื้อเพลิงชนิดใดนั้น ขึ้นอยู่กับสถานที่ที่ดำเนินการและเครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยีที่รองรับปลายทางในการเผา ปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการผลิต RDF จากขยะมูลฝอยชุมชนที่ใช้กันมากอยู่ 3 วิธี คือกระบวนการบำบัดโดยวิธีชีวภาพ-เชิงกล (Mechanical-Biological Treatment: MBT), กระบวนการบำบัดโดยการทำให้เสถียรแบบแห้ง (Dry stabilization process), กระบวนการพื้นฟูบ่อฝังกลบเพื่อนำเศษขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ (Landfill mining)

2.5.2 เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration)

การกำจัดขยะมูลฝอยโดยใช้เตาเผา (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559) เป็นกระบวนการเผาไหม้ขยะมูลฝอยที่ใช้อากาศมากกว่าความต้องการอากาศในการเผาไหม้ทางทฤษฎี (Stoichiometric Condition) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ความร้อน (Heat) ซึ่งสามารถใช้งานกับหม้อต้มไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ และสามารถกำจัดปริมาณขยะมูลฝอยได้ประมาณร้อยละ 80-90 โดยต้องมีการออกแบบเตาเผาให้เหมาะสมกับปริมาณและ องค์ประกอบของ

ขยะมูลฝอยและปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ ค่าความชื้น และค่าความร้อนของขยะมูลฝอย ซึ่งมีการผันแปรตามฤดูกาล และลักษณะองค์ประกอบของขยะมูลฝอย นอกจากนี้ ปัญหามลภาวะเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญ โดยเฉพาะมลภาวะทางอากาศ การปนเปื้อนของขยะอันตรายจากครัวเรือนไม่เพียงแต่จะก่อให้เกิดการปลดปล่อยสารพิษดังกล่าวออกสู่บรรยากาศ แต่อาจก่อสารพิษค้างในขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ ซึ่งต้องนำไปตรวจสอบก่อนดำเนินการต่อไป

1) หลักการทำงานของเตาเผาขยะมูลฝอย

- ระบบรองรับขยะมูลฝอย ประกอบด้วย การลดขนาด การคัดแยก และการตรวจสอบขยะมูลฝอย
- หลุมรองรับขยะมูลฝอย (Unloading and Hopper for Waste) เพื่อให้มีการผสมขยะมูลฝอยให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวและลดความชื้นก่อนที่จะป้อนเข้าสู่เตาเผา
- ระบบป้อนขยะมูลฝอย (Feeding System) ขยะมูลฝอยที่ถูกผสมเข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจะถูกป้อนเข้าสู่เตาเผาทางช่องป้อน
- ระบบเตาเผาขยะมูลฝอย มีหลายแบบแต่ที่นิยมใช้แพร่หลายในการเผาขยะมูลฝอย มี 3 แบบ คือ

เตาเผาแบบตะกรับ (Stoker-Fired or grate-Fired Incinerator) เป็นเตาเผาที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ขยะมูลฝอยจะถูกป้อนเข้าไปในเตาเผาแล้วเคลื่อนตัวไปตามการเคลื่อนที่ของแผงตะกรับ โดยมีอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้เป่าเข้าทางด้านล่างของตะกรับ ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะไหลขึ้นด้านบนแล้วไปแลกเปลี่ยนความร้อนในเครื่องกำเนิดไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้แล้วจะเคลื่อนตัวตามตะกรับแล้วตกออกมาจากเตาเผาเป็นขี้เถ้าซึ่งสามารถนำไปฝังกลบได้ วิธีการเผาใช้อากาศมากเกินพอ (Excess Air) และอาจใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเสริมในการเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิในเตาเผาประมาณ 850-1,200 องศาเซลเซียส เตาเผาประเภทนี้เป็นเตาเผาที่เหมาะสมกับขยะมูลฝอยที่มีปริมาณมากคือ 6 ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป หรือ 150 ตันต่อวันการนำเตาเผาชนิดมีแผงตะกรับมาใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยควรคำนึงถึงข้อดี และข้อจำกัดของเตาเผาชนิดนี้

เตาเผาฟลูอิดไดส์เบด (Fluidized Bed Incinerator) เป็นการเพิ่มความเร็วให้กับอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ให้สูงพอที่จะทำให้ตัวขยะเกิดการลอยตัวบนวัสดุตัวกลางมีสภาพเหมือนของไหล การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในขณะที่ขยะมีสภาพเป็นของไหลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลได้ ในทางปฏิบัติจะมีการใส่ตัวกลางที่ใช้ในเตาเผาเป็นแร่ควอทซ์หรือทรายแม่น้ำขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร ขยะมูลฝอยจะต้องถูกย่อยให้มีขนาดเล็ก ตัวกลางและขยะมูลฝอยจะถูกกวนผสมกันในเตาและเผาไหม้โดยใช้อากาศมากเกินพอ (excess air) ใช้อุณหภูมิ

ประมาณ 850-1,200 องศาเซลเซียส เตาเผาประเภทนี้เหมาะกับปริมาณขยะมูลฝอยขนาด 1-5 ตันต่อชั่วโมง หรือ 25-100 ตันต่อวัน ทั้งนี้เตาเผาชนิดใช้ตัวกลางนำความร้อนมีข้อดีและข้อจำกัด

เตาเผาชนิดควบคุมการเผาไหม้ (Controlled-Air Incinerator) เป็นเตาเผาที่แบ่งการเผาไหม้เป็น 2 ขั้นตอน ในขั้นแรกซึ่งเกิดขึ้นในห้องเผาไหม้แรก (primary combustion chamber) จะควบคุมการเผาไหม้ขยะมูลฝอยในสภาวะไร้อากาศหรือใช้อากาศค่อนข้างน้อย (Starved air) ที่อุณหภูมิประมาณ 450 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์แต่จะเป็นก๊าซเชื้อเพลิงและไหลเข้าไปเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ที่สอง (secondary combustion chamber) ในสภาวะอากาศมากเกินพอ (excess air) และอาจใช้น้ำมันเชื้อเพลิงด้วย อุณหภูมิในเตาเผาประมาณ 1,000-1,200 องศาเซลเซียส เตาเผาประเภทนี้ใช้กับขยะมูลฝอยที่มีปริมาณน้อย คือ ไม่เกิน 1 ตันต่อชั่วโมงหรือ 10 ตันต่อวัน ทั้งนี้เตาเผาชนิดควบคุมการเผาไหม้มีข้อดีและข้อด้อยซึ่งควรนำมาพิจารณาประกอบการเลือกใช้งาน

- ระบบนำเถ้าออก (Ash and Clinker Removal System) เถ้าที่เกิดจากการเผาไหมในเตาเผาจะถูกเก็บและขนส่งด้วยระบบลำเลียง ซึ่งสามารถร่อนคัดแยกและใช้ในการทำเป็นวัสดุรองพื้นในการก่อสร้างถนนหรือเพื่อการก่อสร้าง เถ้าส่วนที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้จะถูกคัดออกและนำไปฝังกลบแบบถูกตามหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)
- ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ (Air Pollution Control System) จะขึ้นอยู่กับระดับสาร-มลพิษที่เกิดจากการกำจัดขยะมูลฝอย ซึ่งมีหลากหลายชนิดทั้งที่มีพิษเล็กน้อยจนถึงมีพิษหรืออันตรายสูงสุด และที่สำคัญได้แก่ กลิ่น ฝุ่นละออง คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ (กรณีเผาไหม้ไม่สมบูรณ์) ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของซัลเฟอร์ ไฮโดรคาร์บอนไดออกซิน โลหะหนัก เถ้าหนัก เถ้าเบา และน้ำเสีย เป็นต้น
- ปล่องระบายไอเสีย (Stack) ไอเสียที่ผ่านการบำบัดจะถูกระบายออกทางปล่องระบายไอเสียความสูงของปล่อง ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาของที่ตั้งเตาเผาขยะมูลฝอย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.3 เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบใช้อากาศ (Aerobic Digestion)

เป็นการใช้จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพ (ปาเก, 2556) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ซึ่งโดยทั่วไปจะได้ก๊าซชีวภาพประมาณ 100-200 ลบ.ม.ต่อตันของขยะมูลฝอยอินทรีย์ โดยมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบประมาณ 55-70 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพประมาณ 5.5-7.0 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลบ.ม. หรือคิดเป็นพลังงานที่ผลิตได้เท่ากับ 0.55 - 0.70 เมกกะวัตต์ ชั่วโมงต่อตันของขยะมูลฝอยอินทรีย์

กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพเกิดในสภาวะที่ไร้อากาศ ซึ่งอาศัยการทางานของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic bacteria) กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาชีวเคมีหลายขั้นตอน ประกอบด้วย 4 ปฏิกิริยาหลัก คือ

ขั้นที่1 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

ขั้นที่ 2 ปฏิกิริยาอะซิโดเจนนิซิส (Acidogenesis)

ขั้นที่ 3 ปฏิกิริยาอะซิโตเจนนิซิส (Acetogenesis)

ขั้นที่ 4 ปฏิกิริยาเมทาโนเจนนิซิส (Methanogenesis)

2.5.4 เทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (Municipal Solid Waste Gasification)

กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (Gasification) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559) เป็นกระบวนการแปรรูปขยะชมชนให้เกิดก๊าซด้วยปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ (Partial Combustion) กล่าวคือสารอินทรีย์ในขยะชุมชนจะทำปฏิกิริยากับอากาศ หรือออกซิเจนปริมาณจำกัด ทำให้เกิดก๊าซซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน เรียกว่า producer gas ในกรณีที่ใช้อากาศเป็นก๊าซทำปฏิกิริยาก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีค่าความร้อนประมาณ 3–5 MJ/Nm^{3}แต่ถ้าใช้ออกซิเจนเป็นก๊าซทำปฏิกิริยา ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมี ค่าความร้อนสูงกว่าคือ ประมาณ 15–20 MJ/Nm^3

1) กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification Process) กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงแข็งประกอบไปด้วยกระบวนการสลายตัว (Decomposition) และกระบวนการกลั่นสลาย (Devolatilization) ของโมเลกุลสารอินทรีย์ในขยะชุมชนที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1200–1400 ºC ในบรรยากาศที่ควบคุมปริมาณออกซิเจนเพื่อผลิตสารระเหยและถ่านชาร์ (Char) ในขั้นตอนของกระบวนการกลั่นสลายหรือที่เรียกว่าไพโรไลซิส (Pyrolysis) ชีวมวลจะสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารระเหย เช่น มีเทนและส่วนที่เหลือยังคงสภาพของแข็งอยู่เรียกว่า ถ่านชาร์สารระเหยจะทำปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ต่อที่อุณหภูมิสูงหรือปฏิกิริยาทุติยภูมิ (Secondary Reaction) ในขณะที่ถ่านชาร์จะถูกgasified ต่อโดยอากาศ ออกซิเจนหรือไอน้ำได้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง

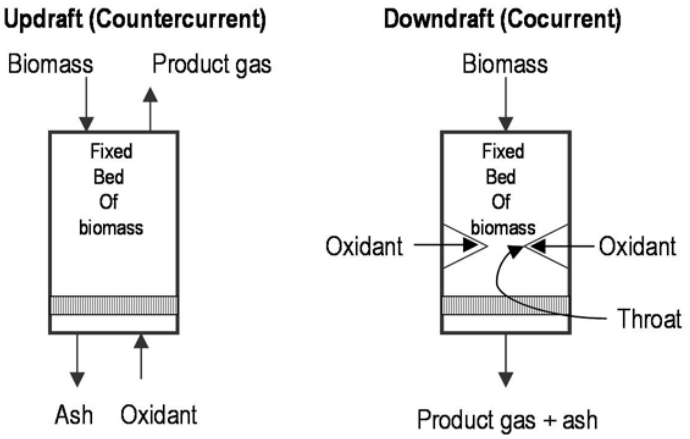
2) ชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier แบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้ แบบ Downdraft, แบบ Updraft, แบบ Cross Current และแบบ Fluid Bed Gasifier

Updraft Gasifier เครื่องปฏิกรณ์แบบนี้เป็นแบบที่ใช้เริ่มแรกและเป็นแบบที่ง่ายที่สุด เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของเครื่องและอากาศจะถูกส่งผ่านตะแกรงเข้ามาทางด้านล่าง เกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงขึ้นที่ Combustion Zone เมื่ออากาศผ่านเข้าไป จะเกิดปฏิกิริยาขึ้น ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ก๊าซร้อนที่ผ่านมาจาก Combustion Zone จะมีอุณหภูมิสูงและจะถูก

ส่งผ่านไปยัง Reduction Zone ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนมากเพียงพอที่จะก่อให้เกิดปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเกิดเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจน หลังจากนั้นก๊าซที่ได้จะไหลเข้าสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในชั้นของเชื้อเพลิง และกลั่นในช่วงอุณหภูมิ 200-500 °C หลังจากนั้นก๊าซก็จะไหลเข้าสู่ชั้นของเชื้อเพลิงที่ชื้นก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft Gasifierมีอุณหภูมิไม่สูงนัก และมีปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนและน้ำมันทาร์มาก (อาจมีมากถึง 20% ของน้ำมันทาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิสชีวมวล) ทำให้มีค่าความร้อนมาก จึงจำเป็นต้องมี หน่วยทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงก่อนนำเชื้อเพลิงไปหมุนกังหันก๊าซ ข้อดีหลักของเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft Gasifier คือ ติดตั้งง่ายและมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง

Downdraft Gasifier เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier แบบนี้ออกแบบมาเพื่อขจัดน้ำมันทาร์ในก๊าซเชื้อเพลิงโดยเฉพาะ อากาศจะถูกดูดผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง ผ่านกลุ่มของหัวฉีด (Tuyers) ก๊าซที่ได้จาก Combustion zone จะถูก Reduced ในขณะที่ไหลลงสู่ด้านล่างผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อน ขณะเดียวกันในชั้นของเชื้อเพลิงที่อยู่ทางด้านบนของโซน Combustion จะมีปริมาณออกซิเจนน้อยมากทำให้เกิดการกลั่นสลาย และน้ำมันทาร์ที่เกิดจากการกลั่นสลายจะไหลผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อนทำให้น้ำมันทาร์เกิดการแตกตัวเป็น ก๊าซซึ่งการแตกตัวนี้จะเกิดที่อุณหภูมิคงที่ในช่วงระหว่าง 800–1,000 °C ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 1,000 °C ปฏิกิริยาดูดความร้อนจะทำให้ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิต่ำลง แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิดังกล่าวปฏิกิริยาคายความร้อนจะทำให้ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซที่ผ่านโซน Combustion จะมีส่วนประกอบของน้ำมันทาร์ลดลงเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10 ของน้ำมันทาร์ที่ได้จาก Updraft Gasifierและก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะสะอาดกว่า และมีความน่าเชื่อถือสำหรับเชื้อเพลิงแห้ง (มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 30) เครื่องปฏิกรณ์แบบ Downdraft Gasifierจึงเหมาะกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดเล็กที่มีเครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีขนาดกำลังการผลิตไม่เกิน 500 kg h^{-1} หรือ 500 kWe

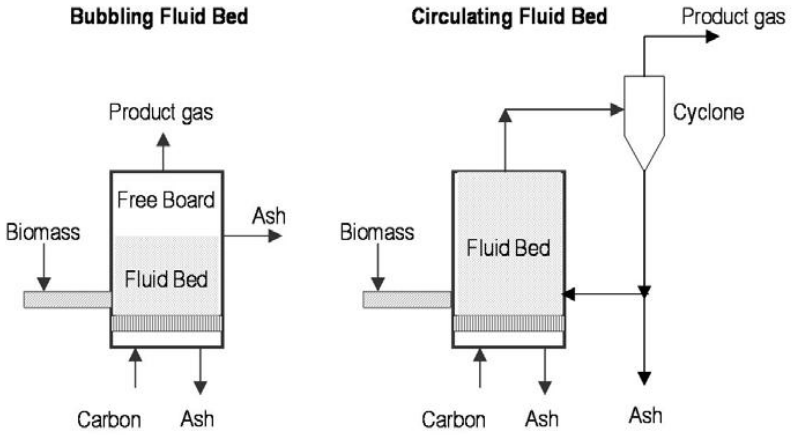
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.6 Fixed-Bed Gasifier Types

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559)

Fluid bed Gasifier การทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ที่กล่าวมาข้างต้น เป็นการทำงานของกระบวนการในระบบซึ่งจะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาเคมีและสภาพทางฟิสิกส์ของเชื้อเพลิงโดยจะเกิดปัญหาของ Slag ที่เกิดขึ้นมากเกินไป จึงก่อให้เกิดการอุดตันในเครื่องปฏิกรณ์บ่อยครั้ง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier ขึ้น เครื่องปฏิกรณ์แบบนี้ อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิง เมื่อเราเพิ่มความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านสูงจนกระทั่งทำให้เชื้อเพลิงที่วางอยู่เริ่มลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายกับของไหล ภายในเครื่องปฏิกรณ์ จะใส่วัสดุเฉื่อย (Inert Material) ซึ่งอาจเป็น ทราย อลูมิน่าหรือออกไซด์ของโลหะที่ทนความร้อนสูงและไม่เกิดการหลอมรวมตัวกัน โดยมีแผ่นที่เจาะรูมารองรับตัวกลาง เหล่านี้ที่ตอนล่างของเครื่องปฏิกรณ์ แผ่นที่เจาะรูนี้จะช่วยทำให้เกิดการกระจายตัวแบบฟลูอิดไดเซชันอย่างทั่วถึงของเบดโดยการผ่านอากาศหรือออกซิเจนเข้าสู่ตอนล่างของแผ่นรองรับ ซึ่งความเร็วของอากาศหรือออกซิเจนที่ผ่านเข้าไปต้องมีค่าที่เหมาะสมที่ทำให้ตัวกลางมีสภาพแขวนลอย (Suspension)ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifierจะมีปริมาณน้ำมันทาร์อยู่ระหว่างก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft Gasifier และ Downdraft Gasifier



รูปที่ 2.7 Principles of Single and Circulating Fluid Bed Gasifiers
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559)

2.6 การวิเคราะห์ผลตอบแทนด้านการลงทุน

จุดประสงค์สำคัญในการศึกษาด้านการเงิน คือ ต้องทราบว่าโครงการลงทุนมีความสามารถการด้านการเงินอย่างไร (Financial Viable) โดยพิจารณาจากผลตอบแทนการลงทุนว่าเป็นอย่างไร และการดำเนินงานสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลากี่ปี ในเรื่องนี้โดยทั่ว ๆ ไป จะมีการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน 3 ประการคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนการลงทุน และ ระยะเวลาคืนทุน (คณะกรรมการกลุ่มผลิตชุดวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์เพื่อการจัดการ, 2534)

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ ได้จากการนำค่ากระแสเงินสดสุทธิในแต่ละปี (ตลอดอายุโครงการ) มาเทียบให้เป็นมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิโดยใช้อัตราส่วนลดที่กำหนดขึ้น กระแสเงินสดสุทธิที่จะนำมาเทียบเป็นมูลค่าปัจจุบันจะคำนวณตั้งแต่ปีที่คาดว่าจะเริ่มดำเนินการ โดยคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_N}{(1+r)^N} \quad (2.1)$$

$$= \sum_{t=0}^{N} \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

อัตราส่วนลดควรมีค่าเท่ากับดอกเบี้ยเงินกู้ในระยะยาว หรือเท่ากับดอกเบี้ยที่ได้จากการให้กู้ยืม หรือเท่ากับดอกเบี้ยสูงสุดของเงินฝาก เป็นต้น แต่เนื่องจากดอกเบี้ยจำนวนนี้ไม่คงที่ อัตราส่วนลดจะเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงโอกาสของการลงทุน นั่นคือความสามารถที่เงินลงทุนในโครงการจะคืนทุนมาให้ผู้ลงทุนได้ เมื่อเทียบกับการนำเงินไปลงทุนในแหล่งต่าง ๆ กัน หรืออาจจะสรุปได้ว่าอัตราส่วนลดควรจะมีค่าอย่างน้อยที่สุดมากกว่าอัตราดอกเบี้ย ที่ผู้ลงทุนคิดว่าถ้าได้รับดอกเบี้ยเท่าจำนวนนี้ก็ไม่มีประโยชน์ที่จะลงทุนในโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจ ในกรณีที่ที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 0 หรือมากกว่า จะรับโครงการลงทุนนั้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือจะรับโครงการลงทุนที่มีมูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับเท่ากับหรือมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของเงินสดจ่าย ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ แสดงว่าโครงการนั้นไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนการลงทุน เป็นอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับหรือมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินจ่าย หรือ อัตราผลตอบแทนการลงทุนเป็นอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของรายรับจากโครงการเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของการลงทุน ดังนั้น มูลค่าปัจจุบันสุทธิจึงเท่ากับศูนย์

ขั้นตอนของการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนการลงทุนเหมือนกับการคำนวณหามูลค่าปัจจุบัน เราใช้สมการในการคำนวณเหมือนเดิม แต่แทนที่จะกำหนดอัตราดอกเบี้ยขึ้นมา เราจะหาอัตราดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันเป็นศูนย์ อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราส่วนลดตัวนี้เรียกว่าอัตราผลตอบแทนภายใน และจะเป็นตัวเลขที่บอกผลกำไรของโครงการ

ในกรณีที่มีสินค้าคงคลังซึ่งยังไม่ได้ขาย แต่จะขายในเวลาต่อไป มูลค่าของสินค้าคงคลังนี้จะถือเป็นรายได้ในปีที่ทำการผลิต ไม่ใช่ปีที่ขายได้ ซึ่งคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+irr)^1} + \frac{CF_2}{(1+irr)^2} + \dots + \frac{CF_N}{(1+irr)^N} \quad (2.2)$$

$$= \sum_{t=0}^{N} \frac{CF_t}{(1+irr)^t} = 0$$

เกณฑ์การตัดสินใจ จากอัตราผลตอบแทนการลงทุนที่คำนวณได้ ให้นำไปเปรียบเทียบกับผลตอบแทนขั้นต่ำที่ธุรกิจจะยอมรับในการลงทุนได้ หรืออัตราดอกเบี้ยของสถาบันการเงิน ถ้าอัตราผลตอบแทนการลงทุนที่คำนวณได้สูงกว่า ถือเป็นโครงการที่คุ้มค่าต่อการลงทุน เช่น ควรจะสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยของบรรษัทเงินทุน หรือสถาบันการเงินต่าง ๆ หรือสูงกว่าหรือเท่ากับอัตราผลตอบแทนการลงทุนที่ถูกกำหนดเอาไว้

3) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

เป็นที่ทราบกันดีว่า หากการดำเนินงานได้รับผลตอบแทนคุ้มกับจำนวนเงินที่ลงทุนได้รวดเร็วก็จะเป็นการดีมากขึ้นเท่านั้น เพราะโอกาสเสี่ยงต่อการขาดทุนในอนาคตมีน้อยลง และอีกประการหนึ่งผู้ลงทุนสามารถนำเงินลงทุนที่ถอนคืนมาได้นี้ ไปลงทุนหาผลประโยชน์ในกิจการอย่างอื่นต่อไป

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนคือ จำนวนปีในการดำเนินงาน ซึ่งจะทำให้มูลค่าการลงทุนสะสมเท่ากับมูลค่าผลตอบแทนเงินสดสุทธิสะสม หรืออาจกล่าวได้ว่า ระยะเวลาคืนทุนคือ จำนวนปีในการดำเนินการ ซึ่งทำให้ผลกำไรที่ได้แต่ละปีรวมกันแล้วมีค่าท่ากับจำนวนเงินลงทุนเริ่มแรก “ผลกำไร” ในที่นี้คือ กำไรสุทธิหลังหักภาษี ดอกเบี้ย และค่าเสื่อมราคา ซึ่งคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มต้นโครงการ}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (2.3)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทราบระยะเวลาคืนทุน จะเป็นประโยชน์ในด้านการวิเคราะห์ความเสี่ยง ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางการเมืองในประเทศที่จะลงทุน หรือ ในอุตสาหกรรมซึ่งเทคโนโลยีใหม่ๆเกิดขึ้นเร็วมาก ระยะเวลาในการคืนทุนไม่ได้เป็นตัววัดความสามารถในการสร้างกำไรของโครงการ แต่จะชี้ให้เห็นถึงสภาพคล่องของโครงการเท่านั้น

2.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (เศรษฐคมกุล, 2554) คือ การวิเคราะห์ดูสถานะทางด้านการเงินของโครงการว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ ที่จะมีผลกระทบต่อโครงการ เช่น ราคาสินค้าที่จะต้องขายในราคาที่ต่ำกว่าที่คาดคะเนไว้ หรือราคาวัตถุดิบเพิ่มขึ้น เป็นต้น สิ่งเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อโครงการสามารถทำให้ผลตอบแทนการลงทุนและจุดคุ้มทุนของ

โครงการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น เพื่อไม่ให้เป็นการเล็งผลเลิศของโครงการจนเกินไป และเพื่อเป็นการลดอัตราความเสี่ยงของโครงการ จึงต้องทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ซึ่งผลที่ได้จากการทำการวิเคราะห์จะแสดงให้เห็นว่าโครงการมีความคล่องตัว และสามารถทนต่อความเสี่ยงได้มากน้อยเพียงใด

วิธีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวมีขั้นตอนเหมือนกับการวิเคราะห์ด้านการเงินของโครงการ โดยสมมุติให้มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ แล้วคำนวณผลตอบแทนที่โครงการจะได้รับใหม่ในด้านต่างๆ เช่น ผลตอบแทนการลงทุน ระยะคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ แล้วพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากปัจจัยที่สมมุติให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไป

เพื่อให้การศึกษานี้สามารถคาดการณ์ผลการวิเคราะห์ในแง่มุมที่มีปัจจัยต่างๆเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจมีผลต่อดัชนีการตัดสินใจในการลงทุน จึงศึกษาในรูปความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis) โดยให้ปัจจัยทางด้านต้นทุนและรายได้มีการเปลี่ยนแปลงได้โดยมีกรณีต่างๆ ดังนี้

กรณีที่ 1 กรณีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพิ่มขึ้น

กรณีที่ 2 กรณีที่ผลตอบแทนของโครงการลดลง

2.8 การจำลองสถานการณ์ (Simulation)

2.8.1 การจำลองสถานการณ์ หรือ การจำลองแบบปัญหา (Simulation)

เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่างๆมาตั้งแต่โบราณ (เศรษฐคมกุล, 2554) แต่ที่ได้รับความสนใจในการนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในสาขาอาชีพต่างๆในปัจจุบันเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในระยะแรกมีผู้ให้คำจำกัดความของการจำลองแบบปัญหาตามความเห็นและวิธีการนำไปใช้ประโยชน์แต่คำจำกัดความที่ยอมรับว่าสามารถครอบคลุมความหมายของการจำลองแบบปัญหาได้เหมาะสมที่สุดคือคำจัดความที่ให้โดย Shannon ให้คำจำกัดความว่าการจำลองปัญหาคือกระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้นโยบาย (Strategies) ต่างๆในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

กระบวนการการใช้ในการจำลองสถานการณ์นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การสร้างแบบจำลองส่วนหนึ่ง และการนำเอาแบบจำลองนั้นไปใช้งานเชิงวิเคราะห์อีกส่วนหนึ่ง เพื่อประโยชน์การอธิบายพฤติกรรม และ เพื่อการปรับปรงการดำเนินงานของระบบงานจริง

ในการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์จะต้องมีการคำนวณ ซึ่งมีข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์จากแบบจำลอง ดังนั้นการจัดเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูลรวมทั้งขั้นตอนต่างๆที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ จึงต้องอาศัยวิธีการต่างๆ ทางสถิติเข้าช่วย และวิธีการทางสถิติวิธีการหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากและเกือบจะมีความจำเป็นในทุก ๆ การจำลองสถานการณ์ก็คือ การสุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างด้วยเทคนิคมอนติ คาร์โล (Monte Carlo Sampling Technique) และเพื่อเน้นถึงความจำเป็นในการใช้เทคนิคดังกล่าว การจำลองสถานการณ์นี้จึงถูกเรียกว่า การจำลองสถานการณ์ด้วยเทคนิคมอนติ คาร์โล ดังนั้น เทคนิคมอนติ คาร์โล จึงเป็นวิธีหนึ่งของคณิตศาสตร์ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองสถานการณ์ (Simulation) โดยอาศัยตัวเลขสุ่ม (Random Number) มาสร้างตัวแปรให้เหมือนกับสถานการณ์จริง และมีการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้งเพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอนที่ใช้เป็นข้อสรุปหรืออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆในสถานการณ์จริงหรือช่วยหาคำตอบในเรื่องราวต่างๆ ที่ยังไม่แน่ใจในผลที่จะเกิดขึ้น

2.8.2 การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation)

ซึ่งมีวัตถุประสงค์ คือ การสร้างตัวแปรสุ่มส่วนการแจกแจงแบบต่อเนื่อง (Continuous Distribution) จะใช้กับสถานการณ์ที่มีเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ เกิดขึ้นอย่างไม่จำกัด

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์วิธีมอนติ คาร์โล มีดังนี้คือ

1) กำหนดปัญหาหรือระบบในสิ่งที่สนใจจะทำการจำลอง

2) ระบุองค์ประกอบของความไม่แน่นอนในปัญหานั้น

3) สร้างตารางแสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่ต้องการสำหรับใช้ในการจำลอง (พิจารณาจากข้อมูลที่ไปสำรวจหรือสังเกตมา)

4) หาการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution) ขององค์ประกอบที่มีความไม่แน่นอน

5) กำหนดค่าตัวเลขสุ่ม (Random Number) ที่ต้องใช้กับตัวแปรสุ่มให้สอดคล้องกับความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม

6) สร้างตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้เข้ากับปัญหาตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ทำการทดสอบตัวแบบดังกล่าวว่าได้ผลตามเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่

7) เมื่อผลการทดสอบเป็นไปตามเป้าหมายแล้วจะกำหนดจำนวนครั้งในการจำลองสถานการณ์

8) ทำการจำลองเพื่อหาค่าเฉลี่ยที่ต้องการ

ประโยชน์ของแบบจำลองสถานการณ์การที่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจมีการใช้แบบจำลองสถานการณ์ เพื่อเลียนแบบสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ นั้น สามารถรวบรวมประโยชน์ของแบบจำลองสถานการณ์ได้ดังนี้ จัดเป็นทฤษฎีที่ใช้เพื่อคาดการณ์เหตุการณ์ในอนาคตอย่างตรงไปตรงมาสามารถจำลองสถานการณ์ที่มีเวลาเข้าไปเกี่ยวข้องเป็นจำนวนมากได้ดี เป็นการอธิบายให้เห็นเป็นรูปร่างมากกว่าการใช้เครื่องมือธรรมดา ในการสร้างระบบการตัดสินใจ สามารถติดต่อกับผู้ใช้ หรือผู้บริหารได้เพื่อจะได้รับรู้เรื่องราวเกี่ยวกับปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่มาจาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มุมมองของผู้บริหารได้ แบบจำลองจะถูกสร้างขึ้นเฉพาะเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง สามารถช่วยจัดการกับปัญหาได้มากมายหลากหลายชนิด เช่น การจัดการกับคลังสินค้าและการจัดกาทรัพยากรบุคคล สามารถทำหน้าที่ในเชิงปริมาณบริหารระดับสูงได้ เช่นการวางแผนการในระยะยาว เป็นต้น

2.9 การประเมินมูลค่าทางเลือกโดยการใช้การตัดสินใจ (Decision Making)

การตัดสินใจจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้ทำการตัดสินใจ (ส่งศรีโรจน์, 2559) จำเป็นต้องเลือกทางเลือกใดทางเลือกหนึ่ง ในหลาย ๆ ทางเลือกเพื่อผลประโยชน์ที่ดีที่สุด และการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับอนาคตจะเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากเพราะเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เป็นเรื่องที่ไม่แน่นอน ซึ่งไม่มีใครทราบว่าจะสอดคล้องกับทางเลือกที่ได้ตัดสินใจเลือกไว้หรือไม่ เช่น ผู้ผลิตรายหนึ่งเตรียมผลิตเสื้อหนาวไว้จำนวนมากเพื่อรอขายในฤดูหนาว ปรากฏว่า เมื่อถึงฤดูหนาวกลับไม่หนาว แต่ถ้าทราบแน่นอนว่าฤดูหนาวที่จะมาถึงนี้ไม่หนาว ผู้ผลิตก็จะไม่ผลิตเสื้อกันหนาวเตรียมไว้มากเพียงพอ

จากกรณีดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่า ถ้าทราบเหตุการณ์ล่วงหน้า ก็จะหาวิธีปฏิบัติให้สอดคล้องกับสถานการณ์ได้ง่าย การตัดสินใจก็จะเป็นไปโดยง่าย (ซึ่งจะไม่กล่าวถึงในกรณีนี้) แต่ถ้าไม่ทราบเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต การตัดสินใจเลือกวิธีปฏิบัติอย่างใดอย่างหนึ่งก็จะยากตามไปด้วย ซึ่งในที่นี้จะแบ่งหลักในการตัดสินใจออกเป็น 2 กรณีดังนี้

1 การตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยง (Decision Making Under Risk)

2 การตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นนอน (Decision Making Under Uncertainty)

2.9.1 การตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยง (Decision Making Under Risk)

เป็นการตัดสินใจที่ผู้ตัดสินใจไม่ทราบว่าจะเกิดเหตุการณ์อะไรขึ้นในอนาคต แต่สามารถคาดเดาได้บ้างว่าโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ มีความน่าจะเป็นมากน้อยเพียงไร โดยอาจจะอาศัยข้อมูลในอดีต หรือจากประสบการณ์ที่ผ่านมาช่วยประกอบในการวิเคราะห์หาความน่าจะเป็น ซึ่งการตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยง ผู้ตัดสินใจจะทราบความน่าจะเป็น(โอกาส) ในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ดังนั้น ในการเลือกว่าจะตัดสินใจอย่างไร ก็จะนำความน่าจะเป็นมาช่วยในการตัดสินใจด้วย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธี (เหล่าพัดจัน, 2559) คือ

1) E.V. (Expected Value: การใช้ค่าคาดหวัง)

2) E.O.L. (Expected Opportunity Cost: การใช้ค่าเสียโอกาส)

<u>การใช้ค่าคาดหวัง (Expected Value)</u> การตัดสินใจโดยใช้ค่าคาดหวัง สรุปขั้นตอนได้ดังนี้

- สร้างตารางช่วยตัดสินใจขั้นต้น (ตารางจะประกอบไปด้วย ทางเลือก, เหตุการณ์และผลลัพธ์)
- กำหนดความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ ต่าง ๆ โดยผลรวมของความน่าจะเป็นของทุกเหตุการณ์รวมกันมีค่าเท่ากับ 1
- คำนวณค่าคาดหวังของแต่ละทางเลือก โดยอาศัยค่าความน่าจะเป็น

- เลือกทางเลือกที่ให้ค่าคาดหวังดีที่สุด

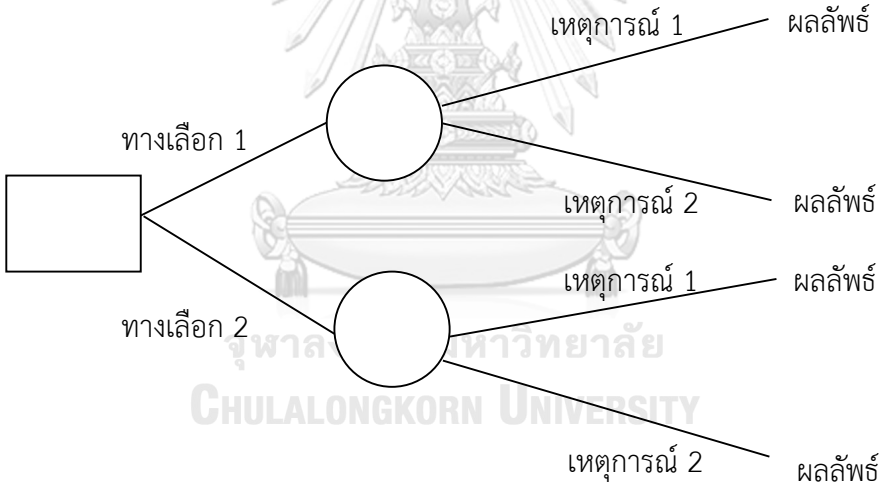
<u>การใช้ค่าเสียโอกาส(Expected opportunity cost)</u> การตัดสินใจโดยใช้ค่าเสียโอกาส มีหลักการดังต่อไปนี้

- สร้างตารางแสดงค่าเสียโอกาสในแต่ละเหตุการณ์
- คำนวณค่าเสียโอกาสที่คาดหวัง
- เลือกทางเลือกที่มีค่าเสียโอกาสต่ำที่สุด

2.9.2 การใช้แผนผังต้นไม้ หรือแขนงในการตัดสินใจ (Decision Tree)

เป็นการโยงเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับทางเลือกต่าง ๆ ที่มีอยู่ โดยอาศัยสัญลักษณ์ ลายเส้นคล้ายกิ่งก้านของต้นไม้ ข้อดีก็คือสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อนได้ ซึ่งมีโครงสร้างของแผนผังต้นไม้ดังแสดงในรูปที่ 2.8

- จุดที่ต้องทำการตัดสินใจ ซึ่งแทนด้วย สัญลักษณ์ สี่เหลี่ยม
- ทางแยกของเหตุการณ์ ที่อาจจะเกิดขึ้นซึ่งแทนด้วยวงกลม ในสี่เหลี่ยมหรือวงกลมจะมีตัวเลขซึ่ง คือค่า EV (Expected Value)



รูปที่ 2.8 แผนภาพต้นไม้

การตัดสินใจด้วยแผนภาพต้นไม้อ่านจาก ซ้ายไปขวาเริ่มจากจากรากของต้นไม้จะอยู่ทางซ้ายมือของแผนผัง ซึ่งเป็นจุดตั้งต้นของลำดับการตัดสินใจ ส่วนกิ่งก้านสาขาของต้นไม้จะเป็นเงื่อนไขของระบบ ปลายสุดของกิ่งก้านสาขา จะเป็นการตัดสินใจหรือเลือกปฏิบัติงานตามเงื่อนไขการตัดสินใจโดยแผนภาพต้นไม้นี้มีประโยชน์ต่อนักวิเคราะห์ระบบ 2 อย่างด้วยกัน อย่างแรก คืออธิบายเงื่อนไขและทางเลือกของการปฏิบัติงาน เพราะบางครั้งยากที่จะเขียนอธิบายการตัดสินใจทั้งหมดที่เป็นไปได้เพราะขึ้นอยู่กับตัวแปรว่าเป็นเชิงปริมาณ หรือเชิงคุณภาพ อย่างที่สอง คือการตัดสินใจโดยแผนภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นไม้เป็น การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบเป็นลำดับ ทำให้ผู้ใช้สามารถตัดสินใจเลือกเงื่อนไขที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว

2.10 การประเมินมูลค่าวิธีการเรียลออปชั่น (Real Option Valuation: ROV)

2.10.1 การประเมินมูลค่าด้วยวิธีเรียลออปชั่น

เป็นการประเมินโดยการวิเคราะห์หามูลค่าเชิงกลยุทธ์ที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ของการลงทุน (เหล่าพัดจัน, 2559) การประเมินมูลค่าด้วยวิธีนี้ เป็นการประเมินที่ประโยชน์อย่างมาก เมื่อมีความต้องการที่ตัดสินใจในโครงการที่มีตัวเลือกต่างๆและมีความเสี่ยง โดยการกำหนดพารามิเตอร์ที่จะมีผลต่อการดำเนินของโครงการ เพื่อศึกษาข้อมูลเชิงลึกของความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้น เพื่อพิจารณาทางเลือกที่ดีที่สุดและมีประโยชน์สูงที่สุด เช่น

1) ต้องการยกเลิกการลงทุน เมื่อประเมินการลงทุนแล้วพบว่า การลงทุนโครงการนี้จะทำให้ขาดทุน

2) ต้องการเลื่อนการลงทุนออกไป เมื่อมีการคาดการณ์ว่าในอนาคตจะมีต้นทุนลดลงจากปัจจุบัน

3) ต้องการขยายการลงทุนเพิ่มเติม เมื่อประเมินการลงทุนแล้วพบว่า การลงทุนเพิ่มในโครงการคุ้มค่าการลงทุน สร้างกำไรได้มาก

4) ต้องการเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิต เมื่อประเมินการลงทุนแล้วพบว่า การเปลี่ยนเทคโนโลยีจะทำให้สามารถลดต้นทุนลงได้ และสร้างกำไรให้โครงการเพิ่มขึ้น

มูลค่าของ Real option เกิดจากความยืดหยุ่นทางการบริหารที่มีในสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอน การประเมินมูลค่าโครงการนี้จึงสามารถประยุกต์ใช้ตัวแบบประเมินราคาออปชั่นได้ เช่น โครงการขุดเจาะน้ำมัน โดยที่ Real options อาจจะเกิดขึ้นในช่วงก่อนและหลังการตัดสินใจลงทุนในโครงการลงทุนก็ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) Real options ที่ให้สิทธิการตัดสินใจก่อนการลงทุนในโครงการ

- ทางเลือกในการลงทุนเป็นลำดับขั้น (Staged Investment Options)
- ทางเลือกด้านเวลาของการลงทุน (Timing Options)
- ทางเลือกด้านการดำเนินงาน (Operating Options)

2) Real Options ที่ให้สิทธิการตัดสินใจหลังการลงทุนในโครงการ

- ทางเลือกสำหรับการเติบโต (Growth Options)
- ทางเลือกหยุดดำเนินงาน (Shutdown Options)
- ทางเลือกเลิกหรือขายกิจการ (Abandonment Options)

- ทางเลือกในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ (Switching Options - Outputs)
- ทางเลือกในการเปลี่ยนวัตถุดิบ (Switching Options – Inputs)

2.10.2 ทางเลือกชะลอการลงทุน (Option to delay)

ในกรณีที่โครงการลงทุนมีกระแสเงินสดและอัตราคิดลดผันผวนเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โครงการลงทุนที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบในวันนี้อาจจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกในอนาคต บริษัทจะได้รับประโยชน์หากชะลอการลงทุนในวันนี้ การตัดสินใจนี้มักใช้ในกรณีที่บริษัทถือครองสิทธิบัตร ที่ดินที่ยังไม่พัฒนา หรือทรัพยากรธรรมชาติ

2.10.3 ทางเลือกขยายกิจการ (Option to expand)

การลงทุนในโครงการในปัจจุบันอาจเปิดโอกาสให้บริษัทพิจารณาการลงทุนในโครงการลงทุนอื่นในอนาคต ดังนั้น ถึงแม้ว่าโครงการลงทุนจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ โครงการลงทุนนี้อาจมีคุณค่าในการลงทุนถ้ามีโอกาสให้ลงทุนในโครงการลงทุนอื่นที่มีมูลค่าที่ชดเชยกันได้

2.10.4 ทางเลือกเลิกหรือขายกิจการ (Option to abandon)

ในบางครั้งบริษัทเลือกที่จะเลิกโครงการลงทุนที่ได้ทำไปแล้วแทนที่จะดำเนินการต่อในกรณีที่กระแสเงินสดของโครงการไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ถ้าการเลิกกิจการทำให้บริษัทประหยัดได้จากการลดการขาดทุนทางเลือกหรือออปชันนี้จะทำให้โครงการมีมูลค่ามากขึ้นกระแสเงินสดที่คาดการณ์จากการเลิกกิจการมีลักษณะเหมือนกับ Payoff ของ Put option โดยที่ราคาใช้สิทธิมีค่าเท่ากับต้นทุนของการเลิกกิจการ

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

M.M. Zhang และคณะ (Zhang, Zhou, & Zhou, 2016) ได้ทำการศึกษารูปแบบตัวเลือกสำหรับการประเมินการลงทุนพลังงานทดแทนโดยพิจารณาความไม่แน่นอน จากปัจจัยต่างๆ เช่น ราคาของ CO_2, ราคาของพลังงานทดแทน , ราคาไฟฟ้าในปัจจุบัน , ค่าใช้จ่ายพลังงานที่ไม่หมุนเวียน เป็นต้น รวมถึงขั้นตอนการออกกลไกในรูปแบบที่จะสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของนโยบายรัฐบาลที่ให้เงินอุดหนุน โดยงานวิจัยนี้จะนำเสนอในรูปแบบของการประเมินมูลค่าเงินลงทุนและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์ในประเทศจีน โดยมีพารามิเตอร์ที่ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ดังนี้ 1) ราคาของพลังงานทดแทน 2) ราคาของพลังงานไฟฟ้า 3) ราคาของ CO_2 4) ต้นทุนในการลงทุนโครงการ ผลการศึกษาพบว่า สภาพแวดล้อมการลงทุนในปัจจุบันในประเทศจีนอาจจะไม่สามารถที่จะดึงดูดการลงทุนทันที ในขณะที่การพัฒนาของตลาดคาร์บอนจะช่วยให้มีความก้าวหน้าของเวลาการลงทุนที่เหมาะสม การวิเคราะห์ความไวของโครงการเพื่อตรวจสอบการ

เปลี่ยนแปลงของมูลค่าการลงทุนและระยะเวลาที่เหมาะสมภายใต้การเปลี่ยนแปลง ของระดับเงินอุดหนุนราคาในตลาดของการผลิตไฟฟ้า , ราคา CO_2 และค่าใช้จ่ายในการลงทุน พบว่า ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงและความผันผวนของราคาไฟฟ้าและราคา CO_2 จะไม่เอื้อต่อการดึงดูดการลงทุนทันที แต่การเพิ่มระดับของเงินอุดหนุน เพื่อส่งเสริมความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และการบำรุงรักษาเสถียรภาพของตลาด มีประโยชน์ในการกระตุ้นการลงทุน

Courtney M. Regan (Regan et al., 2015) ได้ทำการศึกษาโดยเน้นการวิเคราะห์กระแสเงินสดรวม Discounted cash flow (DCF) แล้ววิเคราะห์หามูลค่าปัจจุบันสุทธิเพื่อจัดการการลงทุนและหากลยุทธ์ของการลงทุน เพื่อใช้ในการจัดการการตัดสินใจลงทุนที่เต็มไปด้วยความไม่แน่นอน โดยมีวัตถุประสงค์ในการนำเสนอการประเมินการลงทุนภายใต้ความไม่แน่นอนและพิจารณาที่โอกาสที่มีอยู่เพื่อชะลอการตัดสินใจลงทุนหรือรอข้อมูลเพิ่มเติม โดยเริ่มต้นจากการสถานการณ์การตัดสินใจในงานวิจัยนี้เราจะพิจารณาการตัดสินใจของเกษตรกรทั้งการเจริญเติบโตข้าวสาลีหรือพืชต้นไม้การเก็บเกี่ยวสำหรับชีวมวลสำหรับการผลิตไฟฟ้าตามวิธี Discounted Cash Flow กฎการลงทุน โดยคำนวณ เช่น NPV และ ROA พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ของรัฐเซาท์ออสเตรเลีย บริเวณนี้เป็นที่โดดเด่นด้วยปริมาณน้ำฝนที่มีการผลิตในช่วงฤดูหนาวธัญพืชและเลี้ยงปศุสัตว์ที่กว้างขวาง เป็นการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร โดยมีพารามิเตอร์ที่เอามาใช้ในการพิจารณา เช่น ค่าใช้จ่ายในการลงทุน อายุการใช้งาน อัตราผลตอบแทน ค่าใช้จ่ายต่างๆ เป็นต้น เพื่อการวิเคราะห์ตัวเลือกและอธิบายการประยุกต์ใช้กับการใช้ประโยชน์ที่ดินและการตัดสินใจลงทุน โดยที่การวิเคราะห์ทางเลือกจะอยู่ภายใต้ การประเมินการตัดสินใจการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยตัวเลือกที่ใช้เอามาวิเคราะห์ทางเลือกนั้นดังแสดงในตารางที่ 2.2 แม้จะมีความไม่แน่นอนในการกำหนดนโยบายและขับเคลื่อนเศรษฐกิจจากงานวิจัยสรุปได้ว่าเมื่อพิจารณาจากค่าตัวเลือกในอนาคตต่างๆแล้วนั้น การออกแบบนโยบายจะช่วยให้การประเมินผลมีความสมจริงมากขึ้น ในการตัดสินใจการลงทุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

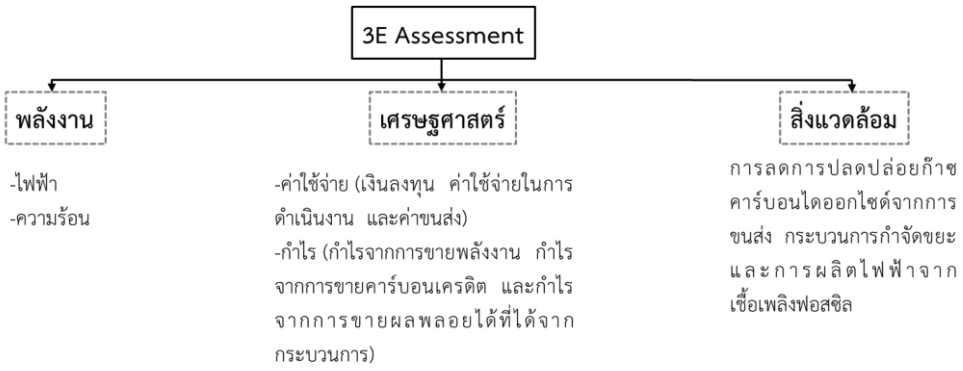
ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ทางเลือก (Regan et al., 2015)

Option type	Applicability
Waiting option	Where waiting to invest allows for uncertainty to be better resolved
Growth option	Where a project can be phased in two or more steps and the initial investment provides a growth option that can be fully realised by subsequent investments.
Switching option	Where initial project design incorporates the ability to dynamically switch among different markets, technologies and products depending market conditions.
Initiation option	Where there is flexibility as to when to start a project (call option)
Abandonment option	Where there is an option to cease a project during its life, and potentially realise its salvage value (put option).

Lei Zhu (Zhu, 2012) เนื่องจากการลงทุนพลังงานในด้านนิวเคลียร์มีความไม่แน่นอนสูงงานวิจัยนี้จึงกำหนดการลงทุนพลังงานนิวเคลียร์ โดยมีรูปแบบการประเมิน จากการใช้จริงทฤษฎีตัวเลือกด้วยวิธีการ Monte Carlo ในการประเมินค่าของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จากมุมมองของผู้ประกอบการผลิตไฟฟ้า เนื่องจากความหลากหลายทางเทคนิคและเศรษฐกิจค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่าใช้จ่ายในการสร้างราคาไฟฟ้าและเกิดอุบัติเหตุนิวเคลียร์เป็นปัจจัยที่มีความไม่แน่นอน ขอบเขตของงานวิจัยนี้จะทำแบบจำลองMonte Carloในการประเมินโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ที่ซานเหมิน จังหวัดเจ้อเจียงประเทศจีน เพื่อดูผลกระทบของกลไกราคาไฟฟ้าและลดค่าใช้จ่ายการลงทุนพลังงานนิวเคลียร์โดยมีพารามิเตอร์ที่เอามาใช้ในการพิจารณา ดังนี้ กำลังการผลิตและค่าใช้จ่ายการลงทุนค่าใช้จ่ายในการสร้างและราคาค่าไฟฟ้า การเกิดอุบัติเหตุนิวเคลียร์และพารามิเตอร์อื่น ๆ (ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากนิวเคลียร์) โดยทำการจำลองสถานการณ์และวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของราคาไฟฟ้า ต้นทุนของการลงทุนโรงไฟฟ้า จากผลการวิจัยพบว่า ราคาค่าไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้านั้น จะต้องมีราคาที่เพิ่มขึ้นอย่างน้อย 30%มากกว่าระดับราคาในปัจจุบันของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ดังนั้นก็สามารถทำให้การลงทุนในพลังงานนิวเคลียร์มีมากขึ้นค่าใช้จ่ายในการลงทุนรวมจะลดลงถึง 1.2 เท่าที่จะของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ปัจจุบันในประเทศ

Sie Ting Tanและคณะ (Tan et al., 2015) ได้ทำการศึกษา 3E analysis ของการจัดการขยะในประเทศมาเลเซีย โดยมีวัตถุประสงค์ประเมินด้านพลังงาน ด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม (3E Assessment) ของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะชุมชน เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมกับขยะที่เกิดในประเทศมาเลเซีย โดยทำการวิเคราะห์หัวข้อต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 มีสรุปผลการวิเคราะห์ดังแสดงดังตารางที่ 2.3 และผลสรุปการพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในตารางที่ 2.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2.9 การวิเคราะห์ 3E (Tan et al., 2015)

ตารางที่ 2.3 สรุปผลการวิเคราะห์ 3E (Tan et al., 2015)

สรุปผลการวิเคราะห์ 3E

หัวข้อพิจารณา / เทคโนโลยี	ด้านพลังงาน		ด้านเศรษฐศาสตร์	ด้านสิ่งแวดล้อม
	ไฟฟ้า (MWh/d)	ความร้อน (MWh/d)	กำไรสุทธิ (USD/d)	Net Carbon emission (tCO_2/d)
LFGRS	275.5	524.7	70,409	1,983
	4	3	4	4
Incineration	1,200	3,575	563,083	3,097
	1	1	1	3
AD	1,050	2,000	544,195	3,106
	2	2	2	2
Gasification	1,000	0	178,931	3,208
	3	4	3	1

ผลการวิเคราะห์ด้านพลังงาน ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านสิ่งแวดล้อม และปัจจัยอื่นๆสรุปได้ว่าเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศมีความเหมาะสมสำหรับประยุกต์ใช้ในการกำจัดขยะและผลิตพลังงานจากขยะในประเทศมาเลเซียมากที่สุดถึงแม้ว่าจากตาราที่ 3 จะแสดงว่าการใช้เตาเผาขยะมูลฝอยจะมีความเหมาะสมที่สุด แต่ผู้วิจัยไม่ได้ต้องการนำความร้อนที่ได้ออกมาจากกระบวนการมาคิดเป็นรายได้ ผลจากการพิจารณาปัจจัยอื่นเพิ่มเติม เป็นการยืนยันว่าประเทศมาเลเซียมีความเหมาะสมกับเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศมากที่สุด

ตารางที่ 2.4 ผลสรุปการพิจารณาปัจจัยอื่นๆ (Tan et al., 2015)

ผลการพิจารณาปัจจัยอื่นๆ

1 **องค์ประกอบของขยะ**	การย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศมีความสามารถในการกำจัดขยะที่มีองค์ประกอบของขยะอินทรีย์สูงได้ดีกว่าเทคโนโลยีเตาเผาขยะ
2 **ค่าความชื้นของขยะ**	การย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศมีความสามารถในการกำจัดขยะที่มีค่าความชื้นสูงได้ดีกว่าเทคโนโลยีเตาเผาขยะ
3 **ความต้องการของตลาด**	ประเทศมาเลเซียไม่มีความต้องการความร้อนเพื่อใช้สำหรับให้ความอบอุ่นในครัวเรือนทำให้เทคโนโลยีเตาเผาขยะมีกำไรจากการขายพลังงานน้อยกว่าการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ
4 **มลพิษสิ่งแวดล้อม**	เทคโนโลยีเตาเผาขยะมีการปลดปล่อยมลพิษสิ่งแวดล้อมที่มีความเป็นอันตรายมากกว่าการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อาภากร พันธุวัชรพล (พันธุวัชรพล, 2557) ได้ทำการศึกษาการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดน้อยกว่า 1 เมกกะวัตต์ ที่มีทางเลือกในการลงทุนทั้ง ขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าทั้ง 5 ทางเลือก ได้แก่ทางเลือกที่ 1 การก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาด 350 KW 1 โรงก่อน เพื่อดูความ เสี่ยงในการลงทุน เพื่อพิจารณาก่อสร้างเพิ่มเติมอีก 350 KW และ 300 KW ทางเลือกที่ 2 การก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาด 500 KW 1 โรงก่อน เพื่อดูความเสี่ยงในการลงทุน เพื่อพิจารณาก่อสร้างเพิ่มเติม ทางเลือกที่ 3 การก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาด 350 KW 2 โรงและ 300 KW 1 โรงพร้อมกัน ทางเลือกที่ 4 การก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาด 500 KW 2 โรง พร้อมกันและทางเลือก สุดท้ายการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาด 1,000 KW การประเมินทางเลือกดังกล่าวจะคำนึงถึงความเสี่ยงของการลงทุนจาก ปัจจัยนำเข้าหลายประการ โดยพิจารณาชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ ได้แก่การใช้เชื้อเพลิงจากซังข้าวโพดหรือเชื้อเพลิงหญ้าเนเปียร์ อย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว หรือใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 สลับกันโดยใช้ซังข้าวโพดสลับหญ้าเนเปียร์ในช่วงที่ปริมาณซัง ข้าวโพดมีน้อย โดยคำนึงถึงความไม่แน่นอนของปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องต่อการลงทุน เช่น ต้นทุนราคาเครื่องจักร การ ก่อสร้าง อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าไฟผันแปร (Ft) ที่มีผลต่อราคาจำหน่ายไฟฟ้าการเปลี่ยนแปลงของราคาเชื้อเพลิง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงดัชนีราคาผู้บริโภคทั่วไป งานวิจัยนี้จะได้พิจารณาปัจจัยที่มีความอ่อนไหวต่อการลงทุน และทำการประเมินหาตัวชี้วัดทางการเงินจากแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash Flow Model) ร่วมกับการจำลองสถานการณ์ แบบมอนติ คาร์โล จากการเปลี่ยนแปลงแบบสุ่มของปัจจัยนำเข้าต่างๆเพื่อหาขนาดการลงทุนที่เหมาะสมภายใต้ความเสี่ยงและประเมินหามูลค่าความยืดหยุ่นจากการเปลี่ยนแปลงราคาเชื้อเพลิงโดยวิเคราะห์แยกเป็นภาพฉายต่าง ๆ ซึ่งภาพ ฉายที่มีค่าความยืดหยุ่นมากที่สุด คือ การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 500 KW จำนวน 1 โรง และชะลอการลงทุนเพื่อพิจารณาตัดสินใจลงทุนเพิ่ม 500 KW ในอีก 2 ปี ข้างหน้าโดยใช้เชื้อเพลิงจากหญ้าเนเปียร์ โดยมีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 9.37 ล้านบาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชัยยะ ปานสังข์ (ปานสังข์, 2554) ได้ทำการศึกษาการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบย่อย 10 ชนิด โดยวิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยเทคนิคมอนติ คาร์โล วัตถุดิบย่อยเหล่านี้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนเพื่อปรับค่าทางเคมีให้ได้ตามมาตรฐาน จากการศึกษาข้อมูลในปัจจุบันพบว่าบริษัทกรณีศึกษามีการสั่งซื้อวัตถุดิบย่อยล่วงหน้า 3 เดือน ส่งผลให้มีต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังค่อนข้างสูงถึง 172 ล้านบาท ในไตรมาสที่ 3 ของปี พ.ศ. 2553 เนื่องจากความไม่แน่นอนของความต้องการของลูกค้าและช่วงเวลานำส่ง จากปัญหาดังกล่าวผู้ศึกษาได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยเทคนิคมอนติ คาร์โล ผู้วิจัยได้ทำการสร้างสถานการณ์โดยใช้ข้อมูลความต้องการวัตถุดิบย่อยและเวลานำส่งในช่วงเวลาระหว่าง เดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2553 เพื่อนำมาคำนวณปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อใหม่ที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่า การนำวิธีการ

จำลองสถานการณ์ด้วยเทคนิคมอนติ คาร์โล มาประยุกต์ใช้เพื่อการสั่งซื้อวัตถุดิบย่อยสามารถลดต้นทุนรวมการจัดการคงคลังสินค้าลงได้ถึง 11,697,357.00 ล้านบาท/ไตรมาส

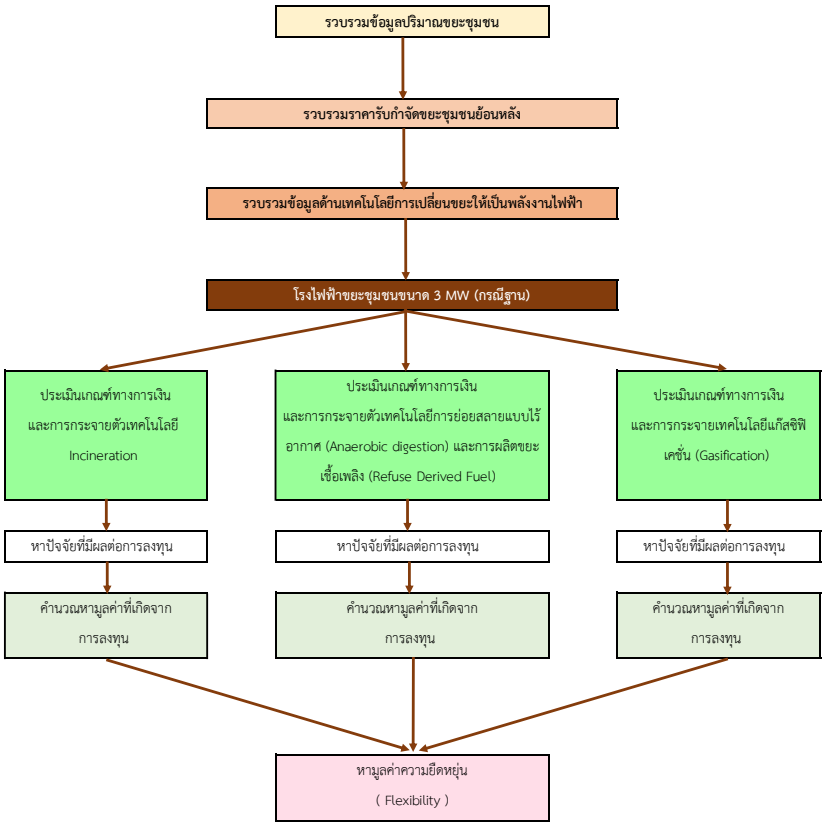
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะชุมชนขนาด 3 เมกกะวัตต์ และหาแนวทางการจัดการความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อมีปัจจัยต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงาน

ซึ่งได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ทางเลือกประกอบด้วย การลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) การลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) และการลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) โดยใช้วิธีการ Real option ในการประเมินค่าความยืดหยุ่นของแต่ละโครงการ โดยเริ่มจากการสร้างแบบจำลองกระแสเงินสด เพื่อคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

แล้วทำการวิเคราะห์ Sensitivity Analysis เพื่อดูว่าตัวแปร input ตัวใดมีผลกระทบต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากที่สุด แล้วจึงทำการจำลองสถานการณ์ Monte Carlo โดยโปรแกรม @Risk เพื่อประเมินค่าความน่าจะเป็นของ output ที่ได้เพื่อนำมาใช้ประเมินทางเลือกด้วยแผนภูมิต้นไม้ โดยมีแผนผังการดำเนินงานดังรูปที่ 3.1

3.1.1 ทำการศึกษาข้อมูลของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2015)

ศึกษาสถานภาพและเป้าหมายของการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานขยะ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 การสนับสนุนของทางภาครัฐ รวมถึงข้อมูลในด้านการรับซื้อไฟฟ้าจากโรงฟ้าขยะตามหลักเกณฑ์การรับซื้อไฟฟ้า โครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชนในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) ตามมติ กพช. ครั้งที่ 2/2558 (ครั้งที่ 2) เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2558

ตารางที่ 3.1 สถานภาพและเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิง

ประเภทเชื้อเพลิง	สถานภาพ สิ้นปี 2557 (MW)	เป้าหมายปี 2579 (MW)
1. ขยะชุมชน	**65.72**	**500**
2. ขยะอุตสาหกรรม	-	50
3. ชีวมวล	2,451.82	5,570.00
4. ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)	311.5	600
5. พลังน้ำขนาดเล็ก	142.01	376
6. ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)	-	680
7. พลังงานลม	224.47	3,002.00
8. พลังงานแสงอาทิตย์	1,298.51	6,000.00
9. พลังน้ำขนาดใหญ่	-	2,906.40
รวมเมกะวัตต์ติดตั้ง (เมกะวัตต์)	4,494.03	19,684.40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.2 ศึกษาข้อมูลด้านขยะชุมชนในแต่ละพื้นที่

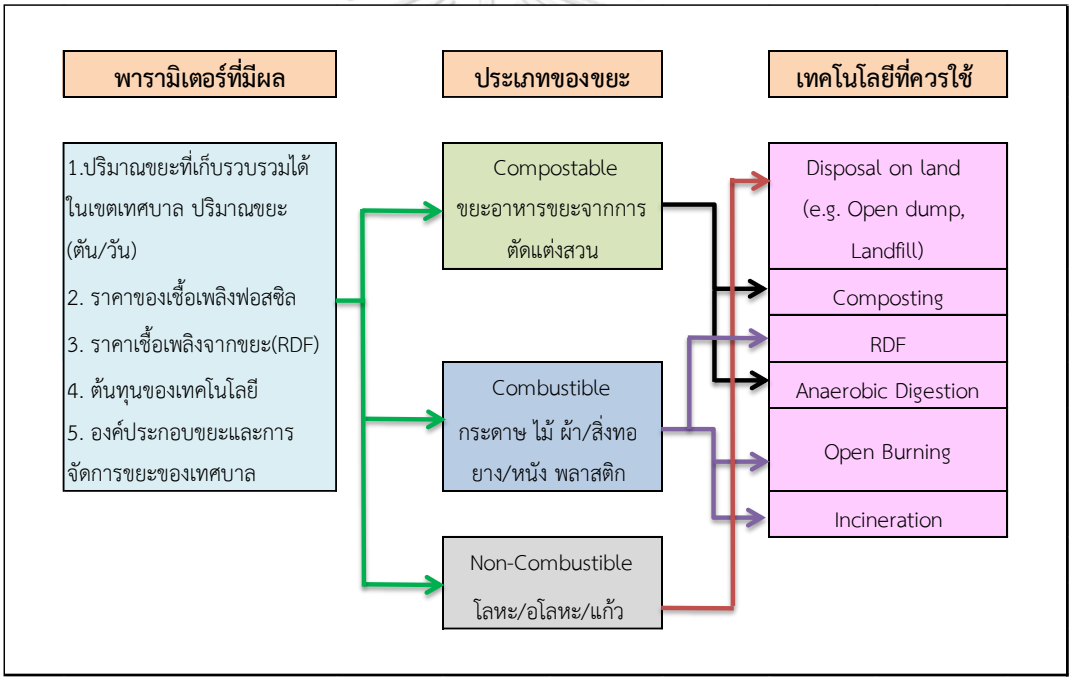
ศึกษาสถานการณ์ขยะในประเทศไทย, องค์ประกอบของขยะ, ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ, ขยะมูลฝอยที่ใช้ผลิตพลังงานแล้วและปริมาณขยะที่เหลืออยู่จริงในพื้นที่, ศักยภาพในการผลิตพลังงานจากขยะชุมชนรายจังหวัด, พื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานจากขยะได้และปริมาณของขยะต่อวันที่สามารถป้อนเข้าโรงไฟฟ้า, ศึกษานโยบายและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยในปัจจุบัน, ศึกษาปัญหา อุปสรรคและแนวทางแก้ไขปัญหาขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย

3.1.3 ศึกษาข้อมูลเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้าขยะที่ใช้ในปัจจุบัน

เทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะที่เป็นเทคโนโลยีเชิงพาณิชย์ที่เป็นที่ยอมรับและแพร่หลายในปัจจุบัน (Commercial Technology) ได้แก่ เทคโนโลยีผลิตพลังงานโดยใช้เตาเผาขยะชุมชน (Incineration) เทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (MWS Gasification) เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) และเทคโนโลยีผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Reuse Derived Fuel: RDF) ซึ่งแปรรูปไปเป็นพลังงานโดยใช้ Thermal Conversion Process

3.1.4 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินการโรงไฟฟ้าขยะ

พารามิเตอร์ที่มีผลต่อการลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชน ดังแสดงในรูปที่ 3.1 อันได้แก่ ปริมาณขยะที่เก็บรวบรวมได้ในเขตเทศบาลปริมาณขยะ (ตัน/วัน) ประเภทของขยะ ราคาของเชื้อเพลิงฟอสซิล ราคาเชื้อเพลิงจากขยะ (RDF) ต้นทุนของเทคโนโลยี เป็นต้น



รูปที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อการลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชน

3.1.5 รวบรวมข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์

รวบรวมข้อมูลจากพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเป็นศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อแปลงเป็นพลังงาน

1. ข้อมูลปฐมภูมิ ข้อมูลด้านต้นทุนของการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) เก็บข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์

2. ข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลด้านต้นทุนของโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ได้ใช้ข้อมูลจากศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมเทศบาลนครหาดใหญ่จังหวัดสงขลาและศึกษาเพิ่มเติมจาก

งานวิจัย, ข้อมูลด้านต้นทุนของโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) ได้ใช้ข้อมูลจากศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมจังหวัดภูเก็ตและศึกษาเพิ่มเติมจากงานวิจัย, ข้อมูลด้านต้นทุนของโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) ได้ใช้ข้อมูลจากศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมเทศบาลระยองและเทศบาลชลบุรีและศึกษาเพิ่มเติมจากงานวิจัย

3.1.6 วิเคราะห์ผลจากการรวบรวมข้อมูล

โดยการวิเคราะห์ผลตอบแทนจากโครงการด้วยตัวชี้วัดทางการเงินจาก 3 ทางเลือกข้างต้น

1 ทำการวิเคราะห์แบบกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash flow) เพื่อหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) โดยใช้อัตราดอกเบี้ยจากต้นทุนเงินเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของโครงสร้างเงินทุน (Weighted average cost of capital: WACC) โดยตัวแปรทนำมาคิดผลตอบแทนโครงการ มีรายละเอียดตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อสมมุติของตัวแปรนำเข้าของแบบจำลองกระแสเงินสด

รายการ	รายละเอียด	ค่าที่กำหนดไว้สำหรับการคำนวณ
อายุโครงการ (Project life)	ระยะเวลาในการประกอบกิจการ หรือการดำเนินการของกิจการ	= 20 ปี
อัตราคิดลดที่ใช้ในการคิดคำนวณจาก (Weighted average cost of capital: WACC)	คิดจากการสัดส่วนของการลงทุนในส่วนของหนี้สินระยะยาวและส่วนของเจ้าของ	= (อัตราส่วนเงินกู้ x อัตราดอกเบี้ยที่แท้จริง) + (อัตราส่วนเงินทุน x อัตราผลตอบแทนจากเงินปันผล)
ค่าเสื่อมราคา	หักค่าเสื่อมราคาในแต่ละปีด้วย การคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง	= (ราคาทุน – ราคาซาก) / อายุการใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.2 ข้อสมมุติของตัวแปรนำเข้าของแบบจำลองกระแสเงินสด

รายการ	รายละเอียด	ค่าที่กำหนดไว้สำหรับการคำนวณ	ที่มา
อัตราภาษี	คำนวณภาษีตามปกติ	= ภาษี 30%	(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558)
ค่ากองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้า	50,000 บาท/เมกะวัตต์/ปี	= 50,000 x 3 = 150,000 บาทต่อปี	(สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558)
รายได้จากการบริการกำจัดขยะ	-	= 300 – 500 บาทต่อตัน	(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558), (ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล, 2552)
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี	- เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย -เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น -เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศและการผลิตขยะเชื้อเพลิง	= 1% ของต้นทุน = 5% ของต้นทุน = 3% ของต้นทุน	(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558), (ฟูกุดะ, 2558), (ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล, 2552), (กฤติยรังสิต, 2554)
เงินเฟ้อ	-	= 3% ต่อปี	(อัตราเงินเฟ้อทั่วไป ธนาคารแห่งประเทศไทย ณ วันที่ 20 มกราคม 2560)

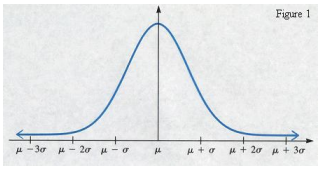
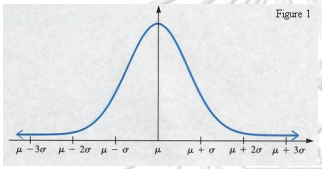
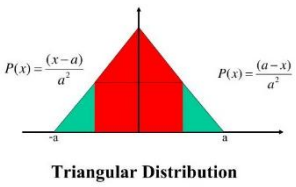
ตารางที่ 3.2 ข้อสมมุติของตัวแปรนำเข้าของแบบจำลองกระแสเงินสด

รายการ	รายละเอียด	ค่าที่กำหนดไว้สำหรับการคำนวณ	ที่มา
Feed-in Tariff หรือ FiT	คำนวณ FiT ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ (1) อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนคงที่ (2) อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน (FiTV) จะปรับเพิ่มขึ้นตามค่าอัตราเงินเฟ้อขั้นพื้นฐาน (Core inflation) (3) อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (FiT Premium) ตามนโยบายของภาครัฐ	ใน 8 ปีแรกจะได้รับอัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (FiT Premium) ตามนโยบายของภาครัฐ เพิ่ม 0.70 บาทต่อหน่วย (kw-h) หลังจากปีที่ 8 จะคิดตามปกติ	(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558)

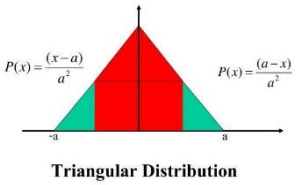
2 ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity analysis) ที่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจในการลงทุนโดยความไม่แน่นอนที่จะเกิดขึ้น โดยการคำนวณค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิจากการที่ปัจจัยต่างๆ นั้นได้เปลี่ยนแปลงไป เช่น เมื่อต้นทุนของแต่ละเทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงไป เมื่อรายได้จากการขายไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปเมื่อรายได้จากการขายเชื้อเพลิง RDF เปลี่ยนแปลงไป เมื่อรายจ่ายเงินเดือนพนักงานเปลี่ยนแปลงไป เป็นต้น เพื่อดูว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผลกระทบมากที่สุด เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าเกณฑ์ทางการเงิน

3 วิเคราะห์ระดับโอกาสหรือความเสี่ยงจากการกระจายตัวของค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยทำแบบจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล (Monte Carlo Simulation) ในกรณีที่ปัจจัยต่างๆ นั้น มีการเปลี่ยนแปลงไปพร้อมๆ กัน เพื่อหาผลของการกระจายตัวของข้อมูล โดยกำหนดการกระจายของปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ซึ่งการทำแบบจำลองทำให้ทราบถึงความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงตัวแปร โดยทำการสุ่มตัวอย่างข้อมูลตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของการกระจายของตัวแปรนั้นๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่อาจจะเกิดให้ได้มากที่สุด

ตารางที่ 3.3 การกำหนดกราฟลักษณะการกระจายตัวของปัจจัยต่างๆ

ปัจจัย	รูปแบบกราฟ	ชื่อกราฟ	การกำหนดค่า
ต้นทุนของแต่ละเทคโนโลยี (เครื่องจักรและอุปกรณ์)		Normal distribution	รวบรวมจากข้อมูลจากงานวิจัย เอกสารวิชาการจากกระทรวงพลังงานและจากข้อมูลๆอื่น เพื่อนำมาหาการกระจายของข้อมูลและค่ากลางของข้อมูล
รายได้จากการขายไฟฟ้าอันเนื่องมากจากกำลังการผลิตเปลี่ยนแปลง		Normal distribution	เก็บข้อมูลย้อนหลังถึงกำลังการผลิตของแต่ละเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้า เพื่อนำมาหาการกระจายของข้อมูลและค่ากลางของข้อมูล
ราคาเชื้อเพลิง RDF		Triangular distribution	การเปลี่ยนในด้านราคาของเชื้อเพลิง RDF มีโอกาสที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลง บางปีราคาเชื้อเพลิงสูง บางปีราคาต่ำ จึงนำการเปลี่ยนแปลงนี้ มากำหนดค่า Minimum: ใส่ข้อมูลของระยะเวลากรณีที่ดีที่สุด, Likeliest: ใส่ข้อมูลระยะเวลากรณีที่คาดหวัง, Maximum: ระยะเวลากรณีที่แย่ที่สุด

ตารางที่ 3.3 การกำหนดกราฟลักษณะการกระจายตัวของปัจจัยต่างๆ

ปัจจัย	รูปแบบกราฟ	ชื่อกราฟ	การกำหนดค่า
รายได้จากการรับกำจัดขยะ	 Triangular Distribution	Triangular distribution	การเปลี่ยนในด้านราคาของการรับกำจัดขยะ มีโอกาสที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลง บางปีราคาสูง บางปีราคาต่ำ มากำหนดค่า Minimum: ใส่ข้อมูลของระยะเวลากรณีที่ดีที่สุด, Likeliest: ใส่ข้อมูลระยะเวลากรณีที่คาดหวัง, Maximum: ระยะเวลากรณีที่แย่ที่สุด

4 หามูลค่าความยืดหยุ่น (Real option analysis: ROA) เป็นค่าผลต่างจากการตัดสินใจในทางเลือกต่างๆ กับทางเลือกที่อ้างอิงภายใต้ความไม่แน่นอนในการลงทุน โดยการนำค่าความน่าจะเป็นจากการจำลองสถานการณ์มาเขียนเป็นแผนภูมิต้นไม้ (Decision Tree) และวิเคราะห์ค่าคาดหวัง (EMV) การหามูลค่าความยืดหยุ่นด้วยวิธีการเรียลออปชั่นนั้นสามารถทำให้ทำการวิเคราะห์ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น และสามารถปรับเปลี่ยนทางเลือกให้เหมาะกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในขณะนั้นๆ

5 วิเคราะห์หาแนวทางการจัดการความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในแต่ละเทคโนโลยี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.7 สรุปผลวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

โดยทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ว่าการทำโรงไฟฟ้า ขยะมูลฝอยชุมชนเทคโนโลยีใดที่เหมาะสม โดยพิจารณาภายใต้ความเสี่ยง ผลตอบแทนทางด้านการเงินและความยืดหยุ่นที่ดีที่สุด

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ในการศึกษาวิจัยนี้ทำการศึกษาวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะชุมชนและประเมินความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อมีปัจจัยต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป ด้วยการวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการด้วยตัวชี้วัดทางการเงินร่วมกับการจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล ซึ่งใช้โปรแกรม @Risk มาช่วยในการทำการจำลองสถานการณ์ ได้ทำการศึกษาการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 3 เมกกะวัตต์ ประกอบด้วยการลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย, เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น และเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศและการผลิตขยะเชื้อเพลิง โดยกำหนดทางเลือกทั้งหมด 10 ทางเลือก ผลจากการวิจัยมีดังนี้

4.1 ข้อมูลสถานภาพโครงการการผลิตไฟฟ้าจากขยะในปัจจุบัน

จากฐานข้อมูลฐานข้อมูลโรงไฟฟ้าของสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (สำนักงาน กกพ.) ข้อมูล ณ วันที่ 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ปัจจุบันโรงไฟฟ้าขยะชุมชนมีกำลังการผลิตรวม 151.182 เมกกะวัตต์และมีปริมาณขายไฟฟ้าอยู่ที่ 139.56 เมกกะวัตต์ ภายในปี พ.ศ. 2579 ตามแผนพลังงานทดแทนและทางเลือกจะต้องมีการผลิตไฟฟ้าจากขยะให้ได้ 500 เมกกะวัตต์

ตารางที่ 4.1 สถานภาพปัจจุบันของโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ (สถานะ COD แล้ว)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงไฟฟ้า SPP			**โรงไฟฟ้า VSPP**			**รวมโรงไฟฟ้าทั้งหมด**		
จำนวนโครงการ	กำลังการผลิตติดตั้ง (MW)	ปริมาณขายตามสัญญา (MW)	จำนวนโครงการ	กำลังการผลิตติดตั้ง (MW)	ปริมาณขายตามสัญญา (MW)	จำนวนโครงการ	กำลังการผลิตติดตั้ง (MW)	ปริมาณขายตามสัญญา (MW)
2	80	73	24	71.182	66.56	26	151.182	139.56

ข้อมูลการดำเนินโครงการผลิตพลังงานจากขยะในประเทศในปัจจุบัน จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษที่มีการดำเนินการเชิงพาณิชย์ มีดังต่อไปนี้

- โครงการที่ใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration) มีดังนี้
  โครงการไฟฟ้าจากเตาเผาขยะ บริษัท พีเจที เทคโนโลยี จำกัด 2 โครงการ, โครงการโรงไฟฟ้าจากเตาเผาขยะ เทศบาลนครภูเก็ต, โครงการโรงไฟฟ้าขยะชุมชน บริษัท ทีพีไอ โพลีน เพาเวอร์ จำกัด, โครงการโรงไฟฟ้าขยะชุมชน บจก. บางปู เอนไวรอเมนทอล คอมเพล็กซ์
- โครงการที่ใช้เทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (MWS Gasification) มีดังนี้
  โครงการกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนและแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า บริษัท จีเดค จำกัด, โครงการกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนและแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า บริษัท เกาะแก้ว กรีน เอ็นเนอร์ยี่ แมเนจเมนท์ จำกัด, โครงการโรงไฟฟ้าก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะ บริษัท อินทจันทร์ คลีน เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด
- โครงการที่ใช้เทคโนโลยีการย่อยสลาย แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) มีดังนี้
  โครงการผลิตปุ๋ยอินทรีย์และกระแสไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย เทศบาลนครนครราชสีมา, โครงการผลิตปุ๋ยอินทรีย์และพลังงาน เทศบาลนครระยอง, โครงการโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักขยะชุมชน บริษัท โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนทุ่งสง จำกัด, โครงการโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักขยะ บริษัท รักษ์บ้านเรา จำกัด

4.2 ทางเลือกสำหรับโรงไฟฟ้าขยะชุมชนในประเทศไทย

การที่โครงการผลิตพลังงานขยะชุมชนจะสามารถประสบความสำเร็จได้นั้น จำต้องมีการพิจารณาในหลายๆ ด้าน ทั้งด้านเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงาน ซึ่งต้องครอบคลุมในด้านวิศวกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านการยอมรับของภาคประชาชนด้วย ในปัจจุบันโครงการโรงไฟฟ้าขยะชุมชนชุมชนมักจะประสบกับ ปัญหาปริมาณขยะมีมากจนไม่สามารถนำมาผลิตพลังงานได้ทัน ทำให้ต้องเก็บขยะเอาไว้ในหลุมฝังกลบจนไม่มีพื้นที่เพียงพอต่อการใช้งาน โรงไฟฟ้าขยะชุมชนชุมชนหลายๆ โครงการจึงมีแนวโน้มที่จะขยายกำลังการผลิตในอนาคตเพื่อรองรับกับปริมาณขยะที่มีแต่เพิ่มขึ้นในทุกๆ วัน สำหรับโครงการโรงไฟฟ้าขยะชุมชนที่จะก่อสร้างขึ้นมาใหม่จากรายงานของกระทรวงพลังงานได้ระบุไว้ว่า ควรจะมีกำลังการผลิตมากกว่า 2.5 เมกกะวัตต์จึงจะเหมาะสมกับการลงทุน ในงานวิจัยนี้จึงเลือกที่จะศึกษาโรงไฟฟ้าขยะชุมชนที่กำลังการผลิต 3 เมกกะวัตต์ โดยที่พิจารณาจาก 3 เทคโนโลยีที่เป็นเทคโนโลยีเชิงพาณิชย์ (Commercial Technology) ที่ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน อันได้แก่ เทคโนโลยีผลิตพลังงานโดยใช้เตาเผาขยะชุมชน (Incineration) เทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (MWS Gasification) เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้

ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) และผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Reuse Derived Fuel: RDF) ซึ่งในแต่ละเทคโนโลยีมีทางเลือกและความเสี่ยงที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการพิจารณาข้อมูลเชิงลึก เพื่อเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดของแต่ละเทคโนโลยีเพื่อเปรียบเทียบกัน ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลของกระทรวงพลังงาน ปริมาณขยะจากกรมควบคุมมลพิษและจากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปทางเลือกโดยรวมสำหรับโรงไฟฟ้าขยะชุมชนได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สรุปทางเลือกสำหรับโรงไฟฟ้าขยะชุมชนในประเทศไทย

	Option	คำอธิบาย
1	ชะลอการลงทุนโครงการ	เมื่อพิจารณาแล้วว่าในอนาคตต้นของเทคโนโลยีนั้นๆ จะมีราคาถูกลง
2	ขยายกิจการ (โครงการ)	เมื่อพิจารณาแล้วว่าในอนาคต หากเพิ่มการผลิตจะทำให้โครงการได้กำไรเพิ่มมากขึ้น
3	ยกเลิกโครงการ	เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าหากลงทุนไปแล้วทำให้ขาดทุน
4	เปลี่ยนเทคโนโลยีใหม่	เมื่อพิจารณาแล้วว่าการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีทำให้ลดต้นทุนลงได้
5	เปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ (Raw Material)	เมื่อพิจารณาแล้วการเปลี่ยนเชื้อเพลิงตั้งต้นจะทำให้สร้างกำไรได้สูงขึ้น
6	เปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ (Product)	เมื่อพิจารณาแล้วว่าการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์สุดท้ายแล้วสามารถสร้างกำไรได้มาก

ในการกำหนดทางเลือกในงานวิจัยนี้ มีการกำหนดทางเลือกหลักๆ ดังนี้ การลงทุนทันทีในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 3 MW, การชะลอการลงทุน 2 ปีก่อนทำการลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 3 MW และการขยายการลงทุนเพิ่ม 1.5 MW เป็น 4.5 MW

- การลงทุนทันทีขนาด 3 MW : จากรายงานของกระทรวงพลังงานได้ระบุไว้ว่า ควรจะมีกำลังการผลิตมากกว่า 2.5 เมกกะวัตต์จึงจะเหมาะสมกับการลงทุน
- การชะลอการลงทุน 2 ปี : เพื่อรอให้ต้นทุนของเทคโนโลยีถูกลง จากการศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยต่างๆ ย้อนหลัง พบว่า ในช่วงระยะเวลา 2-3 ปี ต้นทุนของโรงไฟฟ้าขยะชุมชนจะลดลงโดยประมาณ 5 – 8 % ของต้นทุนรวมทั้งหมด แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้าขยะชุมชนด้วย
- การขยายการลงทุนเพิ่มขึ้น 1.5 MW : เนื่องจากเหตุผลที่ได้กล่าวไปข้างต้นว่าโรงไฟฟ้าขยะชุมชนส่วนใหญ่มีกำลังการผลิตไม่เพียงต่อวัตถุดิบที่มีอยู่ การขยายกำลังการผลิตจะสามารถช่วยแก้ปัญหาในส่วนนี้ได้เป็นอย่างดี จากการรวบรวมข้อมูลศักยภาพในการผลิตพลังงานจากขยะชุมชนรายจังหวัด เอกสารความรู้พลังงานจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานพบว่า จังหวัดที่มีปริมาณขยะน้อยที่สุดสามารถผลิตขยะอยู่ในช่วง 1.5 MW ดังนั้นจึงเลือกปริมาณไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 1.5 MW เมื่อมีขยายกำลังการผลิตโรงไฟฟ้า

โดยสามารถแบ่งทางเลือกตามเทคโนโลยีได้ดังนี้

4.2.1 เทคโนโลยีผลิตพลังงานโดยใช้เตาเผาขยะชุมชน (Incineration) แบ่งพิจารณาใน 3 ทางเลือก คือ การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนทันที, ชะลอการลงทุนเอาไว้ก่อนเพื่อรอให้ต้นทุนของเตาเผาราคาถูกลง และขยายการลงทุนในโรงไฟฟ้าเพิ่มเติมในอีก 2 ปีข้างหน้า

4.2.2 เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) และผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Reuse Derived Fuel: RDF) แบ่งพิจารณาใน 4 ทางเลือก คือ การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนทันที, ชะลอการลงทุนเอาไว้ ก่อนเพื่อรอให้ต้นทุนราคาถูกลงในระยะเวลา 2 ปี, ขยายการลงทุนในโรงไฟฟ้าเพิ่มเติมในอีก 2 ปีข้างหน้า และการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย ซึ่งหมายความว่าจากกระบวนการผลิตเพื่อเอาก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้า เปลี่ยนมาเป็นการขายก๊าซชีวภาพโดยตรงแทน

4.2.3 เทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (MWS Gasification) แบ่งพิจารณาใน 3 ทางเลือก คือ การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนทันที, ชะลอการลงทุนเอาไว้เพื่อลงทุนในอีก 2 ปีข้างหน้า และเปลี่ยนวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิต (เปลี่ยนจากวัตถุดิบจากขยะเป็นชีวมวล เป็นต้น เนื่องจากเทคโนโลยี Gasification เหมาะกับเชื้อเพลิงประเภทชีวมวลมากที่สุด)

สรุปการกำหนดทางเลือก 10 ทางเลือก ดังต่อไปนี้

ทางเลือกที่ 1 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Incineration ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที

ทางเลือกที่ 2 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Incineration ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี

ทางเลือกที่ 3 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Incineration ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันที

ทางเลือกที่ 4 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที

ทางเลือกที่ 5 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี

ทางเลือกที่ 6 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันที

ทางเลือกที่ 7 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 3 MW โดยเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ขายขั้นสุดท้าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทางเลือกที่ 8 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที

ทางเลือกที่ 9 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี

ทางเลือกที่ 10 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW โดยการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบในการผลิต

4.3 ผลการวิเคราะห์กระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash flow) ของการก่อสร้างโรงไฟฟ้ากรณีฐาน

4.3.1 สมมุติฐานในการคำนวณต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนของแต่ละเทคโนโลยี

การลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะชุมชนชุมชน ประกอบไปด้วยต้นทุน 2 ส่วน คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Investment Cost) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operating Cost) โดยค่าใช้จ่ายในการลงทุนจะประกอบไปด้วย ค่าที่ดิน ค่าเครื่องจักรอุปกรณ์ อาคารและโรงงาน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประกอบไปด้วย เงินเดือนพนักงาน ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษาระบบประจำปี ต้นทุนในการเดินระบบและกองทุนพัฒนาชุมชนพื้นที่โรงไฟฟ้า ซึ่งจากการคำนวณสามารถสรุปต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนชุมชนของแต่ละเทคโนโลยีได้ดังตาราง ดังนี้

- โรงไฟฟ้าเทคโนโลยีเตาเผาขยะชุมชน (Incineration)

ตารางที่ 4.3 สมมุติฐานในการคำนวณเทคโนโลยีเตาเผาขยะชุมชน (Incineration)

รายละเอียด			**หน่วย**
1	**Investment cost**	**681,770,000**	**บาท**
2	**Operating exp. (ต่อปี)**		
	labor cost	11,652,000	บาท
	กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า	150,000	บาท
	ต้นทุนในการเดินระบบ	20,366,377	บาท
	ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี	6,042,000	บาท
		38,510,377	**บาท**

Chulalongkorn University

- โรงไฟฟ้าเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel: RDF)

ตารางที่ 4.4 สมมุติฐานในการคำนวณเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel: RDF)

รายละเอียด			**หน่วย**
1	**Investment cost**	**471,993,000**	**บาท**
2	**Operating exp. (ต่อปี)**		
	labor cost	11,652,000	บาท
	กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า	150,000	บาท
	ต้นทุนในการเดินระบบ	33,039,510	บาท
	ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี	14,159,790	บาท
		59,001,300	**บาท**

- โรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification)

ตารางที่ 4.5 สมมุติฐานในการคำนวณเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification)

รายละเอียด			**หน่วย**
1	**Investment cost**	**447,039,372**	**บาท**
2	**Operating exp. (ต่อปี)**		
	labor cost	12,552,000	บาท
	กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า	150,000	บาท
	ต้นทุนในการเดินระบบ	44,703,937	บาท
	ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี	22,351,969	บาท
		79,757,906	**บาท**

** ต้นทุนในการเดินระบบ เช่น ค่าใช้จ่ายผันแปรในปีแรกที่เริ่มเดินระบบประมาณ, ต้นทุนในการเดินเครื่องและการผลิตไฟฟ้า, ค่าใช้จ่ายในการซ่อมเปลี่ยนชิ้นส่วนของเครื่องจักร, ค่าน้ำ, ค่าไฟฟ้า, ค่าประกันภัยโรงงาน เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

- รายละเอียดค่าใช้จ่ายเงินเดือนพนักงานของโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ

ตารางที่ 4.6 ค่าใช้จ่ายพนักงานด้านบริหารในโครงการ

บุคคลากรในการบริหาร		เงินเดือน/คน	จำนวนคน	เงินเดือนรวม
1	ผู้จัดการโรงงาน	75,000	1	75,000
2	ผู้จัดการฝ่ายธุรการ	55,000	1	55,000
3	ผู้จัดการปฏิบัติการ	50,000	1	50,000
4	วิศวกรรมเครื่องกล	30,000	1	30,000
5	วิศวกรไฟฟ้าและเครื่องมือ	25,000	1	25,000
6	เจ้าหน้าที่อาชีวอนามัยและความปลอดภัย	20,000	1	20,000
7	ธุรการสำนักงาน	16,000	1	16,000
8	เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย	15,000	2	30,000
9	เจ้าหน้าที่ทำความสะอาด	10,000	1	10,000
	รวม			311,000

ตารางที่ 4.7 ค่าใช้จ่ายพนักงานในด้านการเดินระบบ

บุคคลากรในการเดินระบบ		เงินเดือน/คน	จำนวนคน	เงินเดือนรวม
1	Platform observer	30,000	2	60,000
2	เจ้าหน้าที่ขับรถตักขี้เถ้า	20,000	4	80,000
3	หัวหน้ากะ	25,000	3	75,000
4	เจ้าหน้าที่ควบคุมเครน	35,000	3	105,000
5	เจ้าหน้าที่ควบคุมเตาเผา/หม้อไอน้ำ	40,000	4	160,000
6	Mechanical Equipment Management Staff	30,000	2	60,000
7	E&I Equipment Management Staff	30,000	2	60,000
8	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	18,000	2	36,000
9	พนักงานคัดแยกขยะขนาดใหญ่และควบคุมเครื่องย่อย	12,000	2	24,000
	รวม			660,000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- รายละเอียดการคำนวณต้นทุนทางการเงินเฉลี่ยของเงินทุน (Weighted Average Cost of Capital: WACC) เพื่อนำมาใช้เป็นอัตราส่วน (r) สำหรับการวิเคราะห์ทางการเงินเพื่อประเมินผลตอบแทนของโครงการ โดยในงานวิจัยนี้จะใช้ค่า WACC ค่าเท่ากับ 7.57% ซึ่งสามารถคำนวณจากสูตร (กฤติย รังสิต, 2554)

$$WACC = W_d k_d (1-T) + W_p k_p + W_s k_s \quad (4.1)$$

โดยที่ W_d คือ สัดส่วนของหนี้สินในโครงสร้างเงินทุนเป้าหมาย

W_p คือ สัดส่วนของหุ้นบุริมสิทธิ์ในโครงสร้างเงินทุนเป้าหมาย

W_s คือ สัดส่วนของส่วนของเจ้าของในโครงสร้างเงินทุนเป้าหมาย

k_d คือ ต้นทุนก่อนหักภาษีของหนี้สินใหม่

k_p คือ ต้นทุนของหุ้นบุริมสิทธิ์ใหม่

k_s คือ ต้นทุนของกำไรสะสม

T คือ อัตราภาษีเงินได้นิติบุคคล

- รายละเอียดการคำนวณ FiT ซึ่งถือว่าเป็นรายรับโครงการใช้ข้อมูลในการคำนวณดังนี้

ตารางที่ 4.8 การคำนวณ Feed-in Tariff

Feed-in Tariff (FiT)			
กำลังการผลิต 1-3 MW		กำลังการผลิต > 3 MW	
- FiT_F	2.61	- FiT	2.39
- FiT_V	3.21	- FiTv	2.69
- FiT	5.82	- FiT	5.08
-FiT Premium 8 ปีแรก	0.7	-FiT Premium 8 ปีแรก	0.7
-อัตราการเปลี่ยนแปลงของ FiT_V	3%	-อัตราการเปลี่ยนแปลงของ FiT_V	3%
รายรับจากการขายไฟฟ้าต่อหน่วย (บาท)	6.616	รายรับจากการขายไฟฟ้าต่อหน่วย (บาท)	5.86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.2 ผลการวิเคราะห์กระแสเงินสดคิดลด

การคิดผลตอบแทนการลงทุนจากการวิเคราะห์กระแสเงินสดคิดลดของการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะชุมชนของแต่ละเทคโนโลยี ได้มีการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในการลงทุน (IRR) เพื่อนำค่าในการคำนวณที่ได้มาช่วยในการตัดสินใจในการลงทุน ว่าในแต่ละโครงการดังกล่าวนั้น ควรค่าแก่การลงทุนหรือไม่ แสดงการวิเคราะห์ทางการเงิน (Discounted cash flow) ดังตารางที่ 4.10, 4.11 และ 4.12

1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเงินสดที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ 20 ปี กับมูลค่าปัจจุบันของเงินสดจ่ายออกไป ภายใต้โครงการที่กำลังพิจารณา โดยการลดค่าด้วยอัตราส่วนลด (r) ที่อัตรา 7.57 เปอร์เซ็นต์ โดยอัตราคิดลดที่ใช้คำนวณจาก WACC โดยคิดจากสัดส่วนของการลงทุนในส่วนของหนี้สินระยะยาวและส่วนของเจ้าของ

โรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) ขนาด 3 MW

เมื่อใช้ n = 20 , r = 7.57 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ มีค่าเท่ากับ 100,562,104.38 บาท ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 จึงสรุปได้ว่าโครงการนี้คุ้มค่ากับการลงทุน

โรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 3 MW

เมื่อใช้ n = 20 , r = 7.57 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ มีค่าเท่ากับ 120,591,578.14 บาท ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 จึงสรุปได้ว่าโครงการนี้คุ้มค่ากับการลงทุน

โรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ขนาด 3 MW

เมื่อใช้ n = 20 , r = 7.57 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ มีค่าเท่ากับ -35,435,355.41 บาท ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 จึงสรุปได้ว่าโครงการนี้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR)

เป็นอัตราที่นำไปลดค่าแล้วทำให้กระแสเงินสดรับเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายพอดี นั่นคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 0 วิธีการคำนวณเหมือนกับวิธีการของการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิเพียงแต่เปลี่ยนการใช้อัตราลดค่าจากอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำมาเป็นอัตราลดค่าหลาย ๆ ค่า จนกระทั่งได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) ขนาด 3 MW

เมื่อใช้ n = 20 , r = 7.57 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของกระแส เงินสดรับสุทธิตั้งแต่ปีเริ่มต้นถึงปีที่ 20 เท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรกคือ 681,770,000 บาท พอดี ดังนั้น อัตราผลตอบแทนภายในที่แท้จริงซึ่งได้จากโครงการเท่ากับ 9.14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราผลตอบแทนภายในที่ต้องการจากการลงทุน 7.57 เปอร์เซ็นต์ จึงสรุปได้ว่า IRR > อัตราผลตอบแทนภายในที่ต้องการที่ต้องการจากการลงทุนจึงยอมรับโครงการ

โรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 3 MW

เมื่อใช้ n = 20 , r = 7.57 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของกระแส เงินสดรับสุทธิตั้งแต่ปีเริ่มต้นถึงปีที่ 20 เท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรกคือ 471,993,000 บาท พอดี ดังนั้น อัตรา

ผลตอบแทนภายในที่แท้จริงซึ่งได้จากโครงการเท่ากับ 10.24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราผลตอบแทนภายในที่ต้องการจากการลงทุน 7.57 เปอร์เซ็นต์ จึงสรุปได้ว่า IRR > อัตราผลตอบแทนภายในที่ต้องการที่ต้องการจากการลงทุนจึงยอมรับโครงการ

โรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ขนาด 3 MW

เมื่อใช้ n = 20 , r = 7.57 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของกระแส เงินสดรับสุทธิตั้งแต่ปีเริ่มต้นถึงปีที่ 20 เท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรกคือ 447,039,372.42 บาท พอดี ดังนั้น อัตราผลตอบแทนภายในที่แท้จริงซึ่งได้จากโครงการเท่ากับ 6.70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอัตราผลตอบแทนภายในที่ต้องการจากการลงทุน 7.57 เปอร์เซ็นต์ จึงสรุปได้ว่า IRR < อัตราผลตอบแทนภายในที่ต้องการที่ต้องการจากการลงทุน ไม่ควรยอมรับโครงการ

ผลการประเมินพบว่า การลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) ขนาด 3 MW มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 100,562,104.38 บาท อัตราผลตอบแทนภายในการลงทุน (IRR) เท่ากับ 9.14% การลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 3 MW มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 120,591,578.14 บาท อัตราผลตอบแทนภายในการลงทุน (IRR) เท่ากับ 10.24% และการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ขนาด 3 MW มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ -35,435,355.41 บาท อัตราผลตอบแทนภายในการลงทุน (IRR) เท่ากับ 6.70% เมื่อพิจารณาตัวชี้วัดทางการเงินของการลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชนในกรณีฐาน สรุปได้ว่า การลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 3 MW มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.9 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย Incineration ปีที่ 1- 5

ปีที่	0	1	2	3	4	5
ขายไฟฟ้า		142,005,600.00	146,265,768.00	150,653,741.04	155,173,353.27	159,828,553.87
ค่าบริการจำกัดขยะ		54,000,000.00	55,620,000.00	57,288,600.00	59,007,258.00	60,777,475.74
รายได้รวม		196,005,600.00	201,885,768.00	207,942,341.04	214,180,611.27	220,606,029.61
labor cost		11,652,000.00	12,001,560.00	12,361,606.80	12,732,455.00	13,114,428.65
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		150,000.00	154,500.00	159,135.00	163,909.05	168,826.32
ต้นทุนในการเดินระบบ		20,366,377.00	20,977,368.31	21,606,689.36	22,254,890.04	22,922,536.74
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		6,042,000.00	6,223,260.00	6,409,957.80	6,602,256.53	6,800,324.23
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		8,391,240.00	8,642,977.20	8,902,266.52	9,169,334.51	9,444,414.55
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		80,690,117.00	82,088,165.51	83,528,155.48	85,011,345.14	86,539,030.49
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี					- 78,847,060.17	- 78,847,060.17
รายรับคงเหลือ		115,315,483.00	119,797,602.49	124,414,185.56	50,322,205.97	55,219,938.95
ภาษี	30%	34,594,644.90	35,939,280.75	37,324,255.67	15,096,661.79	16,565,981.69
กระแสเงินสด	**- 681,770,000.00**	**80,720,838.10**	**83,858,321.74**	**87,089,929.9**	**35,225,544.18**	**38,653,957.27**

ตารางที่ 4.9 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย Incineration ปีที่ 6 - 10

ปีที่	0	6	7	8	9	10
ขายไฟฟ้า		164,623,410.49	169,562,112.80	174,648,976.18	179,888,445.47	185,285,098.83
ค่าบริการจำกัดขยะ		62,600,800.01	64,478,824.01	66,413,188.73	68,405,584.39	70,457,751.93
รายได้รวม		227,224,210.50	234,040,936.81	241,062,164.92	248,294,029.86	255,742,850.76
labor cost		13,507,861.51	13,913,097.36	14,330,490.28	14,760,404.99	15,203,217.14
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		173,891.11	179,107.84	184,481.08	190,015.51	195,715.98
ต้นทุนในการเดินระบบ		23,610,212.84	24,318,519.23	25,048,074.81	25,799,517.05	26,573,502.56
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		7,004,333.96	7,214,463.98	7,430,897.89	7,653,824.83	7,883,439.58
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		9,727,746.98	10,019,579.39	10,320,166.77	10,629,771.78	10,948,664.93
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		88,112,546.41	89,733,267.80	91,402,610.83	93,122,034.16	94,893,040.18
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 78,847,060.17	- 78,847,060.17	- 78,847,060.17	- 78,847,060.17	- 78,847,060.17
รายรับคงเหลือ		60,264,603.92	65,460,608.85	70,812,493.92	76,324,935.54	82,002,750.41
ภาษี	30%	18,079,381.18	19,638,182.65	21,243,748.18	22,897,480.66	24,600,825.12
กระแสเงินสด	**- 681,770,000.00**	**42,185,222.75**	**45,822,426.19**	**49,568,745.74**	**53,427,454.88**	**57,401,925.29**

ตารางที่ 4.9 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย Incineration ปีที่ 11-15

ปีที่	0	11	12	13	14	15
ขายไฟฟ้า		190,843,651.80	196,568,961.35	202,466,030.19	208,540,011.10	214,796,211.43
ค่าบริการจำกัดขยะ		72,571,484.48	74,748,629.02	76,991,087.89	79,300,820.53	81,679,845.14
รายได้รวม		263,415,136.28	271,317,590.37	279,457,118.08	287,840,831.63	296,476,056.57
labor cost		15,659,313.65	16,129,093.06	16,612,965.85	17,111,354.83	17,624,695.47
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		201,587.46	207,635.08	213,864.13	220,280.06	226,888.46
ต้นทุนในการเดินระบบ		27,370,707.64	28,191,828.87	29,037,583.73	29,908,711.25	30,805,972.58
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		8,119,942.76	8,363,541.05	8,614,447.28	8,872,880.70	9,139,067.12
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		11,277,124.88	11,615,438.63	11,963,901.78	12,322,818.84	12,692,503.40
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		96,717,176.39	98,596,036.68	100,531,262.78	102,524,545.67	104,577,627.04
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 78,847,060.17	- 78,847,060.17	- 78,847,060.17		
รายรับคงเหลือ		87,850,899.73	93,874,493.52	100,078,795.14	185,316,285.96	191,898,429.54
ภาษี	30%	26,355,269.92	28,162,348.06	30,023,638.54	55,594,885.79	57,569,528.86
กระแสเงินสด	**- 681,770,000.00**	**61,495,629.81**	**65,712,145.47**	**70,055,156.59**	**129,721,400.17**	**134,328,900.68**

ตารางที่ 4.9 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย Incineration ปีที่ 16-20

ปีที่	0	16	17	18	19	20
ขายไฟฟ้า		221,240,097.77	227,877,300.71	234,713,619.73	241,755,028.32	249,007,679.17
ค่าบริการจำกัดขยะ		84,130,240.50	86,654,147.71	89,253,772.14	91,931,385.31	94,689,326.87
รายได้รวม		305,370,338.27	314,531,448.42	323,967,391.87	333,686,413.63	343,697,006.04
labor cost		18,153,436.34	18,698,039.43	19,258,980.61	19,836,750.03	20,431,852.53
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		233,695.11	240,705.97	247,927.14	255,364.96	263,025.91
ต้นทุนในการเดินระบบ		31,730,151.76	32,682,056.31	33,662,518.00	34,672,393.54	35,712,565.35
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		9,413,239.13	9,695,636.31	9,986,505.39	10,286,100.56	10,594,683.57
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		13,073,278.50	13,465,476.86	13,869,441.17	14,285,524.40	14,714,090.13
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		106,692,300.85	108,870,414.87	111,113,872.32	113,424,633.49	115,804,717.49
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี						
รายรับคงเหลือ		198,678,037.42	205,661,033.55	212,853,519.55	220,261,780.14	227,892,288.54
ภาษี	30%	59,603,411.23	61,698,310.06	63,856,055.87	66,078,534.04	68,367,686.56
กระแสเงินสด	**- 681,770,000.00**	**139,074,626.20**	**143,962,723.48**	**148,997,463.69**	**154,183,246.10**	**159,524,601.98**

ตารางที่ 4.10 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel: RDF) ปีที่ 1-5

ปีที่		0	1	2	3	4	5
ขายไฟฟ้า			75,521,160.00	77,786,794.80	80,120,398.64	82,524,010.60	84,999,730.92
ค่าบริการจำกัดขยะ			54,000,000.00	55,620,000.00	57,288,600.00	59,007,258.00	60,777,475.74
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ			4,950,000.00	5,098,500.00	5,251,455.00	5,408,998.65	5,571,268.61
รายได้จากการขาย RDF			35,640,000.00	36,709,200.00	37,810,476.00	38,944,790.28	40,113,133.99
รายได้รวม			170,111,160.00	175,214,494.80	180,470,929.64	185,885,057.53	191,461,609.26
labor cost			11,652,000.00	12,001,560.00	12,361,606.80	12,732,455.00	13,114,428.65
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า			150,000.00	154,500.00	159,135.00	163,909.05	168,826.32
ต้นทุนในการเดินระบบ			33,039,510.00	34,030,695.30	35,051,616.16	36,103,164.64	37,186,259.58
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี			14,159,790.00	14,584,583.70	15,022,121.21	15,472,784.85	15,936,968.39
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง			23,599,650.00	23,599,650	23,599,650	23,599,650	23,599,650
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ			82,600,950.00	84,370,989.00	86,194,129.17	88,071,963.55	90,006,132.95
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี						- 59,067,678.54	- 59,067,678.54
รายรับคงเหลือ			87,510,210.00	90,843,505.80	94,276,800.47	38,745,415.45	42,387,797.77
ภาษี	30%		26,253,063.00	27,253,051.74	28,283,040.14	11,623,624.64	12,716,339.33
กระแสเงินสด		- 471,993,000	61,257,147.00	63,590,454.06	65,993,760.33	27,121,790.82	29,671,458.44

ตารางที่ 4.10 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel: RDF) ปีที่ 6-10

ปีที่		0	6	7	8	9	10
ขายไฟฟ้า			87,549,722.85	90,176,214.53	92,881,500.97	95,667,946.00	98,537,984.38
ค่าบริการจำกัดขยะ			62,600,800.01	64,478,824.01	66,413,188.73	68,405,584.39	70,457,751.93
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ			5,738,406.67	5,910,558.87	6,087,875.63	6,270,511.90	6,458,627.26
รายได้จากการขาย RDF			41,316,528.01	42,556,023.85	43,832,704.56	45,147,685.70	46,502,116.27
รายได้รวม			197,205,457.54	203,121,621.26	209,215,269.90	215,491,728.00	221,956,479.84
labor cost			13,507,861.51	13,913,097.36	14,330,490.28	14,760,404.99	15,203,217.14
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า			173,891.11	179,107.84	184,481.08	190,015.51	195,715.98
ต้นทุนในการเดินระบบ			38,301,847.37	39,450,902.79	40,634,429.88	41,853,462.77	43,109,066.65
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี			16,415,077.44	16,907,529.77	17,414,755.66	17,937,198.33	18,475,314.28
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง			23,599,650	23,599,650	23,599,650	23,599,650	23,599,650
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ			91,998,327.44	94,050,287.76	96,163,806.90	98,340,731.60	100,582,964.05
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		-	59,067,678.54	- 59,067,678.54	- 59,067,678.54	- 59,067,678.54	- 59,067,678.54
รายรับคงเหลือ			46,139,451.56	50,003,654.96	53,983,784.47	58,083,317.86	62,305,837.25
ภาษี	30%		13,841,835.47	15,001,096.49	16,195,135.34	17,424,995.36	18,691,751.17
กระแสเงินสด		- 471,993,000	32,297,616.09	35,002,558.47	37,788,649.13	40,658,322.50	43,614,086.07

ตารางที่ 4.10 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel: RDF) ปีที่ 11-15

ปีที่		0	11	12	13	14	15
ขายไฟฟ้า			101,494,123.91	104,538,947.63	107,675,116.06	110,905,369.54	114,232,530.63
ค่าบริการจำกัดขยะ			72,571,484.48	74,748,629.02	76,991,087.89	79,300,820.53	81,679,845.14
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ			6,652,386.08	6,851,957.66	7,057,516.39	7,269,241.88	7,487,319.14
รายได้จากการขาย RDF			47,897,179.76	49,334,095.15	50,814,118.01	52,338,541.55	53,908,697.79
รายได้รวม			228,615,174.23	235,473,629.46	242,537,838.34	249,813,973.49	257,308,392.70
labor cost			15,659,313.65	16,129,093.06	16,612,965.85	17,111,354.83	17,624,695.47
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า			201,587.46	207,635.08	213,864.13	220,280.06	226,888.46
ต้นทุนในการเดินระบบ			44,402,338.65	45,734,408.81	47,106,441.08	48,519,634.31	49,975,223.34
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี			19,029,573.71	19,600,460.92	20,188,474.75	20,794,128.99	21,417,952.86
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง			23,599,650	23,599,650	23,599,650	23,599,650	23,599,650
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ			102,892,463.47	105,271,247.88	107,721,395.81	110,245,048.19	112,844,410.13
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี			- 59,067,678.54	- 59,067,678.54	- 59,067,678.54		
รายรับคงเหลือ			66,655,032.22	71,134,703.05	75,748,763.99	139,568,925.31	144,463,982.57
ภาษี	30%		19,996,509.67	21,340,410.91	22,724,629.20	41,870,677.59	43,339,194.77
กระแสเงินสด		**- 471,993,000**	**46,658,522.56**	**49,794,292.13**	**53,024,134.80**	**97,698,247.71**	**101,124,787.80**

ตารางที่ 4.10 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel: RDF) ปีที่ 16-20

ปีที่		0	16	17	18	19	20
ขายไฟฟ้า			117,659,506.54	121,189,291.74	124,824,970.49	128,569,719.61	132,426,811.20
ค่าบริการจำกัดขยะ			84,130,240.50	86,654,147.71	89,253,772.14	91,931,385.31	94,689,326.87
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ			7,711,938.71	7,943,296.87	8,181,595.78	8,427,043.65	8,679,854.96
รายได้จากการขาย RDF			55,525,958.73	57,191,737.49	58,907,489.61	60,674,714.30	62,494,955.73
รายได้รวม			265,027,644.48	272,978,473.81	281,167,828.03	289,602,862.87	298,290,948.76
labor cost			18,153,436.34	18,698,039.43	19,258,980.61	19,836,750.03	20,431,852.53
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า			233,695.11	240,705.97	247,927.14	255,364.96	263,025.91
ต้นทุนในการเดินระบบ			51,474,480.04	53,018,714.44	54,609,275.87	56,247,554.15	57,934,980.78
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี			22,060,491.45	22,722,306.19	23,403,975.37	24,106,094.64	24,829,277.48
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง			23,599,650	23,599,650	23,599,650	23,599,650	23,599,650
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ			115,521,752.94	118,279,416.03	121,119,809.01	124,045,413.78	127,058,786.69
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี							
รายรับคงเหลือ			149,505,891.54	154,699,057.79	160,048,019.02	165,557,449.09	171,232,162.07
ภาษี	30%		44,851,767.46	46,409,717.34	48,014,405.71	49,667,234.73	51,369,648.62
กระแสเงินสด		**- 471,993,000**	**104,654,124.08**	**108,289,340.45**	**112,033,613.32**	**115,890,214.37**	**119,862,513.45**

ตารางที่ 4.11 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ปีที่ 1-5

ปีที่		0	1	2	3	4	5
ขายไฟฟ้า			120,704,760.00	124,325,902.80	128,055,679.88	131,897,350.28	135,854,270.79
ค่าบริการจำกัดขยะ			54,000,000.00	55,620,000.00	57,288,600.00	59,007,258.00	60,777,475.74
รายได้รวม			**174,704,760.00**	**179,945,902.80**	**185,344,279.88**	**190,904,608.28**	**196,631,746.53**
labor cost			12,552,000.00	12,928,560.00	13,316,416.80	13,715,909.30	14,127,386.58
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า			150,000.00	154,500.00	159,135.00	163,909.05	168,826.32
ต้นทุนในการเดินระบบ			44,703,937.24	46,045,055.36	47,426,407.02	48,849,199.23	50,314,675.21
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี			22,351,968.62	23,022,527.68	23,713,203.51	24,424,599.62	25,157,337.60
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			8,391,240.00	8,642,977.20	8,902,266.52	9,169,334.51	9,444,414.55
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง			22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ			**110,501,114.48**	**113,145,588.86**	**115,869,397.47**	**118,674,920.33**	**121,564,608.88**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี						- 51,700,339.25	- 51,700,339.25
รายรับคงเหลือ			**64,203,645.52**	**66,800,313.94**	**69,474,882.42**	**20,529,348.69**	**23,366,798.39**
ภาษี	30%		19,261,093.65	20,040,094.18	20,842,464.73	6,158,804.61	7,010,039.52
กระแสเงินสด		**- 447,039,372.42**	**44,942,551.86**	**46,760,219.76**	**48,632,417.69**	**14,370,544.09**	**16,356,758.87**

ตารางที่ 4.11 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ปีที่ 6-10

ปีที่		0	6	7	8	9	10
ขายไฟฟ้า			139,929,898.91	144,127,795.88	148,451,629.76	152,905,178.65	157,492,334.01
ค่าบริการจำกัดขยะ			62,600,800.01	64,478,824.01	66,413,188.73	68,405,584.39	70,457,751.93
รายได้รวม			**202,530,698.92**	**208,606,619.89**	**214,864,818.49**	**221,310,763.04**	**227,950,085.94**
labor cost			14,551,208.18	14,987,744.43	15,437,376.76	15,900,498.06	16,377,513.00
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า			173,891.11	179,107.84	184,481.08	190,015.51	195,715.98
ต้นทุนในการเดินระบบ			51,824,115.46	53,378,838.93	54,980,204.10	56,629,610.22	58,328,498.52
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี			25,912,057.73	26,689,419.46	27,490,102.05	28,314,805.11	29,164,249.26
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			9,727,746.98	10,019,579.39	10,320,166.77	10,629,771.78	10,948,664.93
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง			22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ			**124,540,988.09**	**127,606,658.68**	**130,764,299.38**	**134,016,669.30**	**137,366,610.32**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี			- 51,700,339.25	- 51,700,339.25	- 51,700,339.25	- 51,700,339.25	- 51,700,339.25
รายรับคงเหลือ			**26,289,371.58**	**29,299,621.96**	**32,400,179.86**	**35,593,754.49**	**38,883,136.36**
ภาษี	30%		7,886,811.47	8,789,886.59	9,720,053.96	10,678,126.35	11,664,940.91
กระแสเงินสด		**- 447,039,372.42**	**18,402,560.11**	**20,509,735.37**	**22,680,125.90**	**24,915,628.14**	**27,218,195.45**

ตารางที่ 4.11 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ปีที่ 11-15

ปีที่	0	11	12	13	14	15
ขายไฟฟ้า		162,217,104.03	167,083,617.15	172,096,125.66	177,259,009.43	182,576,779.72
ค่าบริการจำกัดขยะ		72,571,484.48	74,748,629.02	76,991,087.89	79,300,820.53	81,679,845.14
รายได้รวม		234,788,588.51	241,832,246.17	249,087,213.55	256,559,829.96	264,256,624.86
labor cost		16,868,838.39	17,374,903.55	17,896,150.65	18,433,035.17	18,986,026.23
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		201,587.46	207,635.08	213,864.13	220,280.06	226,888.46
ต้นทุนในการเดินระบบ		60,078,353.48	61,880,704.09	63,737,125.21	65,649,238.96	67,618,716.13
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		30,039,176.74	30,940,352.04	31,868,562.60	32,824,619.48	33,809,358.07
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		11,277,124.88	11,615,438.63	11,963,901.78	12,322,818.84	12,692,503.40
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		140,817,049.57	144,371,002.00	148,031,573.00	151,801,961.13	155,685,460.91
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 51,700,339.25	- 51,700,339.25	- 51,700,339.25		
รายรับคงเหลือ		42,271,199.69	45,760,904.91	49,355,301.30	104,757,868.83	108,571,163.95
ภาษี	30%	12,681,359.91	13,728,271.47	14,806,590.39	31,427,360.65	32,571,349.19
กระแสเงินสด	**- 447,039,372.42**	**29,589,839.78**	**32,032,633.44**	**34,548,710.91**	**73,330,508.18**	**75,999,814.77**

ตารางที่ 4.11 ตารางกระแสเงินสดคิดลดเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ปีที่ 16-20

ปีที่	0	16	17	18	19	20
ขายไฟฟ้า		188,054,083.11	193,695,705.60	199,506,576.77	205,491,774.07	211,656,527.30
ค่าบริการจำกัดขยะ		84,130,240.50	86,654,147.71	89,253,772.14	91,931,385.31	94,689,326.87
รายได้รวม		272,184,323.61	280,349,853.31	288,760,348.91	297,423,159.38	306,345,854.16
labor cost		19,555,607.01	20,142,275.22	20,746,543.48	21,368,939.78	22,010,007.98
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		233,695.11	240,705.97	247,927.14	255,364.96	263,025.91
ต้นทุนในการเดินระบบ		69,647,277.62	71,736,695.95	73,888,796.82	76,105,460.73	78,388,624.55
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		34,823,638.81	35,868,347.97	36,944,398.41	38,052,730.36	39,194,312.28
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		13,073,278.50	13,465,476.86	13,869,441.17	14,285,524.40	14,714,090.13
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		159,685,465.68	163,805,470.59	168,049,075.65	172,419,988.86	176,922,029.47
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี						
รายรับคงเหลือ		112,498,857.93	116,544,382.72	120,711,273.27	125,003,170.52	129,423,824.70
ภาษี	30%	33,749,657.38	34,963,314.82	36,213,381.98	37,500,951.16	38,827,147.41
กระแสเงินสด	**- 447,039,372.42**	**78,749,200.55**	**81,581,067.91**	**84,497,891.29**	**87,502,219.37**	**90,596,677.29**

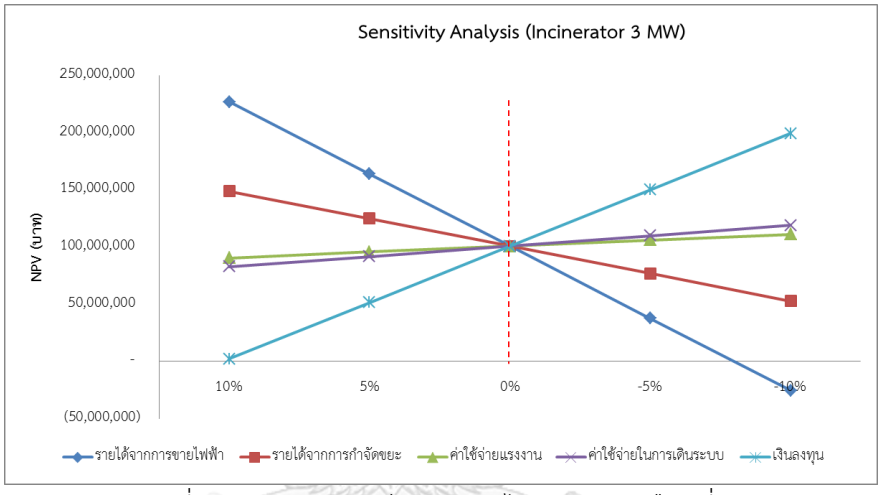
©CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ เป็นตัวชี้วัดให้เห็นว่าปัจจัยใดมีผลกระทบต่อการลงทุนของโครงการมากที่สุด ซึ่งปัจจัยที่มีความชันของเส้นกราฟมาก ปัจจัยนั้นควรพิจารณาอย่างระมัดระวังในการลงทุนเพราะมีความเสี่ยงสูงที่จะส่งผลกระทบต่อผลตอบแทนของโครงการ การวิเคราะห์ความอ่อนไหว แสดงผลการเปลี่ยนแปลงและแสดงในรูปแบบของกราฟ โดยแกน X คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงของแต่ละปัจจัยภายใต้เงื่อนไขต่างๆ และ แกน Y คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่ได้จากการคำนวณในตารางกระแสเงินสดคิดลด

ซึ่งปัจจัยที่มีผลกระทบต่อโครงการมากที่สุด คือ เงินลงทุนของแต่ละเทคโนโลยี เนื่องจากมีมูลค่าการลงทุนที่สูง ปัจจัยรองลงมาคือ รายได้จากการขายไฟฟ้าและค่ากำจัดขยะ (วัตถุดิบ) เนื่องจากปริมาณการผลิตไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณของวัตถุดิบ (ขยะ) ที่เข้าโรงไฟฟ้าและปัจจัยด้านต้นทุนการเดินระบบ ปัจจัยด้านรายได้จากการขายเชื้อเพลิง RDF เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการของทั้งหมด 10 ทางเลือก ดังนี้

- <u>ทางเลือกที่ 1</u> การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration) ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที

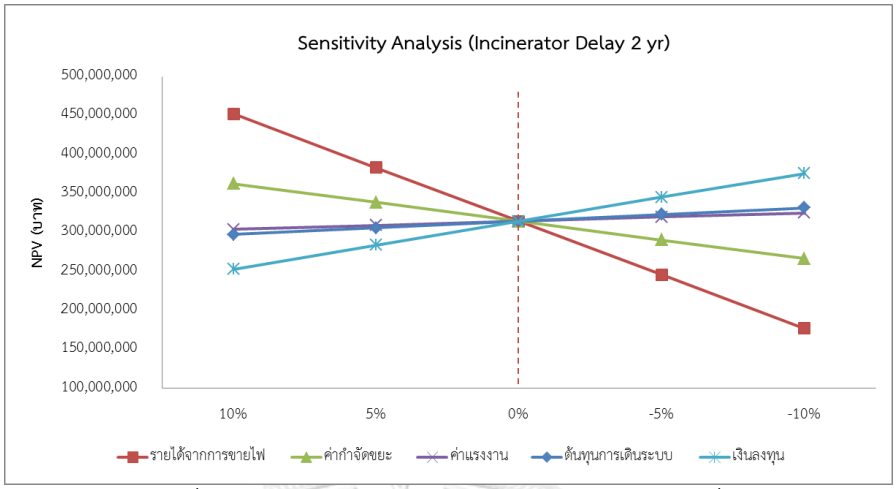


รูปที่ 4.1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 1

จากรูปที่ 4.1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 1 พบว่า เมื่อมีความคลาดเคลื่อนของรายได้จากการขายไฟฟ้าลดลง 10% ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิลดลงเหลือเท่ากับ -25,614,485.25 บาท ซึ่งถือว่าปัจจัยนี้ เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อโครงการมากที่สุด ในขณะที่ปัจจัยอื่นๆ เช่น เงินลงทุนของเทคโนโลยี ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ ยังไม่มีผลต่อโครงการมากเพราะมูลค่าปัจจุบันสุทธิยังคงมีค่าเป็นบวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

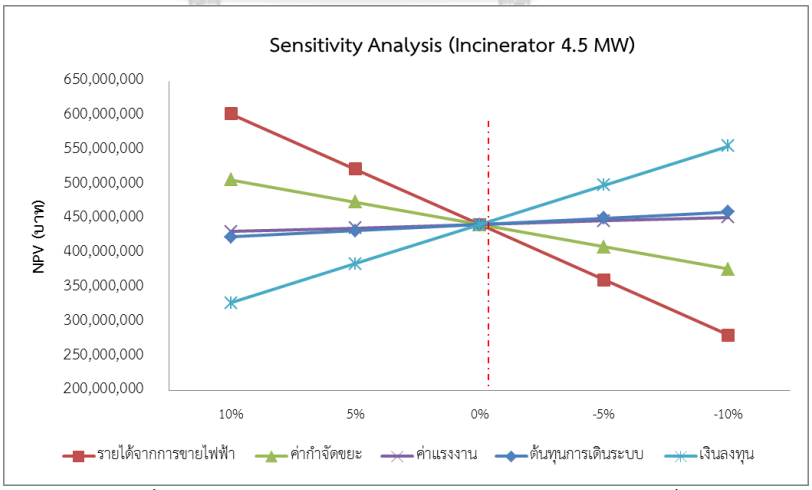
- <u>ทางเลือกที่ 2</u> การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration) ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี



รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 2

จากรูปที่ 4.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 2 พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อโครงการมากที่สุด คือ รายได้จากการขายไฟฟ้า, เงินลงทุนของแต่ละเทคโนโลยี, ค่ากำจัดขยะ (วัตถุดิบ) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ ตามลำดับ และถึงแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าของแต่ละปัจจัยทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงตามเงื่อนไข ก็ยังไม่มีผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากนัก เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิยังคงมีค่าเป็นบวก

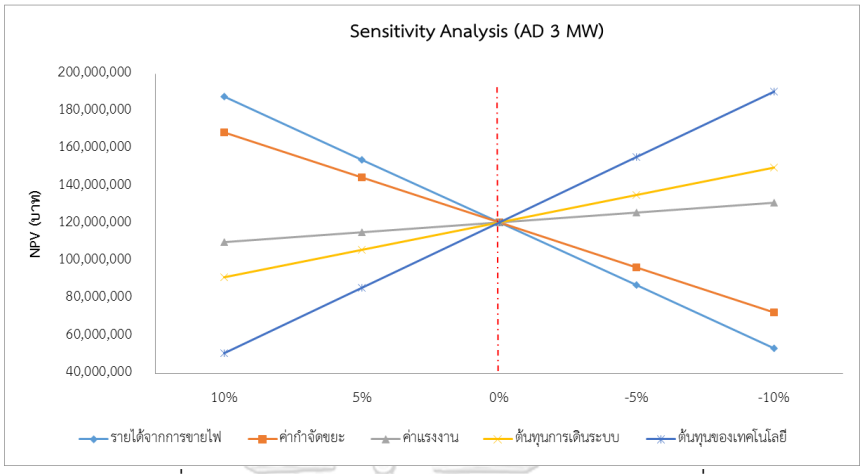
- <u>ทางเลือกที่ 3</u> การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีเตาเผา (Incineration) ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันที



รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 3

จากรูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 3 พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อโครงการมากที่สุด คือ รายได้จากการขายไฟฟ้า, เงินลงทุนของแต่ละเทคโนโลยี, ค่ากำจัดขยะ (วัตถุดิบ) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ ตามลำดับ

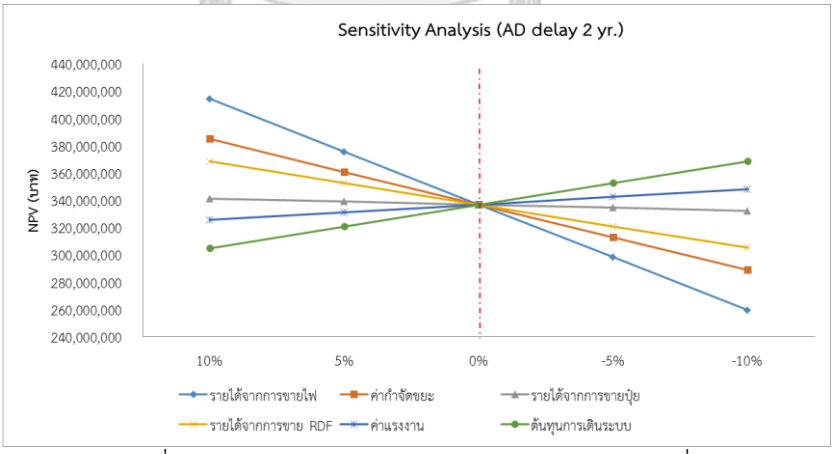
- <u>ทางเลือกที่ 4</u> การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที



รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 4

จากรูปที่ 4.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 4 พบว่า รายได้จากการขายไฟฟ้า, ค่ากำจัดขยะ (วัตถุดิบ) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ และเงินเดือน ตามลำดับ และถึงแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าของแต่ละปัจจัยทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงตามเงื่อนไข ก็ยังไม่มีผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากนัก เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิยังคงมีค่าเป็นบวก

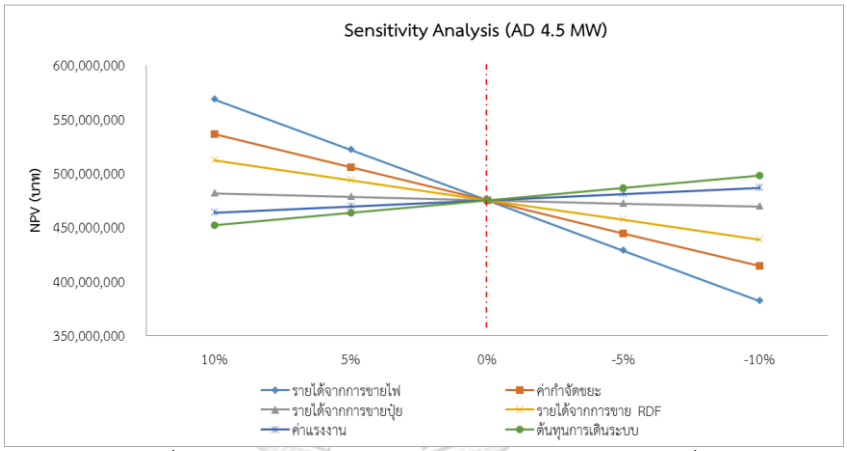
- <u>ทางเลือกที่ 5</u> การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี



รูปที่ 4.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 5

จากรูปที่ 4.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 5 พบว่า รายได้จากการขายไฟฟ้า, ค่ากำจัดขยะ (วัตถุดิบ), รายได้จากการขาย RDF, ค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ, ค่าแรงงาน และ รายได้จากการขายปุ๋ย ตามลำดับ และถึงแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าของแต่ละปัจจัยทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงตามเงื่อนไข ก็ยังไม่มีผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากนัก เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิยังคงมีค่าเป็นบวก

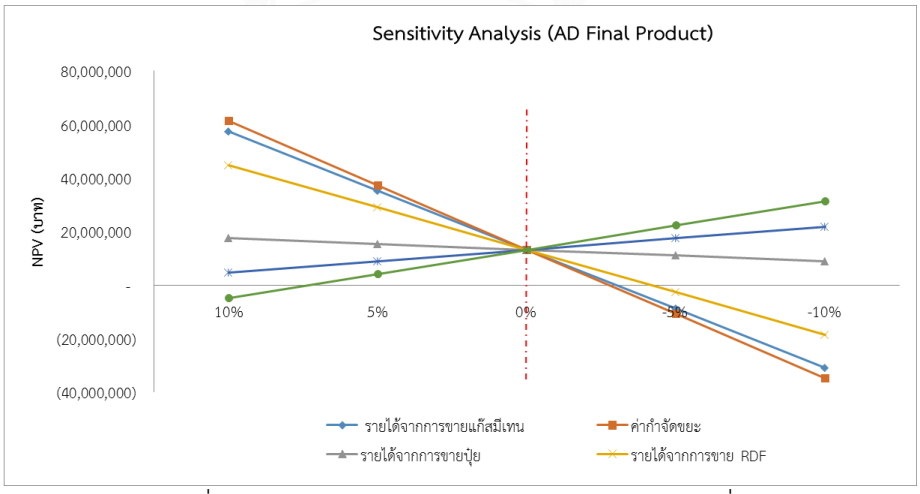
- <u>ทางเลือกที่ 6</u> การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และ การผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันที



รูปที่ 4.6 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 6

จากรูปที่ 4.6 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 6 พบว่า รายได้จากการขายไฟฟ้า, ค่ากำจัดขยะ (วัตถุดิบ), รายได้จากการขาย RDF, ค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ, ค่าแรงงาน และ รายได้จากการขายปุ๋ย ตามลำดับ และถึงแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าของแต่ละปัจจัยทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงตามเงื่อนไข ก็ยังไม่มีผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากนัก เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิยังคงมีค่าเป็นบวก

- <u>ทางเลือกที่ 7</u> การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และ การผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 3 MW โดยเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ขายขั้นสุดท้าย

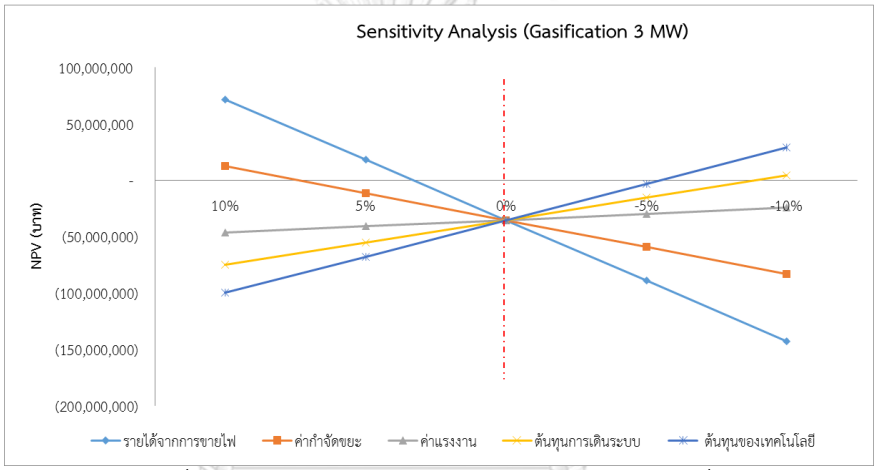


รูปที่ 4.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 7

จากรูปที่ 4.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 7 พบว่า เมื่อมีความคาดเคลื่อนของรายได้จากการกำจัดขยะ รายได้จากการขายแก๊สมีเทน และรายได้จากการขายเชื้อเพลิง RDF ลดลง 5%

ส่งผลให้มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิลดลงเท่ากับ -10,819,329.43 บาท, -8,869,391.57 บาท และ -2,622,601.16 บาท ตามลำดับ ในทิศทางตรงกันข้ามเมื่อค่าใช้จ่ายของต้นทุนเดินระบบเพิ่มขึ้น 10% ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิลดลงเท่ากับ -4,925,139.86 บาท ดังนั้น ปัจจัยที่มีผลกระทบมากต่อโครงการและควรต้องระมัดระวัง ได้แก่ รายได้จากการกำจัดขยะ รายได้จากการขายแก๊สมีเทน รายได้จากการขายเชื้อเพลิง RDF และค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ ในขณะที่ปัจจัยอื่นๆ ยังไม่มีผลกระทบต่อโครงการมากนัก เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันยังมีค่าเป็นบวก

- <u>ทางเลือกที่ 8</u> การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที

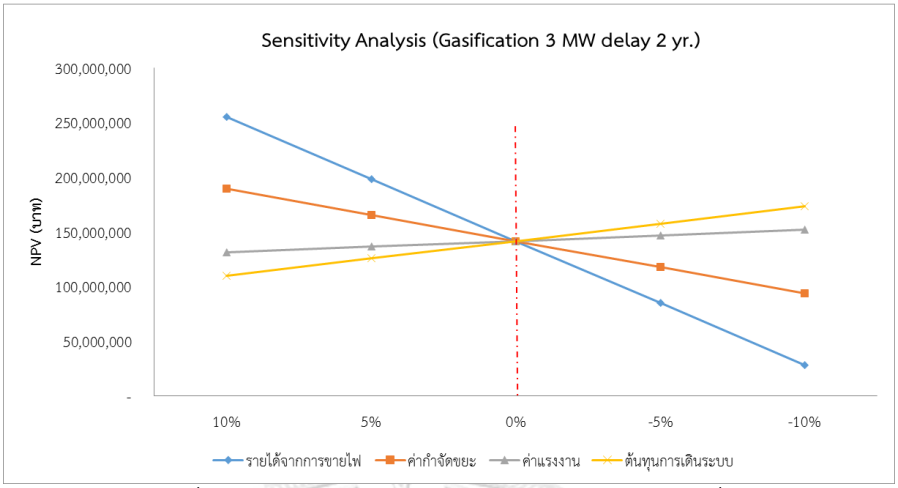


รูปที่ 4.8 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 8

จากรูปที่ 4.8 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 8 พบว่า ปัจจัยที่ผลกระทบกับโครงการมากที่สุดคือ รายได้จากการขายไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

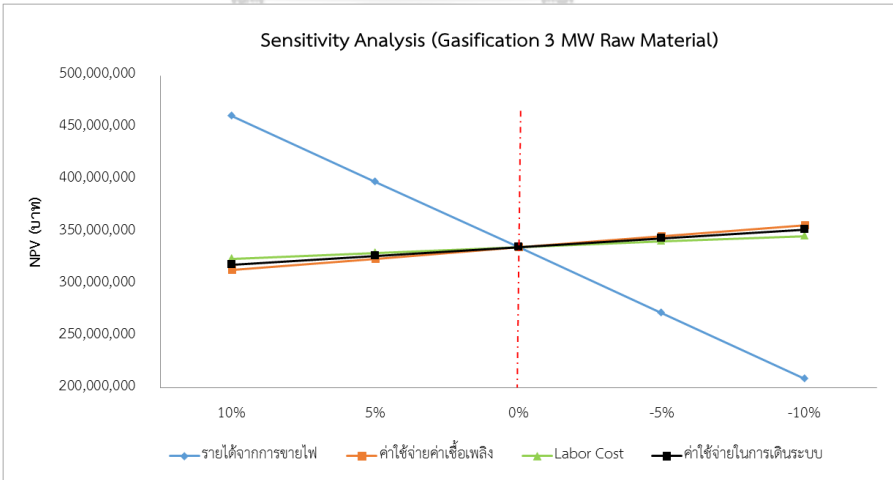
- <u>ทางเลือกที่ 9</u> การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี



รูปที่ 4.9 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 9

จากรูปที่ 4.9 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 9 พบว่า ปัจจัยที่ผลกระทบกับโครงการมากที่สุดคือ รายได้จากการขายไฟฟ้า รายได้จากการกำจัดขยะ ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ และค่าใช้จ่ายเงินเดือน ตามลำดับ และถึงแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าของแต่ละปัจจัยทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงตามเงื่อนไข ก็ยังไม่มีผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากนัก เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิยังคงมีค่าเป็นบวก

- <u>ทางเลือกที่ 10</u> การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ขนาด 3 MW โดยการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบในการผลิต



รูปที่ 4.10 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 10

จากรูปที่ 4.10 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากทางเลือกที่ 10 พบว่า ปัจจัยที่ผลกระทบกับโครงการมากที่สุดคือ รายได้จากการขายไฟฟ้า ในขณะที่ปัจจัยอื่นยังไม่มีผลกระทบต่อโครงการมากนัก

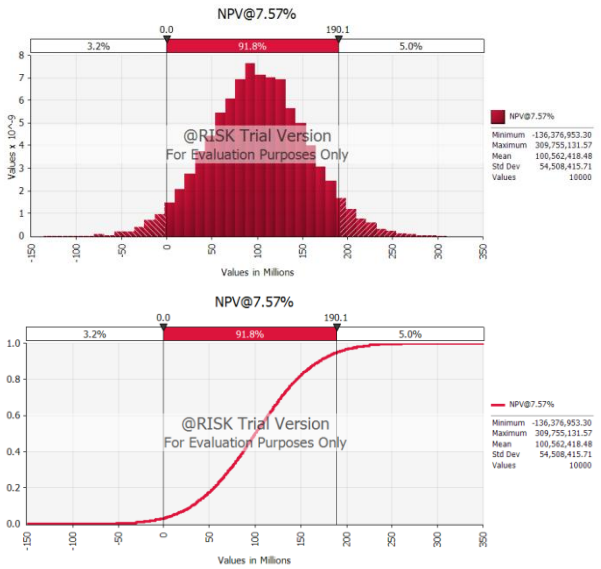
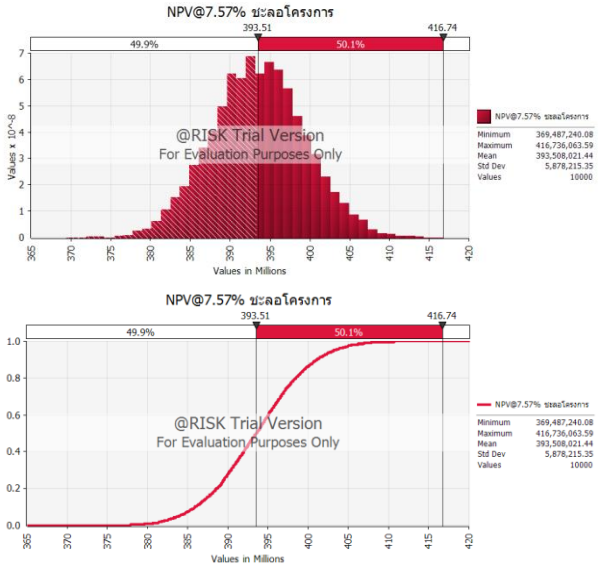
จากการวิเคราะห์เพิ่มเติมพบว่า ปัจจัยทุกปัจจัยมีผลกระทบต่อผลตอบแทนของโครงการแตกต่างกันไป และความแตกต่างของแต่ละเทคโนโลยีก็มีปัจจัยที่ส่งผลแตกต่างกันด้วยเช่น ซึ่งการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเป็นการวิเคราะห์แบบปัจจัยเดี่ยว (Single of Factor Sensitivity Analysis) คือ การเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยต่างๆ ทีละตัว ในอัตราเพิ่มหรือลดเท่าๆ กัน ปัจจัยอื่นกำหนดให้เป็นค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง (พันธุวัชรพล, 2557) ดังนั้น การวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยการจำลองสถานการณ์ จะสามารถช่วยให้วิเคราะห์โครงการได้ชัดเจนและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

4.5 ผลการวิเคราะห์การจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล เพื่อประเมินความเสี่ยงของโครงการ

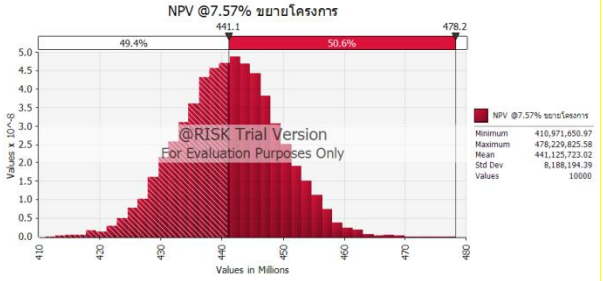
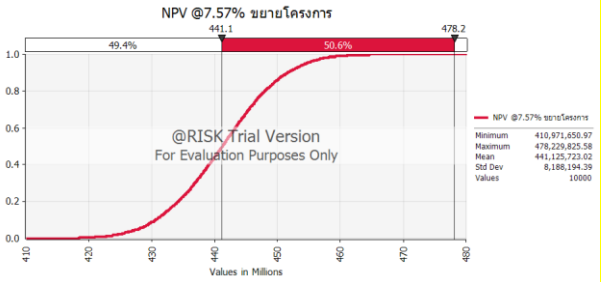
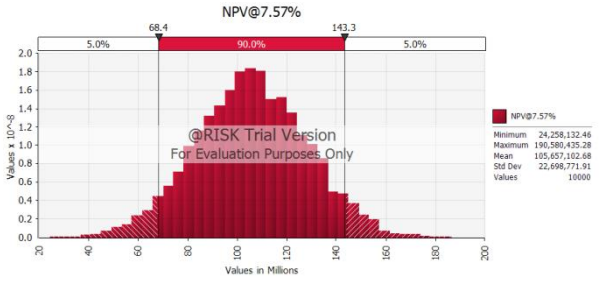
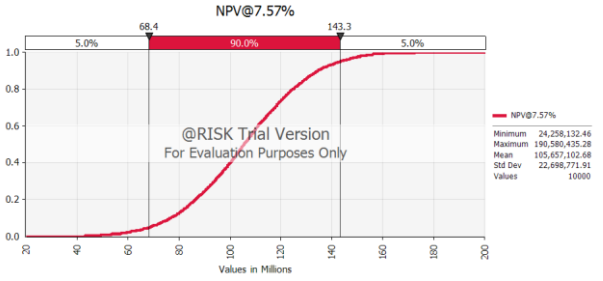
การจำลองสถานการณ์ เป็นการวิเคราะห์เหตุการณ์ภายใต้ความไม่แน่นอน เป็นวิธีที่แตกมาจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองให้กับโครงการ โดยมีการกำหนดให้ปัจจัยต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงไปพร้อมๆ กัน จากการเก็บของมูลย้อนหลังและการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาช่วยกำหนดกราฟเพื่อจำลองสถานการณ์จะใช้กราฟ 2 ลักษณะ คือ กราฟการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) และการกระจายตัวของข้อมูลแบบสามเหลี่ยม (Triangular Distribution) ซึ่งผลจากการจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล นั้น ได้ทำจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรม @Risk ซึ่งจะแสดงผลลัพธ์เป็นค่าต่างๆ เช่น ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ Max, Min และค่า Mean รวมถึงค่าการกระจายตัวของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ และความน่าจะเป็นโดยดูจากพื้นที่ใต้กราฟ ซึ่งสามารถบอกถึงความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ที่จะทำให้ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่าหรือน้อยกว่าศูนย์ ทำให้สามารถช่วยประเมินระดับความเสี่ยงในแต่ละสถานการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้และนำมาคำนวณค่ามูลค่าคาดหวังเพื่อประเมินความยืดหยุ่นได้ โดยมีผลจากการจำลองสถานการณ์ดังตารางที่ 4.12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

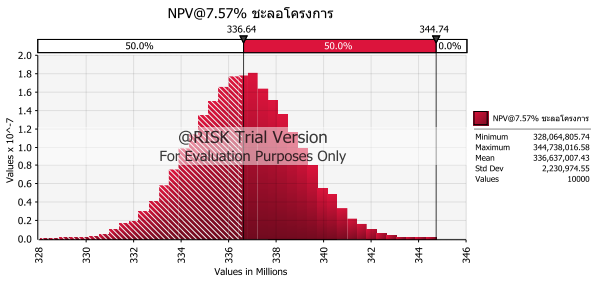
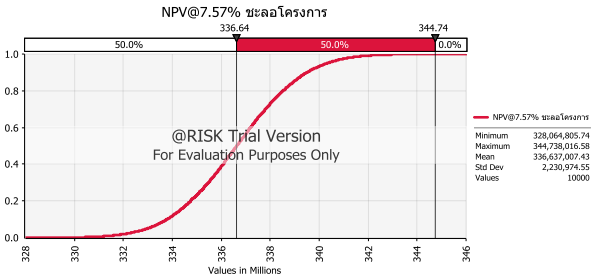
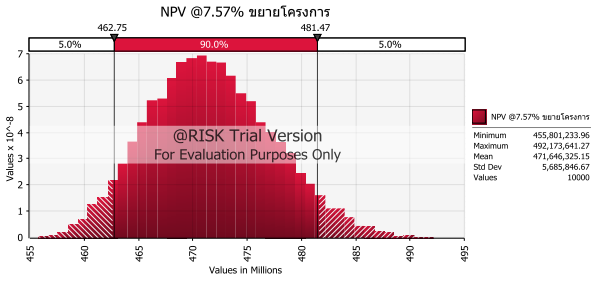
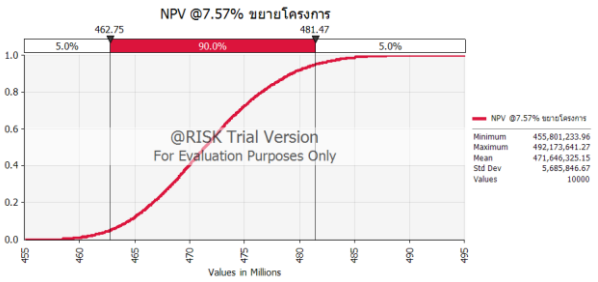
ตารางที่ 4.12 ผลจากการจำลองสถานการณ์

ทางเลือก	การจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล
ทางเลือกที่ 1 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration) ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที	
ทางเลือกที่ 2 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration) ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี	

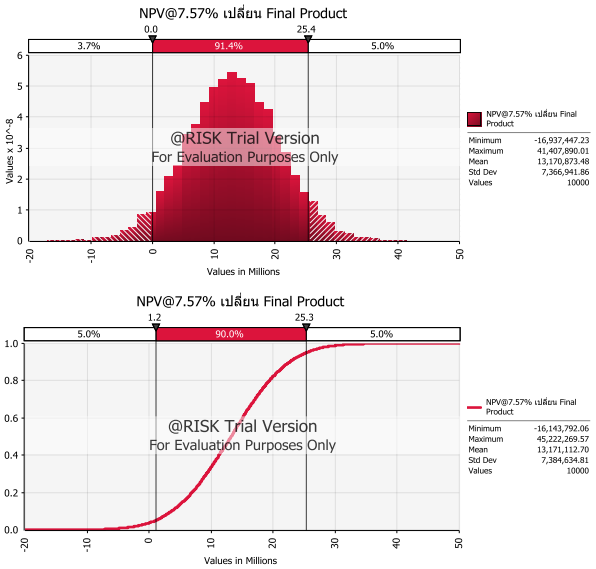
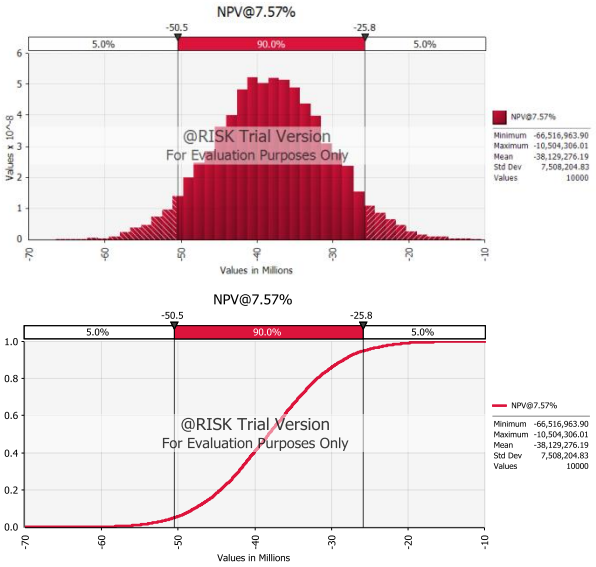
ตารางที่ 4.12 ผลจากการจำลองสถานการณ์

ทางเลือก	การจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล
ทางเลือกที่ 3 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีเตาเผา (Incineration) ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันที	 
ทางเลือกที่ 4 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที	 

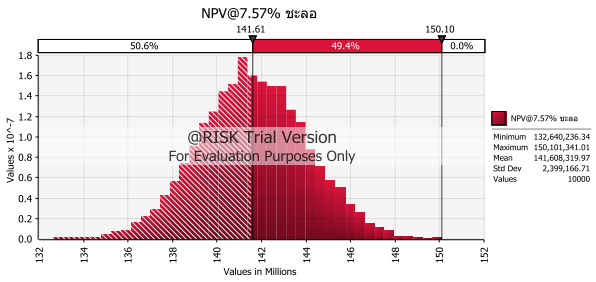
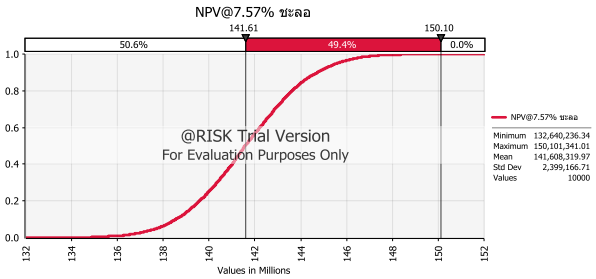
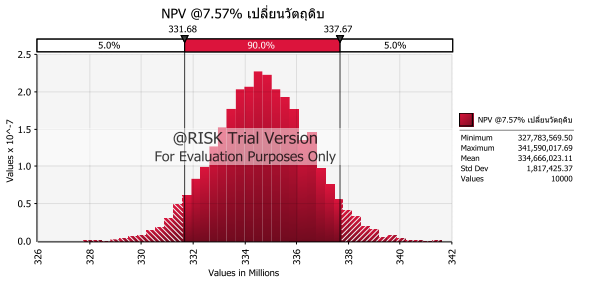
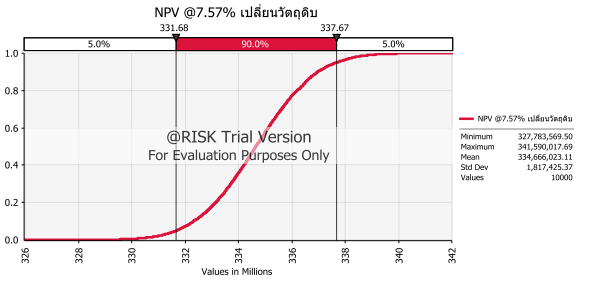
ตารางที่ 4.12 ผลจากการจำลองสถานการณ์

ทางเลือก	การจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล
ทางเลือกที่ 5 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี	 
ทางเลือกที่ 6 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันที	 

ตารางที่ 4.12 ผลจากการจำลองสถานการณ์

ทางเลือก	การจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล
ทางเลือกที่ 7 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ขนาด 3 MW โดยเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ขายขั้นสุดท้าย	
ทางเลือกที่ 8 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที	

ตารางที่ 4.12 ผลจากการจำลองสถานการณ์

ทางเลือก	การจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล
ทางเลือกที่ 9 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี	 
ทางเลือกที่ 10 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ขนาด 3 MW โดยการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบในการผลิต	 

ผลจากการจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล เพื่อประเมินความเสี่ยงของโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนชุมชน จะแบ่งการพิจารณาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ทางเลือกที่ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) < 0 ได้ทำการพิจารณาจากความน่าจะเป็น และ ส่วนที่ 2 ทางเลือกที่ ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) > 0 ได้ทำการพิจารณาจากค่าการกระจายตัวของค่า NPV เพื่อประเมินระดับความเสี่ยงของแต่ละทางเลือก โดยทางเลือกที่ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) < 0 จะจัดอยู่ในช่วงมีความเสี่ยงสูงกว่าการพิจารณาที่ค่าการกระจายตัวของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

ตารางที่ 4.13 ผลการประเมินความเสี่ยงของโครงการ

ลำดับ	เทคโนโลยี	การลงทุน (MW)	เงินลงทุน (บาท)	ผลตอบแทน (NPV)	อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	ค่าการกระจายตัวจากการ Simulation	โอกาสที่ NPV < 0	ระดับความเสี่ยง
1	Incinerator	- ลงทุนปกติ (3 MW)	681,770,000.00	100,562,104.38	9.14%	54,508,415.71	3.20%	8
2	Incinerator	- ชะลอการลงทุน 2 ปี (3 MW)	613,593,000.00	393,507,763.66	14.01%	5,878,215.35	0%	5
3	Incinerator	- ขยายลงทุน (4.5 MW)	788,770,000.00	441,125,266.76	13.21%	8,188,194.39	0%	6
4	AD & RDF	- ลงทุนปกติ (3 MW)	471,993,000.00	120,591,578.14	10.24%	22,698,771.91	0%	7
5	AD & RDF	- ชะลอการลงทุน 2 ปี (3 MW)	448,396,350.00	336,637,015.65	15.03%	2,230,974.55	0%	2
6	AD & RDF	- ขยายลงทุน (4.5 MW)	633,560,000.00	471,646,330.21	14.92%	5,685,846.67	0%	4
7	AD & RDF	- เปลี่ยน Final Product (ขายแก๊สชีวภาพแทน)	440,547,000.00	13,171,047.85	7.90%	7,366,941.86	3.70%	9
8	Gasification	- ลงทุนปกติ (3 MW)	447,039,372.42	- 35,435,355.41	6.70%	7,508,204.83	100%	10
9	Gasification	- ชะลอการลงทุน 2 ปี (3 MW)	424,687,403.80	141,608,221.61	11.03%	2,399,166.71	0%	3
10	Gasification	- เปลี่ยน Raw Material (3 MW)	191,250,000.00	334,666,111.35	23.97%	1,817,425.37	0%	1

จากตารางที่ 4.13 ผลการประเมินความเสี่ยงของโครงการได้ทำการเรียงลำดับจาก 1-10 โดยทางเลือกที่มีความเสี่ยงน้อยที่สุดจะอยู่ในอันดับที่หนึ่ง ซึ่งพบว่า ทางเลือกที่ 10 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW โดยการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบในการผลิตมีความเหมาะสมในการลงทุนสูงที่สุด เพราะมีความเสี่ยงด้านผลตอบแทนของโครงการต่ำ เนื่องด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวัตถุดิบประเภทชีวมวล อีกทั้งต้นทุนในการผลิตในด้านการจัดการและการดำเนินระบบต่ำกว่าการใช้ขยะชุมชนเป็นวัตถุดิบ

การลงทุนในทางเลือกที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 9 สามารถเลือกลงทุนได้ เนื่องจากความน่าจะเป็นที่ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) < 0 เท่ากับ 0% และมีอัตราผลตอบแทนภายในการลงทุนอยู่ในระดับที่ดี การลงทุนในทางเลือกที่ 7 ลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 3 MW โดยเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ขายขั้นสุดท้าย และการลงทุนในทางเลือกที่ 1 ลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Incineration ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที มีความเสี่ยงในด้านผลตอบแทนโครงการระดับปานกลาง เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิจากการจำลองสถานการณ์มีความน่าจะเป็นที่ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) < 0 เท่ากับ 3.70% และ 3.20% ตามลำดับ แต่ทั้ง 2

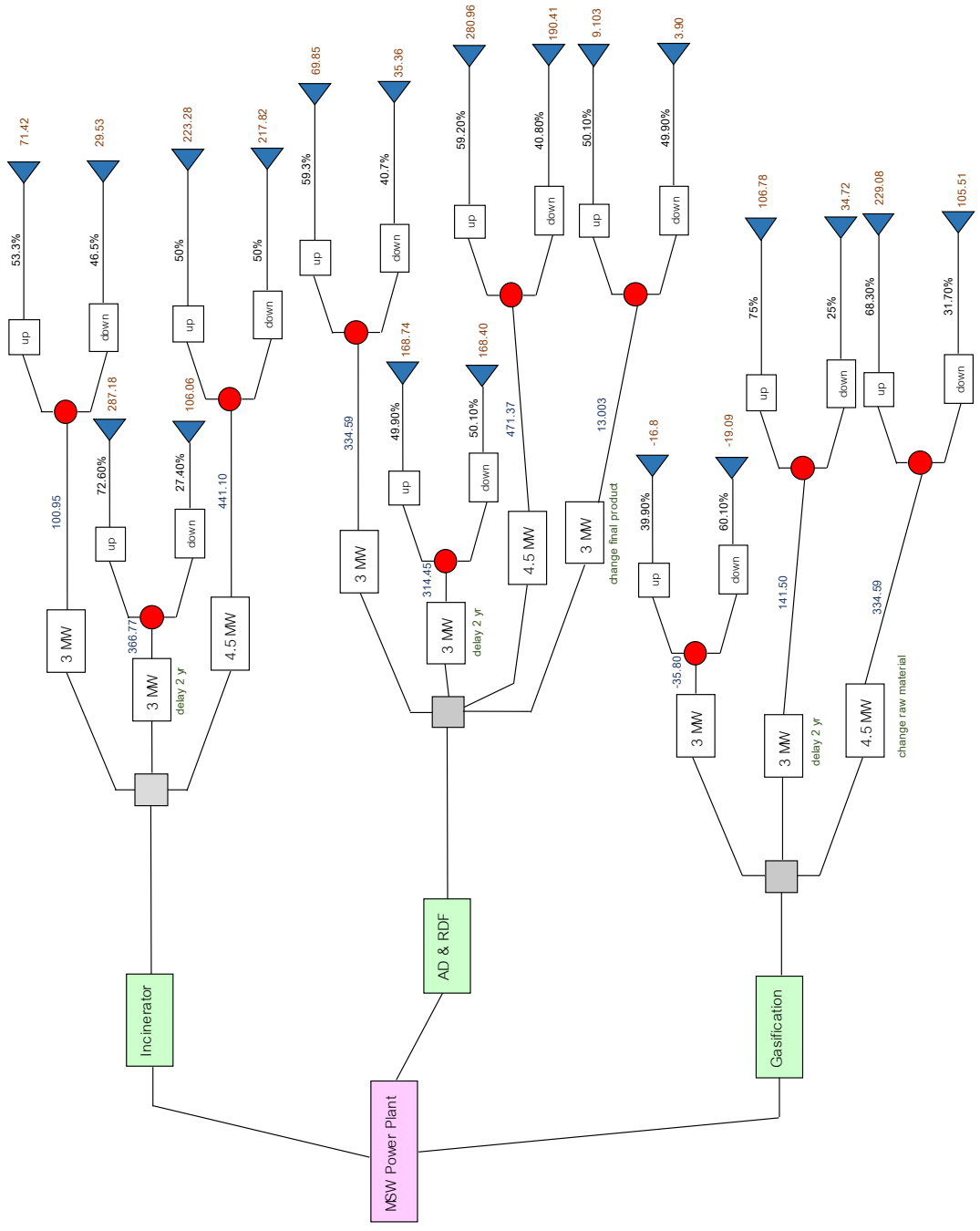
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทางเลือกนี้ยังสามารถลงทุนได้ เพราะมีความน่าจะเป็นที่ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) > 0 ในสัดส่วนที่มากกว่า

ในทิศทางตรงกันข้าม การลงทุนในทางเลือกที่ 8 ลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที ให้ผลตอบแทนโครงการต่ำและมีโอกาสที่ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) < 0 ถึง 100% ซึ่งทางเลือกนี้อาจไม่เหมาะสมที่จะลงทุนในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากเทคโนโลยียังมีจุดบกพร่อง เพราะยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานการผลิต ผลผลิตและการใช้งานที่ชัดเจน อีกทั้งการขยายกำลังการผลิตเชิงพาณิชย์ (ใช้ขยะวัตถุดิบตั้งต้น) มีจำนวนจำกัดอยู่มากในปัจจุบัน แต่สามารถแก้ไขได้โดยการชะลอโครงการไปอีก 2 ปี เพราะราคาเครื่องจักรอุปกรณ์ค่าการดำเนินการระบบมีแนวโน้มต่ำลง และการพัฒนาด้านประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าของระบบมีแนวโน้มดีขึ้น หรือเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตเป็นชีวมวล

นอกจากนี้การจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล ยังสามารถนำมาวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของโครงการได้โดยการนำความน่าจะเป็นมาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่าและน้อยกว่า ค่ากลางหรือค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิคาดหวัง โดยพิจารณาใน 2 มุมมอง คือ มุมมองในแง่ดี (Up) และมุมมองในแง่ร้าย (Down) เพื่อนำมาเขียนเป็นแผนภูมิต้นไม้ โดยกำหนดการลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Incineration, เทคโนโลยี Gasification, เทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันทีเป็นกรณีฐานในการตัดสินใจ จากทางเลือกทั้งหมด 10 ทางเลือก โดยการคำนวณมูลค่าคาดหวังของแต่ละทางเลือกและหาค่าความยืดหยุ่นโดยประเมินค่าความแตกต่างจากการลงทุนในทางเลือกใดๆ เทียบกับทางเลือกอ้างอิง ดังแสดงในรูปที่ 4.11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.11 แผนภูมิต้นไม้ของโรงไฟฟ้าขยะชุมชนชุมชน

4.6 การประเมินมูลค่าความยืดหยุ่น

ได้ทำการประเมินโดยนำค่าความน่าจะเป็นมาเขียนเป็นแผนภูมิต้นไม้ โดยแบ่งวิเคราะห์เป็น 10 ทางเลือก โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีอ้างอิงหรือกรณีฐาน (Base Case) ได้แก่ ทางเลือกที่ 1 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Incineration ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที, ทางเลือกที่ 4 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที และ ทางเลือกที่ 8 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที กรณีทางเลือก (Option Case) ได้แก่ ทางเลือกที่ 2 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Incineration ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี, ทางเลือกที่ 3 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Incineration ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันที, ทางเลือกที่ 5 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี, ทางเลือกที่ 6 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันที, ทางเลือกที่ 7 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 3 MW โดยเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ขายขั้นสุดท้าย, ทางเลือกที่ 9 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี และทางเลือกที่ 10 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW โดยการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบในการผลิต

ตัวอย่างการคำนวณค่า EMV

ทางเลือกที่ 4 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคำนวณค่า EMV คำนวณจากสูตร

$$EMV = (Probability \times NPV)_{up} + (Probability \times NPV)_{down} \quad (4.1)$$

โดยมีข้อมูลที่ใช้ประกอบการคำนวณ ดังนี้

1. ค่ากลาง หรือ Expected Value = 100,374,492.91 บาท
2. ค่าความน่าจะเป็นที่ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิจะมากกว่า ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คาดหวัง 59.30%
3. ค่าความน่าจะเป็นที่ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิจะน้อยกว่า ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คาดหวัง 40.70%

เพราะฉะนั้นค่าที่คำนวณได้จะเท่ากับ

= (117,794,037.79 x 59.30%) + (86,871,265.30 x 40.70%)

= 69,851,864.41 + 35,356,604.98

= 105,208,469.39 บาท

การคำนวณค่า EMV ที่ชะลอการลงทุน คำนวณจากสูตร

$$\frac{EMV_t}{(1+r_f)^t} = 0 \qquad (4.2)$$

เมื่อ EMV_t คือ มูลค่าคาดหวัง ณ เวลาใดๆ

r_f คือ อัตราผลตอบแทนของการลงทุนที่ไม่เสี่ยง (Risk Free) ในงานวิจัยนี้ใช้อัตราผลตอบแทนพันธบัตรรัฐบาล ตามประกาศของธนาคารแห่งประเทศไทย เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2560 มีค่าเท่ากับ 2.35%

t คือ เวลาใดๆ

<u>ยกตัวอย่างเช่น</u> ทำการคำนวณค่า EMV ออกมามีค่าเท่ากับ 393,240,000 บาท และมีการชะลอการลงทุน 2 ปี และเริ่มลงทุนในปีที่ 3 สามารถคำนวณได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\frac{393,240,000}{(1+0.0235)^3} = 0$$

= 336,770,000 บาท

ตารางที่ 4.14 ผลการประเมินความยืดหยุ่น

ลำดับ	เทคโนโลยี	การลงทุน (MW)	EMV (ล้านบาท)		ค่าความยืดหยุ่น (ล้านบาท)
			ค่า EMV	ค่า EMV อ้างอิง	
1	Incinerator	- ลงทุนปกติ (3 MW)	100.95	100.95	0.00
2	Incinerator	- ชะลอการลงทุน 2 ปี (3 MW)	366.77	100.95	265.82
3	Incinerator	- ขยายลงทุน (4.5 MW)	441.10	100.95	340.15
4	AD & RDF	- ลงทุนปกติ (3 MW)	105.21	105.21	0.00
5	AD & RDF	- ชะลอการลงทุน 2 ปี (3 MW)	314.45	105.21	209.24
6	AD & RDF	- ขยายลงทุน (4.5 MW)	471.37	105.21	366.16
7	AD & RDF	- เปลี่ยน Final Product (ขายแก๊สชีวภาพแทน)	13.00	105.21	-92.21
8	Gasification	- ลงทุนปกติ (3 MW)	-35.800	-35.800	0.00
9	Gasification	- ชะลอการลงทุน 2 ปี (3 MW)	141.50	-35.800	141.50
10	Gasification	- เปลี่ยน Raw Material (3 MW)	334.59	-35.800	334.59

ผลการประเมินความยืดหยุ่นแสดงดังตารางที่ 4.14 โดยแสดงค่า EMV จากทั้งหมด 10 ทางเลือก ทางเลือกที่มีความยืดหยุ่นมากที่สุดคือ การลงทุนเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 4.5 MW มีความยืดหยุ่นเท่ากับ 366.16 ล้านบาท การลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Incineration ขนาด 4.5 MW มีความยืดหยุ่นเท่ากับ 340.15 ล้านบาท และการลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW แบบเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ (ชีวมวล) ในการผลิต มีความยืดหยุ่นเท่ากับ 334.59 ล้านบาท ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาผลการประเมินความยืดหยุ่นร่วมกับการประเมินความเสี่ยง พบว่า ทางเลือกที่ดีสุด คือ การลงทุนเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 4.5 MW เนื่องด้วยให้ผลตอบแทนการลงทุนที่สูง และมีความเสี่ยงต่ำในการลงทุน ทั้งในด้านการลงทุนในเทคโนโลยีเพราะเป็นเทคโนโลยีที่ Commercial แล้ว อีกทั้งการจัดการผลิตไม่ซับซ้อน เนื่องจากขยะในประเทศไทยที่เป็นวัตถุดิบหลักของโรงไฟฟ้ามีความเหมาะสมกับโรงไฟฟ้าประเภท Anaerobic digestion สำหรับการลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW แบบเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ (ชีวมวล) ในการผลิต ให้มูลค่าความยืดหยุ่นสูงเป็นอันดับสอง แต่สำหรับโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นจำเป็นต้องพิจารณาข้อจำกัดเกี่ยวกับประสิทธิภาพ ขนาด และความชื้นของชีวมวลที่ใช้เป็นวัตถุดิบ และการปนเปื้อนของน้ำมันดินในแก๊สซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องเพิ่มเติมด้วย

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้ทำการศึกษาเพื่อทำการวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะชุมชนชุมชนและประเมินความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อมีปัจจัยต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป ด้วยการวิเคราะห์ผลตอบแทนจากโครงการด้วยตัวชี้วัดทางการเงินร่วมกับการจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล โดยทำการศึกษา การก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 3 เมกกะวัตต์ ประกอบด้วยการลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีเตาเผาขยะชุมชนมูลฝอย เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นและเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้อากาศและการผลิตขยะชุมชนเชื้อเพลิง ซึ่งมีทางเลือกทั้งหมด 10 ทางเลือก แบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีอ้างอิงหรือกรณีฐาน (Base Case) ได้แก่ ทางเลือกที่ 1 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Incineration ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที, ทางเลือกที่ 4 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที และ ทางเลือกที่ 8 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที กรณีทางเลือก (Option Case) ได้แก่ ทางเลือกที่ 2 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Incineration ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี, ทางเลือกที่ 3 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Incineration ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันทีทางเลือกที่ 5 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี, ทางเลือกที่ 6 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันที, ทางเลือกที่ 7 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 3 MW โดยเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ขายขั้นสุดท้าย, ทางเลือกที่ 9 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี และทางเลือกที่ 10 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW โดยการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบในการผลิต สามารถสรุปผลการวิจัยดังนี้

5.1.1 ผลวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการด้วยตัวชี้วัดทางการเงิน

ผลจากการวิเคราะห์ตัวชี้วัดทางการเงินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) ของโรงไฟฟ้าขยะชุมชนชุมชน กรณีฐาน โดยใช้อัตราคิดลดโดยคำนวณ WACC ค่าเท่ากับ 7.57% พบว่า การลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Anaerobic digestion และ

การผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 3 MW มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายในการลงทุนสูงที่สุด เท่ากับ 120,591,578.14 บาท และ 10.24% ตามลำดับ สำหรับการลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีเตาเผาขยะชุมชนมูลฝอย (Incineration) ขนาด 3 MW มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 100,562,104.38 บาท อัตราผลตอบแทนภายในการลงทุน (IRR) เท่ากับ 9.14% ยังสามารถลงทุนได้ เพราะมีผลตอบแทนค่าเป็นบวก คุ้มค่าต่อการลงทุนเพียงแต่คุ้มค่าน้อยกว่าการลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF แต่การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ขนาด 3 MW มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ -35,435,355.41 บาท อัตราผลตอบแทนภายในการลงทุน (IRR) เท่ากับ 6.70% ไม่เหมาะสมที่จะลงทุน

5.1.2 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)

ปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนมูลฝอยมากที่สุดคือ เงินลงทุนของแต่ละเทคโนโลยี รายได้จากการขายไฟฟ้า รายได้จากค่ารับกำจัดขยะชุมชนและต้นทุนในการเดินระบบ ตามลำดับ

5.1.3 ผลการวิเคราะห์การจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล เพื่อประเมินความเสี่ยงของโครงการ

ผลจากการจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล เพื่อนำมาประเมินความเสี่ยงของโครงการ สามารถสรุปได้ว่า ทางเลือกที่ 10 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW โดยการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบในการผลิตมีความเหมาะสมในการลงทุนสูงที่สุด เพราะมีความเสี่ยงด้านผลตอบแทนของโครงการต่ำ เนื่องด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวัตถุดิบประเภทชีวมวล อีกทั้งต้นทุนในการผลิตในด้านการจัดการและการดำเนินระบบต่ำกว่าการใช้ขยะชุมชนชุมชนเป็นวัตถุดิบ แต่ในทิศทางตรงกันข้ามการลงทุนในทางเลือกที่ 8 ลงทุนในโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW แบบลงทุนทันที ให้ผลตอบแทนโครงการต่ำและมีโอกาสที่ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) < 0 ถึง 100% ซึ่งทางเลือกนี้อาจไม่เหมาะสมที่จะลงทุนในเชิงพาณิชย์ เพราะเทคโนโลยียังมีจุดบกพร่อง และยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานการผลิต ผลผลิตและการใช้งานที่ชัดเจน อีกทั้งการขยายกำลังการผลิตเชิงพาณิชย์ (ใช้ขยะชุมชนวัตถุดิบตั้งต้น) มีจำนวนจำกัดอยู่มากในปัจจุบัน แต่สามารถแก้ไขได้โดยการชะลอโครงการไปอีก 2 ปี

5.1.4 ผลการประเมินความยืดหยุ่น

จากการจำลองสถานการณ์มอนติ คาร์โล นอกจากจะได้ค่าการกระจายตัวของค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ และความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิน้อยหรือมากกว่าค่ากลาง เพื่อนำไปเขียนแผนภูมิต้นไม้และทำการประเมินความยืดหยุ่น ดังแสดงในตารางที่ 5.1 โดยทางเลือกที่มี

ความยืดหยุ่นมากที่สุดคือ การลงทุนเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 4.5 MW มีความยืดหยุ่นเท่ากับ 366.16 ล้านบาท การลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Incineration ขนาด 4.5 MW มีความยืดหยุ่นเท่ากับ 340.15 ล้านบาท และการลงทุนโรงไฟฟ้าขยะชุมชนเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW แบบเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ (ชีวมวล) ในการผลิต มีความยืดหยุ่นเท่ากับ 334.59 ล้านบาท

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการประเมินความยืดหยุ่น

ทางเลือก	เทคโนโลยี	การลงทุน (MW)	EMV (ล้านบาท)		ค่าความยืดหยุ่น (ล้านบาท)
			ค่า EMV	ค่า EMV	
3	Incinerator	- ขยายลงทุน (4.5 MW)	441.10	100.95	340.15
6	AD & RDF	- ขยายลงทุน (4.5 MW)	471.37	105.21	366.16
10	Gasification	- เปลี่ยน Raw Material (3 MW)	334.59	-35.800	334.59

เมื่อพิจารณาผลการประเมินความยืดหยุ่นร่วมกับการประเมินความเสี่ยง พบว่า ทางเลือกที่ดีสุด คือ การลงทุนเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ขนาด 4.5 MW เนื่องด้วยให้ผลตอบแทนการลงทุนที่สูงและมีความเสี่ยงต่ำในการลงทุน เพราะเป็นเทคโนโลยีที่ Commercial มีการจัดการผลิตไม่ซับซ้อน และขยะในประเทศไทยมีความเหมาะสมกับโรงไฟฟ้าประเภท Anaerobic digestion

5.2 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

ประเทศไทยให้ความสำคัญกับการผลิตพลังงานจากขยะชุมชนเป็นอย่างมากเพราะนอกจากจะได้พลังงานเพื่อนำมาใช้งานแล้ว ยังสามารถช่วยแก้ไขปัญหาขยะได้เป็นอย่างดี จากการศึกษาและวิเคราะห์นี้พบว่า เทคโนโลยีการหมักแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) เป็นเทคโนโยลีที่ยืดหยุ่นที่สุด เหมาะสมที่นำมาใช้กับโรงไฟฟ้าขยะในประเทศไทย ดังนั้นจึงสามารถนำเอามาใช้เป็นแนวทางให้กับทางภาครัฐเพื่อสนับสนุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะชุมชนได้ เช่น มีการเน้นการสนับสนุนในเทคโนโลยีการหมักแบบไร้อากาศ ส่งเสริมและให้ความรู้แก่ประชาชนในด้านเทคโนโลยี มีการกำหนดราคารับซื้อเฉพาะเทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมให้ทั้งภาคเอกชนและภาคส่วนท้องถิ่นมาใช้เทคโนโลยีนี้เพื่อใช้ในการเปลี่ยนขยะชุมชนเป็นพลังงานเพิ่มมากขึ้น

รายการอ้างอิง

Regan, C. M., Bryan, B. A., Connor, J. D., Meyer, W. S., Ostendorf, B., Zhu, Z., & Bao, C. (2015). Real options analysis for land use management: Methods, application, and implications for policy. *Journal of Environmental Management,* 161(Supplement C), 144-152. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.07.004

Tan, S. T., Ho, W. S., Hashim, H., Lee, C. T., Taib, M. R., & Ho, C. S. (2015). Energy, economic and environmental (3E) analysis of waste-to-energy (WTE) strategies for municipal solid waste (MSW) management in Malaysia. *Energy Conversion and Management,* 102(Supplement C), 111-120. doi:https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.02.010

Zhang, M. M., Zhou, P., & Zhou, D. Q. (2016). A real options model for renewable energy investment with application to solar photovoltaic power generation in China. *Energy Economics,* 59(Supplement C), 213-226. doi:https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.07.028

Zhu, L. (2012). A simulation based real options approach for the investment evaluation of nuclear power. *Computers & Industrial Engineering,* 63(3), 585-593. doi:https://doi.org/10.1016/j.cie.2012.02.012

กรมควบคุมมลพิษ. (2559). ข้อมูลการสำรวจขยะมูลฝอย (First Draft) 77 จังหวัด ปี 2557 (ข้อมูล ณ วันที่ 12 มกราคม 2558). Retrieved from http://www.pcd.go.th/Info_Serv/roadmapWaste.html

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). การศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะ ด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration). Retrieved from http://webkc.dede.go.th/testmax/node/2245

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2559a). เทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (Municipal Solid Waste Gasification). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาและจัดทำข้อมูลการลงทุนด้านพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. Retrieved from http://webkc.dede.go.th/testmax/node/2577

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2559b). เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) Retrieved from http://webkc.dede.go.th/testmax/node/2245

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2559c). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาและจัดทำข้อมูลการลงทุนด้านพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.การนำขยะมูลฝอยมาผลิตขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel : RDF). Retrieved from http://webkc.dede.go.th/testmax/node/2577

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ก. (2559). แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ(พ.ศ. 2559 - 2564. ศักยภาพการผลิตพลังงานจากขยะเชิงพื้นที่ Retrieved from http://webkc.dede.go.th/testmax/node/2215

กฤติยรังสิต, ก. (2554). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ (ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โกมารทัต, ด. (2547). บัญชีต้นทุน (Vol. 7): จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณะกรรมการกลุ่มผลิตชุดวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์เพื่อการจัดการ. (2534). เศรษฐศาสตร์ประยุกต์เพื่อการจัดการ เล่ม 1: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ไทยพับลิก้า. (2559). ต้นตอโลกร้อน. วิกฤตขยะชุมชนเมือง Retrieved from http://thaipublica.org/2012/06/crisis-solid-waste/

ปาเก, อ. (2556). การผลิตแก๊สชีวภาพจากสาหร่ายขนาดใหญ่ร่วมกับซีรัมจากการผลิตน้ำยางข้น. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปานสังข์, ช. (2554). การวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบย่อยโดยวิธีการจำลองสถานการณ์แบบ มอนติคาร์โล. (อุตสาหการบัณฑิตวิทยาลัย), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พันธุวัชรพล, อ. (2557). การประเมินมูลค่าความยืดหยุ่นโดยวิธีเรียลออปชั่นจาก กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลระบบแก๊สซิฟิเคชั่นแบบเชื้อเพลิง หลายชนิด ขนาด น้อยกว่า 1 เมกกะวัตต์. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 11.

ฟูกุดะ, ร. ด. ส. (2558). เตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบฟลูอิไดซ์เบด. Retrieved from http://www.jgsee.kmutt.ac.th/v2/uploads/images/files/PPT%20-%20Biomass%20gasification%20-%20Suneerat.pdf

ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล. (2552). การศึกษาแนวทางบริหารจัดการขยะชุมชนเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนแบบครบวงจร(ระดับชุมชน) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เศรษฐคมกุล, น. (2554). การประยุกต์หลักการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล เพื่อช่วยในการกำหนดระดับจุดสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม ภายใต้ปริมาณความต้องการที่ไม่

แน่นอน. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ส่งศรีโรจน์, น. (2559). การประเมินมูลค่าทางเลือกโดยการใช้การตัดสินใจ (Decision Making). การตัดสินใจ. Retrieved from http://www.nitiphong.com/paper_word/quantitative_mgt/decisiontheory.doc

เหล่าพัดจัน, ส. (2559). การประเมินมูลค่าวิธีการเรียลออปชั่น (Real Option Valuation: ROV). Retrieved from http://ms.src.ku.ac.th/eLearning/Download/DataSheet/2012/Jan/131431/131431_LN%2008_CEM%20&%20Real%20option%20(student%20version).pdf

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก. ตารางวิเคราะห์ทางการเงิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยี Incineration ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี

	ปีที่	0	1	2	3	4	5
ขายไฟฟ้า					154,915,200.00	159,562,656.00	164,349,535.68
ค่าบริการจำกัดขยะ					54,000,000.00	55,620,000.00	57,288,600.00
รายได้รวม					**208,915,200.00**	**215,182,656.00**	**221,638,135.68**
labor cost		11,652,000.00	349,560.00	12,001,560.00	12,001,560.00	12,361,606.80	12,732,455.00
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า					150,000.00	154,500.00	159,135.00
ต้นทุนในการเดินระบบ *		20,366,377.00	1,221,982.62	19,144,394.38	19,144,394.38	19,718,726.21	20,310,288.00
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี *		6,042,000.00	362,520.00	5,679,480.00	5,679,480.00	5,849,864.40	6,025,360.33
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง *		613,593,000.00	30,679,650.00		30,679,650.00	30,679,650.00	30,679,650.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ					**67,655,084.38**	**68,764,347.41**	**69,906,888.33**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี							
รายรับคงเหลือ					**141,260,115.62**	**146,418,308.59**	**151,731,247.35**
ภาษี	30%				42,378,034.69	43,925,492.58	45,519,374.20
กระแสเงินสด				**-613,593,000.00**	**98,882,080.93**	**102,492,816.01**	**106,211,873.1**

	ปีที่	6	7	8	9	10
ขายไฟฟ้า		169,280,021.75	174,358,422.40	179,589,175.07	184,976,850.33	190,526,155.84
ค่าบริการจำกัดขยะ		59,007,258.00	60,777,475.74	62,600,800.01	64,478,824.01	66,413,188.73
รายได้รวม		**228,287,279.75**	**235,135,898.14**	**242,189,975.09**	**249,455,674.34**	**256,939,344.57**
labor cost		13,114,428.65	13,507,861.51	13,913,097.36	14,330,490.28	14,760,404.99
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		163,909.05	168,826.32	173,891.11	179,107.84	184,481.08
ต้นทุนในการเดินระบบ *		20,919,596.64	21,547,184.54	22,193,600.07	22,859,408.08	23,545,190.32
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี *		6,206,121.14	6,392,304.78	6,584,073.92	6,781,596.14	6,985,044.02
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง *		30,679,650.00	30,679,650.00	30,679,650.00	30,679,650.00	30,679,650.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**71,083,705.48**	**72,295,827.15**	**73,544,312.46**	**74,830,252.34**	**76,154,770.41**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		-78,758,009.26	-78,758,009.26	-78,758,009.26	-78,758,009.26	-78,758,009.26
รายรับคงเหลือ		**78,445,565.01**	**84,082,061.74**	**89,887,653.37**	**95,867,412.74**	**102,026,564.90**
ภาษี	30%	23,533,669.50	25,224,618.52	26,966,296.01	28,760,223.82	30,607,969.47
กระแสเงินสด		**54,911,895.51**	**58,857,443.21**	**62,921,357.36**	**67,107,188.92**	**71,418,595.43**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

	ปีที่	11	12	13	14	15
ขายไฟฟ้า		196,241,940.51	202,129,198.73	208,193,074.69	214,438,866.93	220,872,032.94
ค่าบริการจำกัดขยะ		68,405,584.39	70,457,751.93	72,571,484.48	74,748,629.02	76,991,087.89
รายได้รวม		**264,647,524.91**	**272,586,950.65**	**280,764,559.17**	**289,187,495.95**	**297,863,120.83**
labor cost		15,203,217.14	15,659,313.65	16,129,093.06	16,612,965.85	17,111,354.83
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		190,015.51	195,715.98	201,587.46	207,635.08	213,864.13
ต้นทุนในการเดินระบบ *		24,251,546.03	24,979,092.41	25,728,465.18	26,500,319.14	27,295,328.71
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี *		7,194,595.34	7,410,433.20	7,632,746.20	7,861,728.58	8,097,580.44
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง *		30,679,650.00	30,679,650.00	30,679,650.00	30,679,650.00	30,679,650.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**77,519,024.02**	**78,924,205.24**	**80,371,541.90**	**81,862,298.65**	**83,397,778.11**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 78,758,009.26	- 78,758,009.26	- 78,758,009.26	- 78,758,009.26	- 78,758,009.26
รายรับคงเหลือ		**108,370,491.63**	**114,904,736.16**	**121,635,008.02**	**128,567,188.04**	**135,707,333.46**
ภาษี	30%	32,511,147.49	34,471,420.85	36,490,502.41	38,570,156.41	40,712,200.04
กระแสเงินสด		**75,859,344.14**	**80,433,315.31**	**85,144,505.61**	**89,997,031.63**	**94,995,133.42**

	ปีที่	16	17	18	19	20	21	22
ขายไฟฟ้า		227,498,193.93	234,323,139.74	241,352,833.94	248,593,418.95	256,051,221.52	263,732,758.17	271,644,740.91
ค่าบริการจำกัดขยะ		79,300,820.53	81,679,845.14	84,130,240.50	86,654,147.71	89,253,772.14	91,931,385.31	94,689,326.87
รายได้รวม		**306,799,014.45**	**316,002,984.89**	**325,483,074.43**	**335,247,566.67**	**345,304,993.67**	**355,664,143.48**	**366,334,067.78**
labor cost		17,624,695.47	18,153,436.34	18,698,039.43	19,258,980.61	19,836,750.03	20,431,852.53	21,044,808.11
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		220,280.06	226,888.46	233,695.11	240,705.97	247,927.14	255,364.96	263,025.91
ต้นทุนในการเดินระบบ *		28,114,188.57	28,957,614.23	29,826,342.65	30,721,132.93	31,642,766.92	32,592,049.93	33,569,811.43
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี *		8,340,507.85	8,590,723.09	8,848,444.78	9,113,898.13	9,387,315.07	9,668,934.52	9,959,002.56
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง *		30,679,650.00	30,679,650.00	30,679,650.00	30,679,650.00	30,679,650.00	30,679,650.00	30,679,650.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**84,979,321.96**	**86,608,312.12**	**88,286,171.98**	**90,014,367.64**	**91,794,409.17**	**93,627,851.94**	**95,516,298.00**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี								
รายรับคงเหลือ		**221,819,692.50**	**229,394,672.77**	**237,196,902.45**	**245,233,199.03**	**253,510,584.50**	**262,036,291.53**	**270,817,769.78**
ภาษี	30%	66,545,907.75	68,818,401.83	71,159,070.74	73,569,959.71	76,053,175.35	78,610,887.46	81,245,330.93
กระแสเงินสด		**155,273,784.75**	**160,576,270.94**	**166,037,831.72**	**171,663,239.32**	**177,457,409.15**	**183,425,404.07**	**189,572,438.85**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยี Incineration ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันที

ปีที่		0	1	2	3	4	5
		5.0800					
ขายไฟฟ้า *	35,640,000	181,051,200	181,051,200.00	186,482,736.00	192,077,218.08	197,839,534.62	203,774,720.66
ค่าบริการจำกัดขยะ *			73,000,000.00	75,190,000.00	77,445,700.00	79,769,071.00	82,162,143.13
รายได้รวม			**254,051,200.00**	**261,672,736.00**	**269,522,918.08**	**277,608,605.62**	**285,936,863.79**
labor cost			11,652,000.00	12,001,560.00	12,361,606.80	12,732,455.00	13,114,428.65
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า			225,000.00	231,750.00	238,702.50	245,863.58	253,239.48
ต้นทุนในการเดินระบบ			20,366,377.00	20,977,368.31	21,606,689.36	22,254,890.04	22,922,536.74
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี			6,042,000.00	6,223,260.00	6,409,957.80	6,602,256.53	6,800,324.23
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	8,642,977.20	864,297.72	9,507,274.92	9,792,493.17	10,086,267.96	10,388,856.00	10,700,521.68
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง *	989,400,000	49,470,000.00	49,470,000.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ			**97,262,651.92**	**83,314,931.48**	**84,791,724.42**	**86,312,821.15**	**87,879,550.79**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี						- 91,221,666.61	- 91,221,666.61
รายรับคงเหลือ			**156,788,548.08**	**178,357,804.52**	**184,731,193.66**	**100,074,117.85**	**106,835,646.39**
ภาษี	30%		47,036,564.42	53,507,341.36	55,419,358.10	30,022,235.36	32,050,693.92
กระแสเงินสด		**- 788,770,000.00**	**109,751,983.66**	**124,850,463.17**	**129,311,835.6**	**70,051,882.50**	**74,784,952.47**

ปีที่		6	7	8	9	10
ขายไฟฟ้า *	35,640,000	209,887,962.28	216,184,601.15	222,670,139.18	229,350,243.36	236,230,750.66
ค่าบริการจำกัดขยะ *		84,627,007.42	87,165,817.65	89,780,792.18	92,474,215.94	95,248,442.42
รายได้รวม		**294,514,969.70**	**303,350,418.80**	**312,450,931.36**	**321,824,459.30**	**331,479,193.08**
labor cost		13,507,861.51	13,913,097.36	14,330,490.28	14,760,404.99	15,203,217.14
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		260,836.67	268,661.77	276,721.62	285,023.27	293,573.97
ต้นทุนในการเดินระบบ		23,610,212.84	24,318,519.23	25,048,074.81	25,799,517.05	26,573,502.56
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		7,004,333.96	7,214,463.98	7,430,897.89	7,653,824.83	7,883,439.58
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	8,642,977.20	11,021,537.33	11,352,183.45	11,692,748.96	12,043,531.42	12,404,837.37
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง *	989,400,000	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**89,493,282.31**	**91,155,425.78**	**92,867,433.56**	**94,630,801.56**	**96,447,070.61**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 91,221,666.61	- 91,221,666.61	- 91,221,666.61	- 91,221,666.61	- 91,221,666.61
รายรับคงเหลือ		**113,800,020.78**	**120,973,326.40**	**128,361,831.19**	**135,971,991.13**	**143,810,455.86**
ภาษี	30%	34,140,006.23	36,291,997.92	38,508,549.36	40,791,597.34	43,143,136.76
กระแสเงินสด		**79,660,014.55**	**84,681,328.48**	**89,853,281.83**	**95,180,393.79**	**100,667,319.10**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	ปีที่	11	12	13	14	15
ขายไฟฟ้า *	35,640,000	243,317,673.18	250,617,203.38	258,135,719.48	265,879,791.06	273,856,184.79
ค่าบริการจำกัดขยะ *		98,105,895.69	101,049,072.56	104,080,544.74	107,202,961.08	110,419,049.91
รายได้รวม		**341,423,568.87**	**351,666,275.94**	**362,216,264.22**	**373,082,752.14**	**384,275,234.71**
labor cost		15,659,313.65	16,129,093.06	16,612,965.85	17,111,354.83	17,624,695.47
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		302,381.19	311,452.62	320,796.20	330,420.09	340,332.69
ต้นทุนในการเดินระบบ		27,370,707.64	28,191,828.87	29,037,583.73	29,908,711.25	30,805,972.58
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		8,119,942.76	8,363,541.05	8,614,447.28	8,872,880.70	9,139,067.12
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	8,642,977.20	12,776,982.49	13,160,291.96	13,555,100.72	13,961,753.74	14,380,606.36
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง *	989,400,000	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**98,317,827.73**	**100,244,707.56**	**102,229,393.79**	**104,273,620.60**	**106,379,174.22**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 91,221,666.61	- 91,221,666.61	- 91,221,666.61		
รายรับคงเหลือ		**151,884,074.53**	**160,199,901.77**	**168,765,203.82**	**268,809,131.54**	**277,896,060.49**
ภาษี	30%	45,565,222.36	48,059,970.53	50,629,561.15	80,642,739.46	83,368,818.15
กระแสเงินสด		**106,318,852.17**	**112,139,931.24**	**118,135,642.67**	**188,166,392.08**	**194,527,242.34**

	ปีที่	16	17	18	19	20
ขายไฟฟ้า *	35,640,000	282,071,870.34	290,534,026.45	299,250,047.24	308,227,548.66	317,474,375.12
ค่าบริการจำกัดขยะ *		113,731,621.41	117,143,570.05	120,657,877.16	124,277,613.47	128,005,941.87
รายได้รวม		**395,803,491.75**	**407,677,596.50**	**419,907,924.40**	**432,505,162.13**	**445,480,316.99**
labor cost		18,153,436.34	18,698,039.43	19,258,980.61	19,836,750.03	20,431,852.53
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		350,542.67	361,058.95	371,890.72	383,047.44	394,538.86
ต้นทุนในการเดินระบบ		31,730,151.76	32,682,056.31	33,662,518.00	34,672,393.54	35,712,565.35
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		9,413,239.13	9,695,636.31	9,986,505.39	10,286,100.56	10,594,683.57
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	8,642,977.20	14,812,024.55	15,256,385.28	15,714,076.84	16,185,499.15	16,671,064.12
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง *	989,400,000	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00	34,088,500.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**108,547,894.44**	**110,781,676.28**	**113,082,471.57**	**115,452,290.71**	**117,893,204.43**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี						
รายรับคงเหลือ		**287,255,597.30**	**296,895,920.22**	**306,825,452.83**	**317,052,871.41**	**327,587,112.56**
ภาษี	30%	86,176,679.19	89,068,776.07	92,047,635.85	95,115,861.42	98,276,133.77
กระแสเงินสด		**201,078,918.11**	**207,827,144.16**	**214,777,816.98**	**221,937,009.99**	**229,310,978.79**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิต RDF ขนาด 3 MW แบบชะลอ การลงทุน 2 ปี

	ปีที่	0	1	2	3	4	5
เทคโนโลยีดีขึ้น การผลิตไฟฟ้าดีขึ้น							
ขายไฟฟ้า					87,139,800.00	89,753,994.00	92,446,613.82
ค่าบริการจำกัดขยะ					54,000,000.00	55,620,000.00	57,288,600.00
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ					4,950,000	5,098,500.00	5,251,455.00
รายได้จากการขาย RDF					35,640,000	36,709,200.00	37,810,476.00
รายได้รวม					**181,729,800.00**	**187,181,694.00**	**192,797,144.82**
labor cost					12,584,160	12,961,684.80	13,350,535.34
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า					159,000	163,770.00	168,683.10
ต้นทุนในการเดินระบบ					35,871,708	36,947,859.24	38,056,295.02
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี					1,594,100	1,641,923.00	1,691,180.69
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง					23,637,440	23,637,440	23,637,440
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ					**73,846,408.00**	**75,352,677.04**	**76,904,134.15**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี							
รายรับคงเหลือ					**107,883,392.00**	**111,829,016.96**	**115,893,010.67**
ภาษี	30%				32,365,017.60	33,548,705.09	34,767,903.20
กระแสเงินสด		**- 448,396,350.00**			**75,518,374.40**	**78,280,311.87**	**81,125,107.47**

	ปีที่	6	7	8	9	10
เทคโนโลยีดีขึ้น การผลิตไฟฟ้าดีขึ้น						
ขายไฟฟ้า		95,220,012.23	98,076,612.60	101,018,910.98	104,049,478.31	107,170,962.66
ค่าบริการจำกัดขยะ		59,007,258.00	60,777,475.74	62,600,800.01	64,478,824.01	66,413,188.73
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ		5,408,998.65	5,571,268.61	5,738,406.67	5,910,558.87	6,087,875.63
รายได้จากการขาย RDF		38,944,790.28	40,113,133.99	41,316,528.01	42,556,023.85	43,832,704.56
รายได้รวม		**198,581,059.16**	**204,538,490.94**	**210,674,645.67**	**216,994,885.04**	**223,504,731.59**
labor cost		13,751,051.40	14,163,582.95	14,588,490.43	15,026,145.15	15,476,929.50
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		173,743.59	178,955.90	184,324.58	189,854.32	195,549.94
ต้นทุนในการเดินระบบ		39,197,983.87	40,373,923.38	41,585,141.09	42,832,695.32	44,117,676.18
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		1,741,916.11	1,794,173.59	1,847,998.80	1,903,438.77	1,960,541.93
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		23,637,440	23,637,440	23,637,440	23,637,440	23,637,440
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**78,502,134.98**	**80,148,075.83**	**81,843,394.90**	**83,589,573.55**	**85,388,137.55**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 56,114,670.05	- 56,114,670.05	- 56,114,670.05	- 56,114,670.05	- 56,114,670.05
รายรับคงเหลือ		**63,964,254.14**	**68,275,745.07**	**72,716,580.72**	**77,290,641.44**	**82,001,923.99**
ภาษี	30%	19,189,276.24	20,482,723.52	21,814,974.22	23,187,192.43	24,600,577.20
กระแสเงินสด		**44,774,977.90**	**47,793,021.55**	**50,901,606.51**	**54,103,449.01**	**57,401,346.79**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	ปีที่	11	12	13	14	15
เทคโนโลยีดีขึ้น การผลิตไฟฟ้าดีขึ้น						
ขายไฟฟ้า		110,386,091.54	113,697,674.28	117,108,604.51	120,621,862.65	124,240,518.53
ค่าบริการจำกัดขยะ		68,405,584.39	70,457,751.93	72,571,484.48	74,748,629.02	76,991,087.89
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ		6,270,511.90	6,458,627.26	6,652,386.08	6,851,957.66	7,057,516.39
รายได้จากการขาย RDF		45,147,685.70	46,502,116.27	47,897,179.76	49,334,095.15	50,814,118.01
รายได้รวม		**230,209,873.54**	**237,116,169.74**	**244,229,654.83**	**251,556,544.48**	**259,103,240.81**
labor cost		15,941,237.39	16,419,474.51	16,912,058.74	17,419,420.51	17,942,003.12
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		201,416.44	207,458.94	213,682.70	220,093.19	226,695.98
ต้นทุนในการเดินระบบ		45,441,206.46	46,804,442.66	48,208,575.94	49,654,833.21	51,144,478.21
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		2,019,358.19	2,079,938.93	2,142,337.10	2,206,607.21	2,272,805.43
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		23,637,440	23,637,440	23,637,440	23,637,440	23,637,440
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**87,240,658.48**	**89,148,755.03**	**91,114,094.49**	**93,138,394.12**	**95,223,422.74**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 56,114,670.05	- 56,114,670.05	- 56,114,670.05	- 56,114,670.05	- 56,114,670.05
รายรับคงเหลือ		**86,854,545.01**	**91,852,744.66**	**97,000,890.30**	**102,303,480.31**	**107,765,148.02**
ภาษี	30%	26,056,363.50	27,555,823.40	29,100,267.09	30,691,044.09	32,329,544.41
กระแสเงินสด		**60,798,181.51**	**64,296,921.26**	**67,900,623.21**	**71,612,436.22**	**75,435,603.62**

	ปีที่	16	17	18	19	20	21	22
เทคโนโลยีดีขึ้น การผลิตไฟฟ้าดีขึ้น								
ขายไฟฟ้า		127,967,734.08	131,806,766.11	135,760,969.09	139,833,798.16	144,028,812.11	148,349,676.47	152,800,166.76
ค่าบริการจำกัดขยะ		79,300,820.53	81,679,845.14	84,130,240.50	86,654,147.71	89,253,772.14	91,931,385.31	94,689,326.87
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ		7,269,241.88	7,487,319.14	7,711,938.71	7,943,296.87	8,181,595.78	8,427,043.65	8,679,854.96
รายได้จากการขาย RDF		52,338,541.55	53,908,697.79	55,525,958.73	57,191,737.49	58,907,489.61	60,674,714.30	62,494,955.73
รายได้รวม		**266,876,338.04**	**274,882,628.18**	**283,129,107.03**	**291,622,980.24**	**300,371,669.64**	**309,382,819.73**	**318,664,304.32**
labor cost		18,480,263.22	19,034,671.11	19,605,711.25	20,193,882.58	20,799,699.06	21,423,690.03	22,066,400.73
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		233,496.86	240,501.77	247,716.82	255,148.32	262,802.77	270,686.86	278,807.46
ต้นทุนในการเดินระบบ		52,678,812.56	54,259,176.93	55,886,952.24	57,563,560.81	59,290,467.63	61,069,181.66	62,901,257.11
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		2,340,989.59	2,411,219.28	2,483,555.86	2,558,062.53	2,634,804.41	2,713,848.54	2,795,264.00
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		23,637,440	23,637,440	23,637,440	23,637,440	23,637,440	23,637,440	23,637,440
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**97,371,002.23**	**99,583,009.09**	**101,861,376.17**	**104,208,094.25**	**106,625,213.88**	**109,114,847.09**	**111,679,169.31**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี								
รายรับคงเหลือ		**169,505,335.81**	**175,299,619.09**	**181,267,730.86**	**187,414,885.99**	**193,746,455.77**	**200,267,972.64**	**206,985,135.02**
ภาษี	30%	50,851,600.74	52,589,885.73	54,380,319.26	56,224,465.80	58,123,936.73	60,080,391.79	62,095,540.51
กระแสเงินสด		**118,653,735.07**	**122,709,733.36**	**126,887,411.60**	**131,190,420.19**	**135,622,519.04**	**140,187,580.85**	**144,889,594.51**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิต RDF ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันที

ปีที่		0	1	2	3	4	5
ขายไฟฟ้า			113,281,740.00	116,680,192.20	120,180,597.97	123,786,015.90	127,499,596.38
ค่าบริการจำกัดขยะ			74,250,000.00	76,477,500.00	78,771,825.00	81,134,979.75	83,569,029.14
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ			7,425,000	7,647,750.00	7,877,182.50	8,113,497.98	8,356,902.91
รายได้จากการขาย RDF			44,550,000	45,886,500.00	47,263,095.00	48,680,987.85	50,141,417.49
รายได้รวม			**227,325,600.00**	**246,691,942.20**	**254,092,700.47**	**261,715,481.48**	**269,566,945.92**
labor cost			12,817,200.00	13,201,716.00	13,597,767.48	14,005,700.50	14,425,871.52
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า			225,000.00	231,750.00	238,702.50	245,863.58	253,239.48
ต้นทุนในการเดินระบบ			25,959,615.00	26,738,403.45	27,540,555.55	28,366,772.22	29,217,775.39
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี			15,292,573.20	15,751,350.40	16,223,890.91	16,710,607.64	17,211,925.86
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง			31,678,000.00	31,678,000.00	31,678,000	31,678,000	31,678,000
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ			**85,972,388.20**	**87,601,219.85**	**89,278,916.44**	**91,006,943.93**	**92,786,812.25**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี						- 79,287,019.96	- 79,287,019.96
รายรับคงเหลือ			**141,353,211.80**	**159,090,722.35**	**164,813,784.02**	**91,421,517.58**	**97,493,113.71**
ภาษี	30%		42,405,963.54	47,727,216.71	49,444,135.21	27,426,455.27	29,247,934.11
กระแสเงินสด		**- 633,560,000.00**	**98,947,248.26**	**111,363,505.65**	**115,369,648.82**	**63,995,062.31**	**68,245,179.60**

ปีที่		6	7	8	9	10
ขายไฟฟ้า		131,324,584.27	135,264,321.80	139,322,251.46	143,501,919.00	147,806,976.57
ค่าบริการจำกัดขยะ		86,076,100.02	88,658,383.02	91,318,134.51	94,057,678.54	96,879,408.90
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ		8,607,610.00	8,865,838.30	9,131,813.45	9,405,767.85	9,687,940.89
รายได้จากการขาย RDF		51,645,660.01	53,195,029.81	54,790,880.70	56,434,607.13	58,127,645.34
รายได้รวม		**277,653,954.30**	**285,983,572.93**	**294,563,080.12**	**303,399,972.52**	**312,501,971.70**
labor cost		14,858,647.67	15,304,407.10	15,763,539.31	16,236,445.49	16,723,538.85
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		260,836.67	268,661.77	276,721.62	285,023.27	293,573.97
ต้นทุนในการเดินระบบ		30,094,308.65	30,997,137.91	31,927,052.04	32,884,863.61	33,871,409.51
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		17,728,283.64	18,260,132.15	18,807,936.11	19,372,174.20	19,953,339.42
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		31,678,000	31,678,000	31,678,000	31,678,000	31,678,000
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**94,620,076.62**	**96,508,338.92**	**98,453,249.09**	**100,456,506.56**	**102,519,861.76**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 79,287,019.96	- 79,287,019.96	- 79,287,019.96	- 79,287,019.96	- 79,287,019.96
รายรับคงเหลือ		**103,746,857.72**	**110,188,214.05**	**116,822,811.07**	**123,656,446.00**	**130,695,089.98**
ภาษี	30%	31,124,057.32	33,056,464.21	35,046,843.32	37,096,933.80	39,208,526.99
กระแสเงินสด		**72,622,800.40**	**77,131,749.83**	**81,775,967.75**	**86,559,512.20**	**91,486,562.98**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	ปีที่	11	12	13	14	15
ขายไฟฟ้า		152,241,185.87	156,808,421.44	161,512,674.09	166,358,054.31	171,348,795.94
ค่าบริการจำกัดขยะ		99,785,791.17	102,779,364.90	105,862,745.85	109,038,628.22	112,309,787.07
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ		9,978,579.12	10,277,936.49	10,586,274.58	10,903,862.82	11,230,978.71
รายได้จากการขาย RDF		59,871,474.70	61,667,618.94	63,517,647.51	65,423,176.93	67,385,872.24
รายได้รวม		**321,877,030.85**	**331,533,341.77**	**341,479,342.03**	**351,723,722.29**	**362,275,433.96**
labor cost		17,225,245.02	17,742,002.37	18,274,262.44	18,822,490.31	19,387,165.02
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		302,381.19	311,452.62	320,796.20	330,420.09	340,332.69
ต้นทุนในการเดินระบบ		34,887,551.80	35,934,178.35	37,012,203.70	38,122,569.82	39,266,246.91
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		20,551,939.61	21,168,497.79	21,803,552.73	22,457,659.31	23,131,389.09
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		31,678,000	31,678,000	31,678,000	31,678,000	31,678,000
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**104,645,117.61**	**106,834,131.14**	**109,088,815.07**	**111,411,139.52**	**113,803,133.71**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 79,287,019.96	- 79,287,019.96	- 79,287,019.96		
รายรับคงเหลือ		**137,944,893.28**	**145,412,190.67**	**153,103,506.99**	**240,312,582.77**	**248,472,300.25**
ภาษี	30%	41,383,467.98	43,623,657.20	45,931,052.10	72,093,774.83	74,541,690.07
กระแสเงินสด		**96,561,425.29**	**101,788,533.47**	**107,172,454.89**	**168,218,807.94**	**173,930,610.17**

	ปีที่	16	17	18	19	20
ขายไฟฟ้า		176,489,259.82	181,783,937.61	187,237,455.74	192,854,579.41	198,640,216.79
ค่าบริการจำกัดขยะ		115,679,080.68	119,149,453.10	122,723,936.70	126,405,654.80	130,197,824.44
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ		11,567,908.07	11,914,945.31	12,272,393.67	12,640,565.48	13,019,782.44
รายได้จากการขาย RDF		69,407,448.41	71,489,671.86	73,634,362.02	75,843,392.88	78,118,694.66
รายได้รวม		**373,143,696.98**	**384,338,007.89**	**395,868,148.12**	**407,744,192.57**	**419,976,518.34**
labor cost		19,968,779.97	20,567,843.37	21,184,878.67	21,820,425.03	22,475,037.78
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		350,542.67	361,058.95	371,890.72	383,047.44	394,538.86
ต้นทุนในการเดินระบบ		40,444,234.32	41,657,561.35	42,907,288.19	44,194,506.83	45,520,342.04
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		23,825,330.76	24,540,090.68	25,276,293.40	26,034,582.21	26,815,619.67
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		31,678,000	31,678,000	31,678,000	31,678,000	31,678,000
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**116,266,887.72**	**118,804,554.35**	**121,418,350.98**	**124,110,561.51**	**126,883,538.36**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี						
รายรับคงเหลือ		**256,876,809.26**	**265,533,453.53**	**274,449,797.14**	**283,633,631.05**	**293,092,979.99**
ภาษี	30%	77,063,042.78	79,660,036.06	82,334,939.14	85,090,089.32	87,927,894.00
กระแสเงินสด		**179,813,766.48**	**185,873,417.47**	**192,114,858.00**	**198,543,541.74**	**205,165,085.99**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิต RDF ขนาด 3 MW โดยเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ขายขั้นสุดท้าย

ปีที่		0	1	2	3	4	5
รายได้จากการของก๊าซมีเทน			49,610,880.00	51,099,206.40	52,632,182.59	54,211,148.07	55,837,482.51
ค่าบริการจำกัดขยะ			54,000,000.00	55,620,000.00	57,288,600.00	59,007,258.00	60,777,475.74
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ			4,950,000	5,098,500.00	5,251,455.00	5,408,998.65	5,571,268.61
รายได้จากการขาย RDF			35,640,000	36,709,200.00	37,810,476.00	38,944,790.28	40,113,133.99
รายได้รวม			**144,200,880.00**	**148,526,906.40**	**152,982,713.59**	**157,572,195.00**	**162,299,360.85**
labor cost			9,480,000	9,764,400.00	10,057,332.00	10,359,051.96	10,669,823.52
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า			225,000	231,750.00	238,702.50	245,863.58	253,239.48
ต้นทุนในการเดินระบบ			20,366,377	20,977,368.31	21,606,689.36	22,254,890.04	22,922,536.74
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี			13,216,410	13,612,902.30	14,021,289.37	14,441,928.05	14,875,185.89
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ			8,391,240	8,642,977.20	8,902,266.52	9,169,334.51	9,444,414.55
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง			22,027,350	22,027,350	22,027,350	22,027,350	22,027,350
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ			**73,706,377.00**	**75,256,747.81**	**76,853,629.74**	**78,498,418.14**	**80,192,550.18**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี						- 55,132,361.24	- 55,132,361.24
รายรับคงเหลือ			**70,494,503.00**	**73,270,158.59**	**76,129,083.85**	**23,941,415.63**	**26,974,449.43**
ภาษี	30%		21,148,350.90	21,981,047.58	22,838,725.15	7,182,424.69	8,092,334.83
กระแสเงินสด		**- 440,547,000.00**	**49,346,152.10**	**51,289,111.01**	**53,290,358.69**	**16,758,990.94**	**18,882,114.60**

ปีที่		6	7	8	9	10
รายได้จากการของก๊าซมีเทน		57,512,606.99	59,237,985.20	61,015,124.75	62,845,578.50	64,730,945.85
ค่าบริการจำกัดขยะ		62,600,800.01	64,478,824.01	66,413,188.73	68,405,584.39	70,457,751.93
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ		5,738,406.67	5,910,558.87	6,087,875.63	6,270,511.90	6,458,627.26
รายได้จากการขาย RDF		41,316,528.01	42,556,023.85	43,832,704.56	45,147,685.70	46,502,116.27
รายได้รวม		**167,168,341.68**	**172,183,391.93**	**177,348,893.68**	**182,669,360.49**	**188,149,441.31**
labor cost		10,989,918.22	11,319,615.77	11,659,204.24	12,008,980.37	12,369,249.78
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		260,836.67	268,661.77	276,721.62	285,023.27	293,573.97
ต้นทุนในการเดินระบบ		23,610,212.84	24,318,519.23	25,048,074.81	25,799,517.05	26,573,502.56
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		15,321,441.47	15,781,084.71	16,254,517.25	16,742,152.77	17,244,417.35
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		9,727,746.98	10,019,579.39	10,320,166.77	10,629,771.78	10,948,664.93
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		22,027,350	22,027,350	22,027,350	22,027,350	22,027,350
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**81,937,506.19**	**83,734,810.87**	**85,586,034.70**	**87,492,795.24**	**89,456,758.60**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 55,132,361.24	- 55,132,361.24	- 55,132,361.24	- 55,132,361.24	- 55,132,361.24
รายรับคงเหลือ		**30,098,474.25**	**33,316,219.82**	**36,630,497.75**	**40,044,204.02**	**43,560,321.48**
ภาษี	30%	9,029,542.28	9,994,865.95	10,989,149.33	12,013,261.21	13,068,096.44
กระแสเงินสด		**21,068,931.98**	**23,321,353.87**	**25,641,348.43**	**28,030,942.81**	**30,492,225.03**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	ปีที่	11	12	13	14	15
รายได้จากการของก๊าซมีเทน		66,672,874.23	68,673,060.45	70,733,252.27	72,855,249.83	75,040,907.33
ค่าบริการจำกัดขยะ		72,571,484.48	74,748,629.02	76,991,087.89	79,300,820.53	81,679,845.14
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ		6,652,386.08	6,851,957.66	7,057,516.39	7,269,241.88	7,487,319.14
รายได้จากการขาย RDF		47,897,179.76	49,334,095.15	50,814,118.01	52,338,541.55	53,908,697.79
รายได้รวม		**193,793,924.55**	**199,607,742.28**	**205,595,974.55**	**211,763,853.79**	**218,116,769.40**
labor cost		12,740,327.28	13,122,537.09	13,516,213.21	13,921,699.60	14,339,350.59
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		302,381.19	311,452.62	320,796.20	330,420.09	340,332.69
ต้นทุนในการเดินระบบ		27,370,707.64	28,191,828.87	29,037,583.73	29,908,711.25	30,805,972.58
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		17,761,749.88	18,294,602.37	18,843,440.44	19,408,743.66	19,991,005.97
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		11,277,124.88	11,615,438.63	11,963,901.78	12,322,818.84	12,692,503.40
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		22,027,350	22,027,350	22,027,350	22,027,350	22,027,350
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**91,479,640.85**	**93,563,209.58**	**95,709,285.37**	**97,919,743.43**	**100,196,515.23**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 55,132,361.24	- 55,132,361.24	- 55,132,361.24		
รายรับคงเหลือ		**47,181,922.46**	**50,912,171.47**	**54,754,327.95**	**113,844,110.36**	**117,920,254.17**
ภาษี	30%	14,154,576.74	15,273,651.44	16,426,298.39	34,153,233.11	35,376,076.25
กระแสเงินสด		**33,027,345.72**	**35,638,520.03**	**38,328,029.57**	**79,690,877.25**	**82,544,177.92**

	ปีที่	16	17	18	19	20
รายได้จากการของก๊าซมีเทน		77,292,134.55	79,610,898.59	81,999,225.54	84,459,202.31	86,992,978.38
ค่าบริการจำกัดขยะ		84,130,240.50	86,654,147.71	89,253,772.14	91,931,385.31	94,689,326.87
รายได้จากขายปุ๋ยชีวภาพ		7,711,938.71	7,943,296.87	8,181,595.78	8,427,043.65	8,679,854.96
รายได้จากการขาย RDF		55,525,958.73	57,191,737.49	58,907,489.61	60,674,714.30	62,494,955.73
รายได้รวม		**224,660,272.49**	**231,400,080.66**	**238,342,083.08**	**245,492,345.57**	**252,857,115.94**
labor cost		14,769,531.11	15,212,617.04	15,668,995.55	16,139,065.42	16,623,237.38
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		350,542.67	361,058.95	371,890.72	383,047.44	394,538.86
ต้นทุนในการเดินระบบ		31,730,151.76	32,682,056.31	33,662,518.00	34,672,393.54	35,712,565.35
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		20,590,736.14	21,208,458.23	21,844,711.98	22,500,053.33	23,175,054.93
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		13,073,278.50	13,465,476.86	13,869,441.17	14,285,524.40	14,714,090.13
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		22,027,350	22,027,350	22,027,350	22,027,350	22,027,350
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**102,541,590.19**	**104,957,017.39**	**107,444,907.42**	**110,007,434.14**	**112,646,836.66**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี						
รายรับคงเหลือ		**122,118,682.30**	**126,443,063.27**	**130,897,175.66**	**135,484,911.43**	**140,210,279.28**
ภาษี	30%	36,635,604.69	37,932,918.98	39,269,152.70	40,645,473.43	42,063,083.78
กระแสเงินสด		**85,483,077.61**	**88,510,144.29**	**91,628,022.97**	**94,839,438.00**	**98,147,195.49**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6. การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี

ปีที่		0	1	2	3	4	5
ขายไฟฟ้า					127,805,040.00	131,639,191.20	135,588,366.94
ค่าบริการจำกัดขยะ					54,000,000.00	55,620,000.00	57,288,600.00
รายได้รวม					**181,805,040.00**	**187,259,191.20**	**192,876,966.94**
labor cost					11,798,880.00	12,152,846.40	12,517,431.79
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า					150,000.00	154,500.00	159,135.00
ต้นทุนในการเดินระบบ					35,763,149.79	36,836,044.29	37,941,125.62
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี					22,351,968.62	23,022,527.68	23,713,203.51
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ					8,894,714.40	9,161,555.83	9,436,402.51
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง					22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ					**101,310,681.44**	**103,679,442.82**	**106,119,267.05**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี							
รายรับคงเหลือ					**80,494,358.56**	**83,579,748.38**	**86,757,699.89**
ภาษี	30%				24,148,307.57	25,073,924.51	26,027,309.97
กระแสเงินสด		**- 424,687,403.80**			**56,346,051.00**	**58,505,823.87**	**60,730,389.92**

ปีที่		6	7	8	9	10
ขายไฟฟ้า		139,656,017.94	143,845,698.48	148,161,069.44	152,605,901.52	157,184,078.57
ค่าบริการจำกัดขยะ		59,007,258.00	60,777,475.74	62,600,800.01	64,478,824.01	66,413,188.73
รายได้รวม		**198,663,275.94**	**204,623,174.22**	**210,761,869.45**	**217,084,725.53**	**223,597,267.30**
labor cost		12,892,954.75	13,279,743.39	13,678,135.69	14,088,479.76	14,511,134.15
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		163,909.05	168,826.32	173,891.11	179,107.84	184,481.08
ต้นทุนในการเดินระบบ		39,079,359.38	40,251,740.17	41,459,292.37	42,703,071.14	43,984,163.28
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		24,424,599.62	25,157,337.60	25,912,057.73	26,689,419.46	27,490,102.05
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		9,719,494.58	10,011,079.42	10,311,411.80	10,620,754.16	10,939,376.78
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**108,632,286.00**	**111,220,695.52**	**113,886,757.33**	**116,632,800.99**	**119,461,225.96**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 49,115,322.29	- 49,115,322.29	- 49,115,322.29	- 49,115,322.29	- 49,115,322.29
รายรับคงเหลือ		**40,915,667.65**	**44,287,156.41**	**47,759,789.83**	**51,336,602.25**	**55,020,719.05**
ภาษี	30%	12,274,700.30	13,286,146.92	14,327,936.95	15,400,980.68	16,506,215.71
กระแสเงินสด		**28,640,967.36**	**31,001,009.49**	**33,431,852.88**	**35,935,621.58**	**38,514,503.33**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	ปีที่	11	12	13	14	15
ขายไฟฟ้า		161,899,600.92	166,756,588.95	171,759,286.62	176,912,065.22	182,219,427.17
ค่าบริการจำกัดขยะ		68,405,584.39	70,457,751.93	72,571,484.48	74,748,629.02	76,991,087.89
รายได้รวม		**230,305,185.32**	**237,214,340.88**	**244,330,771.10**	**251,660,694.24**	**259,210,515.06**
labor cost		14,946,468.18	15,394,862.22	15,856,708.09	16,332,409.33	16,822,381.61
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		190,015.51	195,715.98	201,587.46	207,635.08	213,864.13
ต้นทุนในการเดินระบบ		45,303,688.17	46,662,798.82	48,062,682.78	49,504,563.27	50,989,700.17
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		28,314,805.11	29,164,249.26	30,039,176.74	30,940,352.04	31,868,562.60
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		11,267,558.08	11,605,584.83	11,953,752.37	12,312,364.94	12,681,735.89
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**122,374,503.68**	**125,375,179.73**	**128,465,876.06**	**131,649,293.29**	**134,928,213.03**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 49,115,322.29	- 49,115,322.29	- 49,115,322.29	- 49,115,322.29	- 49,115,322.29
รายรับคงเหลือ		**58,815,359.35**	**62,723,838.85**	**66,749,572.75**	**70,896,078.66**	**75,166,979.74**
ภาษี	30%	17,644,607.80	18,817,151.66	20,024,871.82	21,268,823.60	22,550,093.92
กระแสเงินสด		**41,170,751.54**	**43,906,687.20**	**46,724,700.92**	**49,627,255.06**	**52,616,885.82**

	ปีที่	16	17	18	19	20	21	22
ขายไฟฟ้า		187,686,009.99	193,316,590.29	199,116,088.00	205,089,570.64	211,242,257.76	217,579,525.49	224,106,911.25
ค่าบริการจำกัดขยะ		79,300,820.53	81,679,845.14	84,130,240.50	86,654,147.71	89,253,772.14	91,931,385.31	94,689,326.87
รายได้รวม		**266,986,830.52**	**274,996,435.43**	**283,246,328.49**	**291,743,718.35**	**300,496,029.90**	**309,510,910.80**	**318,796,238.12**
labor cost		17,327,053.06	17,846,864.65	18,382,270.59	18,933,738.71	19,501,750.87	20,086,803.40	20,689,407.50
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		220,280.06	226,888.46	233,695.11	240,705.97	247,927.14	255,364.96	263,025.91
ต้นทุนในการเดินระบบ		52,519,391.17	54,094,972.91	55,717,822.09	57,389,356.76	59,111,037.46	60,884,368.58	62,710,899.64
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		32,824,619.48	33,809,358.07	34,823,638.81	35,868,347.97	36,944,398.41	38,052,730.36	39,194,312.28
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		13,062,187.97	13,454,053.61	13,857,675.22	14,273,405.47	14,701,607.64	15,142,655.86	15,596,935.54
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62	22,351,968.62
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**138,305,500.36**	**141,784,106.31**	**145,367,070.44**	**149,057,523.50**	**152,858,690.14**	**156,773,891.79**	**160,806,549.48**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี								
รายรับคงเหลือ		**128,681,330.16**	**133,212,329.12**	**137,879,258.05**	**142,686,194.85**	**147,637,339.76**	**152,737,019.01**	**157,989,688.64**
ภาษี	30%	38,604,399.05	39,963,698.74	41,363,777.42	42,805,858.46	44,291,201.93	45,821,105.70	47,396,906.59
กระแสเงินสด		**90,076,931.11**	**93,248,630.38**	**96,515,480.64**	**99,880,336.40**	**103,346,137.83**	**106,915,913.30**	**110,592,782.04**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

7. การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW โดยการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบในการผลิต

ปีที่		0	1	2	3	4	5
ขายไฟฟ้า			142,005,600.00	146,265,768.00	150,653,741.04	155,173,353.27	159,828,553.87
ค่าบริการจำกัดขยะ			-	-	-	-	-
รายได้รวม			**142,005,600.00**	**146,265,768.00**	**150,653,741.04**	**155,173,353.27**	**159,828,553.87**
labor cost			12,552,000.00	12,928,560.00	13,316,416.80	13,715,909.30	14,127,386.58
วัตถุดิบ (ชีวมวล)			24,215,142.00	24,941,596.26	25,689,844.15	26,460,539.47	27,254,355.66
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า			150,000.00	154,500.00	159,135.00	163,909.05	168,826.32
ต้นทุนในการเดินระบบ			19,125,000.00	19,698,750.00	20,289,712.50	20,898,403.88	21,525,355.99
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี			9,562,500.00	9,849,375.00	10,144,856.25	10,449,201.94	10,762,678.00
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง			9,562,500.00	9,562,500.00	9,562,500.00	9,562,500.00	9,562,500.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ			**75,167,142.00**	**77,135,281.26**	**79,162,464.70**	**81,250,463.64**	**83,401,102.55**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี						- 22,118,163.39	- 22,118,163.39
รายรับคงเหลือ			**66,838,458.00**	**69,130,486.74**	**71,491,276.34**	**51,804,726.24**	**54,309,287.93**
ภาษี	30%		20,051,537.40	20,739,146.02	21,447,382.90	15,541,417.87	16,292,786.38
กระแสเงินสด		- **191,250,000.00**	**46,786,920.60**	**48,391,340.72**	**50,043,893.44**	**36,263,308.37**	**38,016,501.55**

ปีที่		6	7	8	9	10
ขายไฟฟ้า		164,623,410.49	169,562,112.80	174,648,976.18	179,888,445.47	185,285,098.83
ค่าบริการจำกัดขยะ		-	-	-	-	-
รายได้รวม		**164,623,410.49**	**169,562,112.80**	**174,648,976.18**	**179,888,445.47**	**185,285,098.83**
labor cost		14,551,208.18	14,987,744.43	15,437,376.76	15,900,498.06	16,377,513.00
วัตถุดิบ (ชีวมวล)		28,071,986.33	28,914,145.92	29,781,570.29	30,675,017.40	31,595,267.92
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		173,891.11	179,107.84	184,481.08	190,015.51	195,715.98
ต้นทุนในการเดินระบบ		22,171,116.67	22,836,250.17	23,521,337.68	24,226,977.81	24,953,787.14
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		11,085,558.34	11,418,125.09	11,760,668.84	12,113,488.90	12,476,893.57
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		9,562,500.00	9,562,500.00	9,562,500.00	9,562,500.00	9,562,500.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**85,616,260.62**	**87,897,873.44**	**90,247,934.65**	**92,668,497.69**	**95,161,677.62**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 22,118,163.39	- 22,118,163.39	- 22,118,163.39	- 22,118,163.39	- 22,118,163.39
รายรับคงเหลือ		**56,888,986.47**	**59,546,075.96**	**62,282,878.14**	**65,101,784.39**	**68,005,257.82**
ภาษี	30%	17,066,695.94	17,863,822.79	18,684,863.44	19,530,535.32	20,401,577.35
กระแสเงินสด		**39,822,290.53**	**41,682,253.17**	**43,598,014.70**	**45,571,249.07**	**47,603,680.48**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	ปีที่	11	12	13	14	15
ขายไฟฟ้า		190,843,651.80	196,568,961.35	202,466,030.19	208,540,011.10	214,796,211.43
ค่าบริการจำกัดขยะ		-	-	-	-	-
รายได้รวม		**190,843,651.80**	**196,568,961.35**	**202,466,030.19**	**208,540,011.10**	**214,796,211.43**
labor cost		16,868,838.39	17,374,903.55	17,896,150.65	18,433,035.17	18,986,026.23
วัตถุดิบ (ชีวมวล)		32,543,125.96	33,519,419.74	34,525,002.33	35,560,752.40	36,627,574.98
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		201,587.46	207,635.08	213,864.13	220,280.06	226,888.46
ต้นทุนในการเดินระบบ		25,702,400.75	26,473,472.78	27,267,676.96	28,085,707.27	28,928,278.49
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		12,851,200.38	13,236,736.39	13,633,838.48	14,042,853.63	14,464,139.24
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		9,562,500.00	9,562,500.00	9,562,500.00	9,562,500.00	9,562,500.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**97,729,652.94**	**100,374,667.53**	**103,099,032.56**	**105,905,128.54**	**108,795,407.39**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี		- 22,118,163.39	- 22,118,163.39	- 22,118,163.39		
รายรับคงเหลือ		**70,995,835.46**	**74,076,130.43**	**77,248,834.24**	**102,634,882.56**	**106,000,804.04**
ภาษี	30%	21,298,750.64	22,222,839.13	23,174,650.27	30,790,464.77	31,800,241.21
กระแสเงินสด		**49,697,084.82**	**51,853,291.30**	**54,074,183.97**	**71,844,417.79**	**74,200,562.83**

	ปีที่	16	17	18	19	20
ขายไฟฟ้า		221,240,097.77	227,877,300.71	234,713,619.73	241,755,028.32	249,007,679.17
ค่าบริการจำกัดขยะ			-	-	-	-
รายได้รวม		**221,240,097.77**	**227,877,300.71**	**234,713,619.73**	**241,755,028.32**	**249,007,679.17**
labor cost		19,555,607.01	20,142,275.22	20,746,543.48	21,368,939.78	22,010,007.98
วัตถุดิบ (ชีวมวล)		37,726,402.22	38,858,194.29	40,023,940.12	41,224,658.32	42,461,398.07
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า		233,695.11	240,705.97	247,927.14	255,364.96	263,025.91
ต้นทุนในการเดินระบบ		29,796,126.84	30,690,010.65	31,610,710.97	32,559,032.30	33,535,803.27
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี		14,898,063.42	15,345,005.32	15,805,355.48	16,279,516.15	16,767,901.63
ค่าเสื่อมแบบเส้นตรง		9,562,500.00	9,562,500.00	9,562,500.00	9,562,500.00	9,562,500.00
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ		**111,772,394.61**	**114,838,691.45**	**117,996,977.20**	**121,250,011.51**	**124,600,636.86**
ดอกเบี้ยธนาคารเริ่มจ่ายปีที่ 4 ให้ครบภายใน 10 ปี						
รายรับคงเหลือ		**109,467,703.16**	**113,038,609.26**	**116,716,642.53**	**120,505,016.81**	**124,407,042.31**
ภาษี	30%	32,840,310.95	33,911,582.78	35,014,992.76	36,151,505.04	37,322,112.69
กระแสเงินสด		**76,627,392.21**	**79,127,026.48**	**81,701,649.77**	**84,353,511.77**	**87,084,929.62**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข. การกำหนดกราฟลักษณะของการกระจายตัวของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ทางเลือกที่ 2 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยี Incineration ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี

	Parameters of distributions			
Uncertain inputs	Distribution	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 3
Investment cost	Normal	613,593,000.00	4,860,245.00	-
Year 1 revenue ขายไฟฟ้า	Triangular	154,915,200.00	154,915,200.00	154,915,200.00
Year 1 revenue ค่ากำจัดขยะ	Triangular	54,000,000.00	54,000,000.00	54,000,000.00
Annual fixed cost	Triangular	12,001,560.00	12,001,560.00	12,001,560.00
ต้นทุนในการเดินระบบ	Normal	19,144,394.38	246,480.89	-
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี	Normal	5,679,480.00	276,509.51	-

2. ทางเลือกที่ 3 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยี Incineration ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันที

	Parameters of distributions			
Uncertain inputs	Distribution	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 3
Investment cost	Normal	788,770,000	7,482,322	-
Year 1 revenue ขายไฟฟ้า	Triangular	181,051,200	181,051,200	181,051,200
Year 1 revenue ค่ากำจัดขยะ	Triangular	73,000,000.00	73,000,000.00	73,000,000.00
Annual fixed cost	Triangular	11,652,000	11,652,000	11,652,000
ต้นทุนในการเดินระบบ	Normal	20,366,377	246,481	-
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี	Normal	6,042,000	276,510	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ทางเลือกที่ 5 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิต RDF ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี

	Parameters of distributions				
Uncertain inputs	Distribution	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 3	ค่าเฉลี่ย
Investment cost	Normal	448,396,350.00	150,653.49	-	-
Year 1 revenue ขายไฟฟ้า	Triangular	87,139,800.00	87,139,800.00	87,139,800	87,139,800
Year 1 revenue ค่ากำจัดขยะ	Triangular	54,000,000.00	54,000,000.00	54,000,000.00	54,000,000
Annual fixed cost	Triangular	12,584,160.00	12,584,160.00	12,584,160	12,584,160
ต้นทุนในการเดินระบบ	Normal	35,871,708.00	249,790.10	-	-
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี	Normal	1,594,100.00	27,433.16	-	-

4. ทางเลือกที่ 6 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิต RDF ขนาด 4.5 MW แบบลงทุนทันที

	Parameters of distributions				
Uncertain inputs	Distribution	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 3	ค่าเฉลี่ย
Investment cost	Normal	633,560,000.00	967,508.87	-	-
Year 1 revenue ขายไฟฟ้า	Triangular	113,281,740	113,281,740	113,281,740	113,281,740
Year 1 revenue ค่ากำจัดขยะ	Triangular	72,000,000.00	72,250,000.00	74,250,000.00	72,833,333
Annual fixed cost	Triangular	10,817,200	11,817,200	12,817,200	11,817,200
ต้นทุนในการเดินระบบ	Normal	25,959,615.00	66,580.43	-	-
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี	Normal	15,292,573.20	81,048.17	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. ทางเลือกที่ 7 การลงทุนในโรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิต RDF ขนาด 3 MW โดยเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ขายขั้นสุดท้าย

	Parameters of distributions				
Uncertain inputs	Distribution	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 3	ค่าเฉลี่ย
Investment cost	Normal	440,547,000.00	7,284,991.46	-	-
Year 1 revenue ขายมีเทน	Triangular	49,610,880.00	49,610,880.00	49,610,880.00	49,610,880
Year 1 revenue ค่ากำจัดขยะ	Triangular	54,000,000.00	54,000,000.00	54,000,000.00	54,000,000
Annual fixed cost	Triangular	9,480,000.00	9,480,000.00	9,480,000.00	9,480,000
ต้นทุนในการเดินระบบ	Normal	20,366,377.00	111,862.53	-	-
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี	Normal	13,216,410.00	60,637.67	-	-

6. ทางเลือกที่ 9 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW แบบชะลอการลงทุน 2 ปี

	Parameters of distributions				
Uncertain inputs	Distribution	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 3	ค่าเฉลี่ย
Investment cost	Normal	424,687,403.80	845,028.48	-	212,766,216
Year 1 revenue ขายไฟฟ้า	Triangular	127,805,040.00	127,805,040.00	127,805,040.00	127,805,040
Year 1 revenue ค่ากำจัดขยะ	Triangular	54,000,000.00	54,000,000.00	54,000,000.00	54,000,000
Annual fixed cost	Triangular	11,798,880.00	11,798,880.00	11,798,880.00	11,798,880
ต้นทุนในการเดินระบบ	Normal	35,763,149.79	227,379.63	-	17,995,265
ค่าซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี	Normal	22,351,968.62	110,134.40	-	11,231,052

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. ทางเลือกที่ 10 การลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยี Gasification ขนาด 3 MW โดยการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบในการผลิต

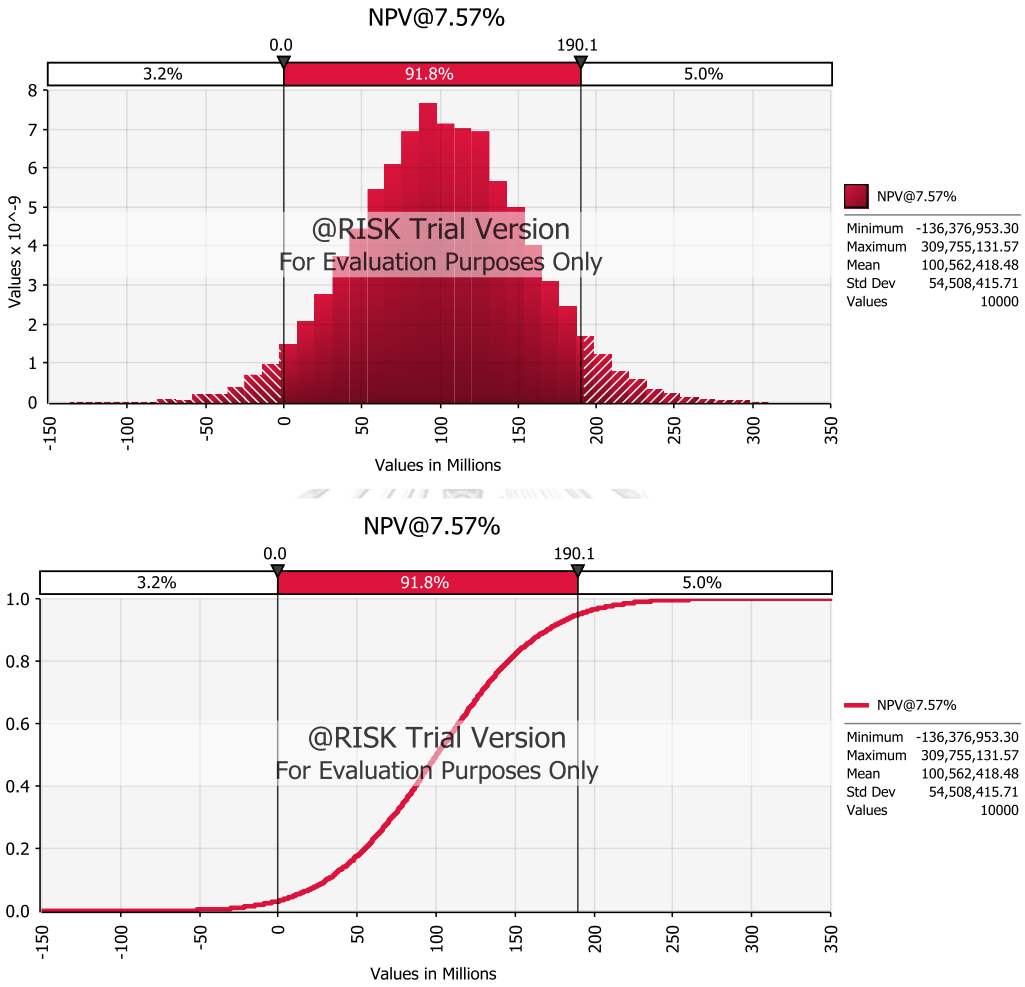
	Parameters of distributions				
Uncertain inputs	Distribution	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 3	ค่าเฉลี่ย
Investment cost	Normal	191,250,000.00	90,957.37	-	95,670,479
Year 1 revenue ขายไฟฟ้า	Triangular	142,005,600.00	142,005,600.00	142,005,600.00	142,005,600
Annual fixed cost	Triangular	12,552,000.00	12,552,000.00	12,552,000.00	12,552,000
ต้นทุนในการเดินระบบ	Normal	19,125,000.00	35,401.43	-	9,580,201
วัตถุดิบชีวมวล	Normal	24,215,142.00	201,601.33	-	12,208,372

ภาคผนวก ค. ผลการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม @Risk

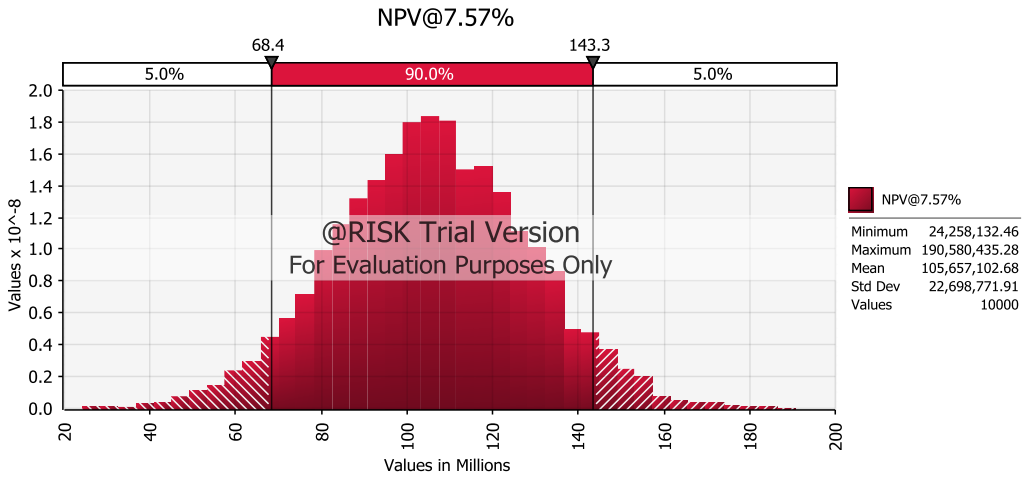
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

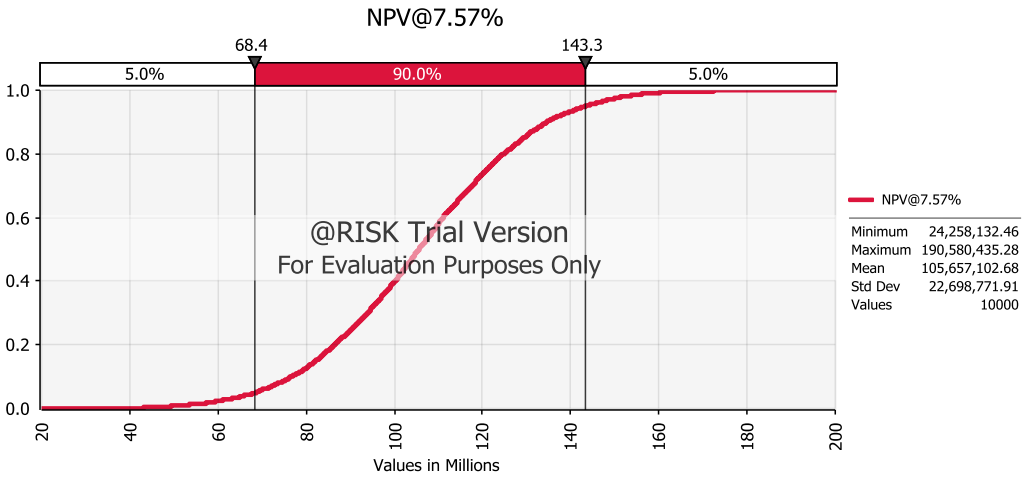
กรณี BASE Case

1. Incinerator



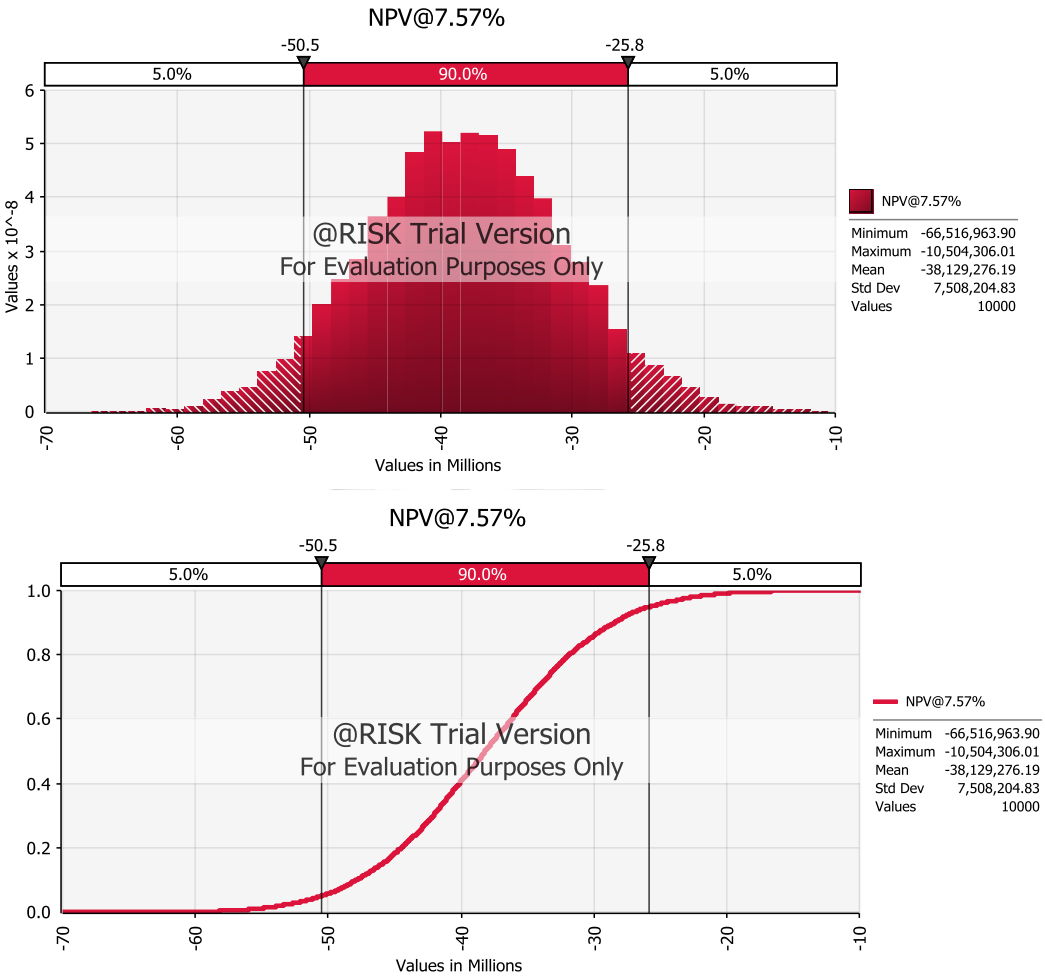
2. AD & RDF





CHULALONGKORN UNIVERSITY

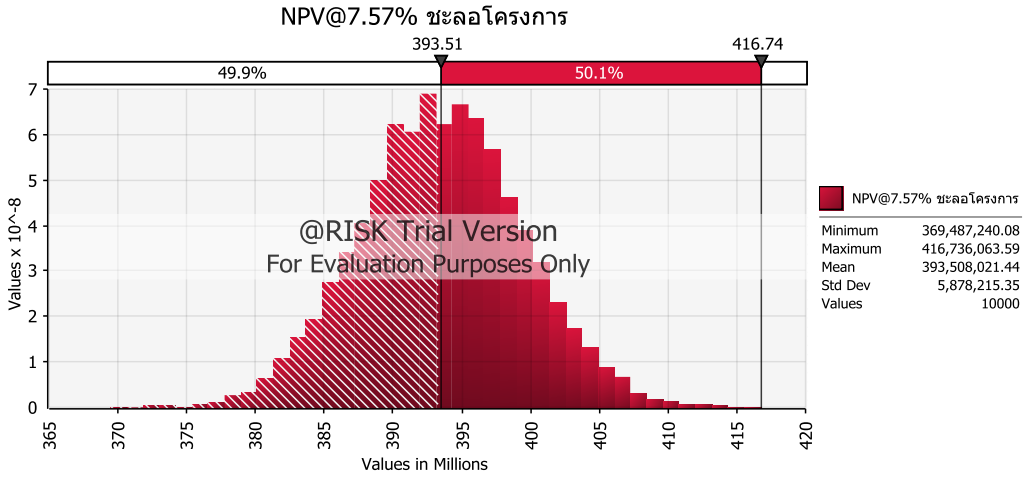
3. Gasification

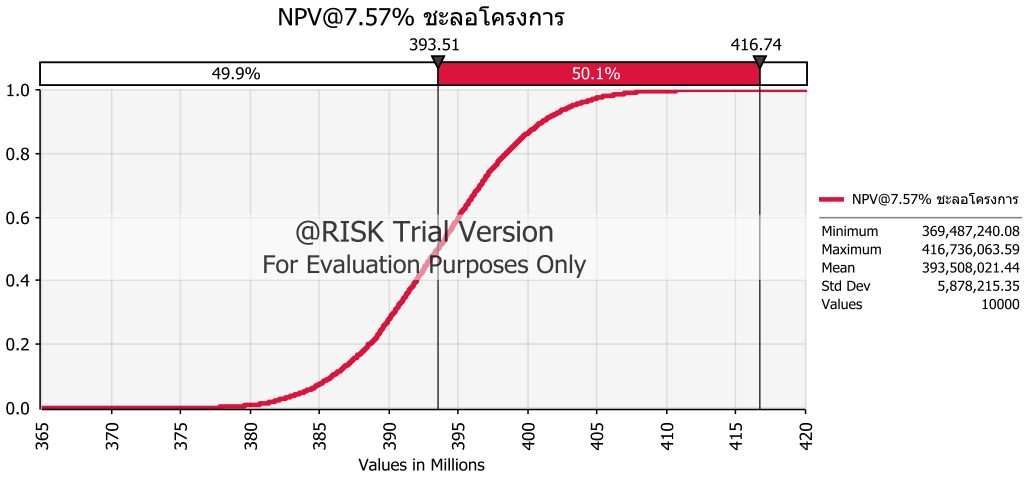


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยี Incineration

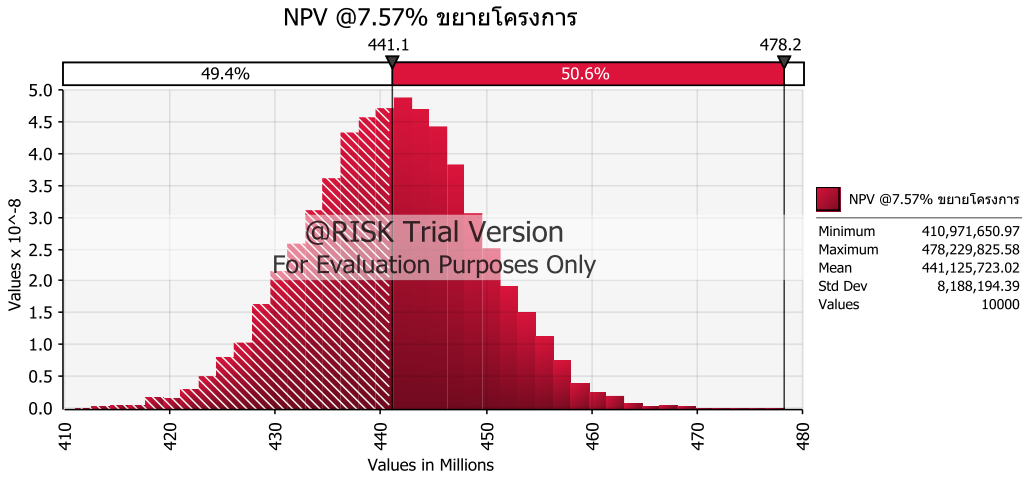
1. Incinerator ชะลอ 2 ปี

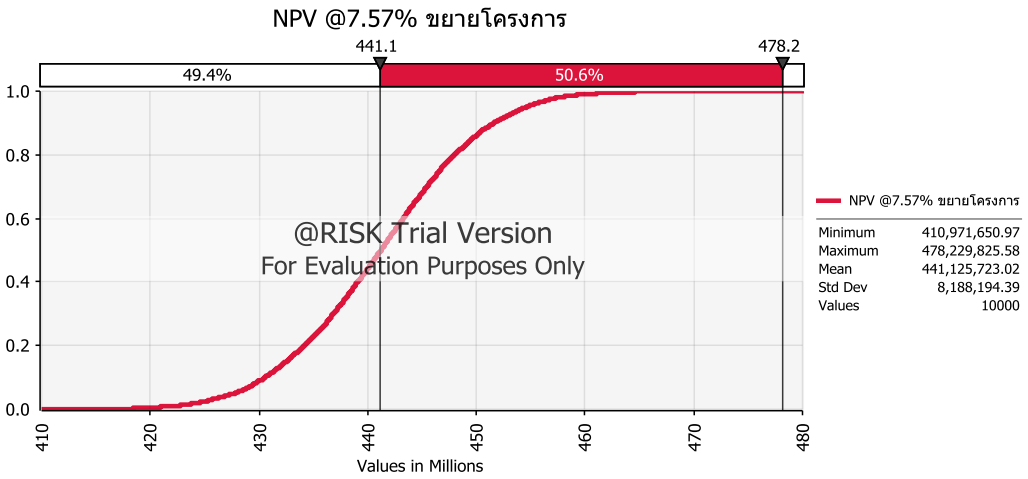




CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. Incinerator ขยายโครงการ

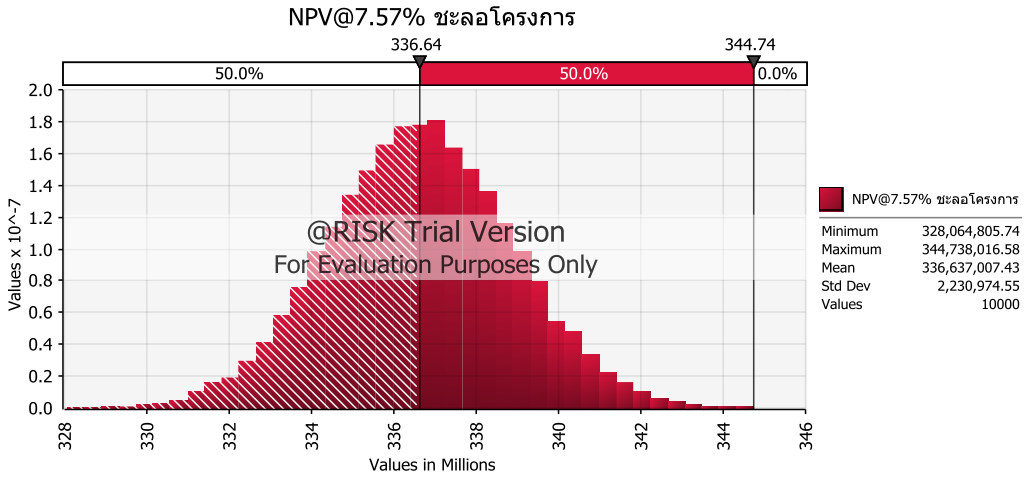


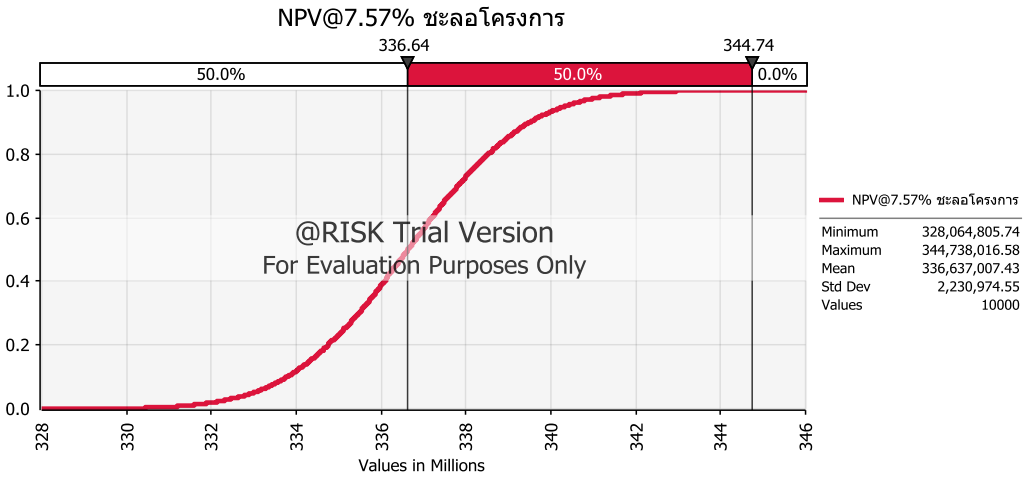


CHULALONGKORN UNIVERSITY

โรงไฟฟ้าเทคโนโลยี Anaerobic digestion และการผลิต RDF

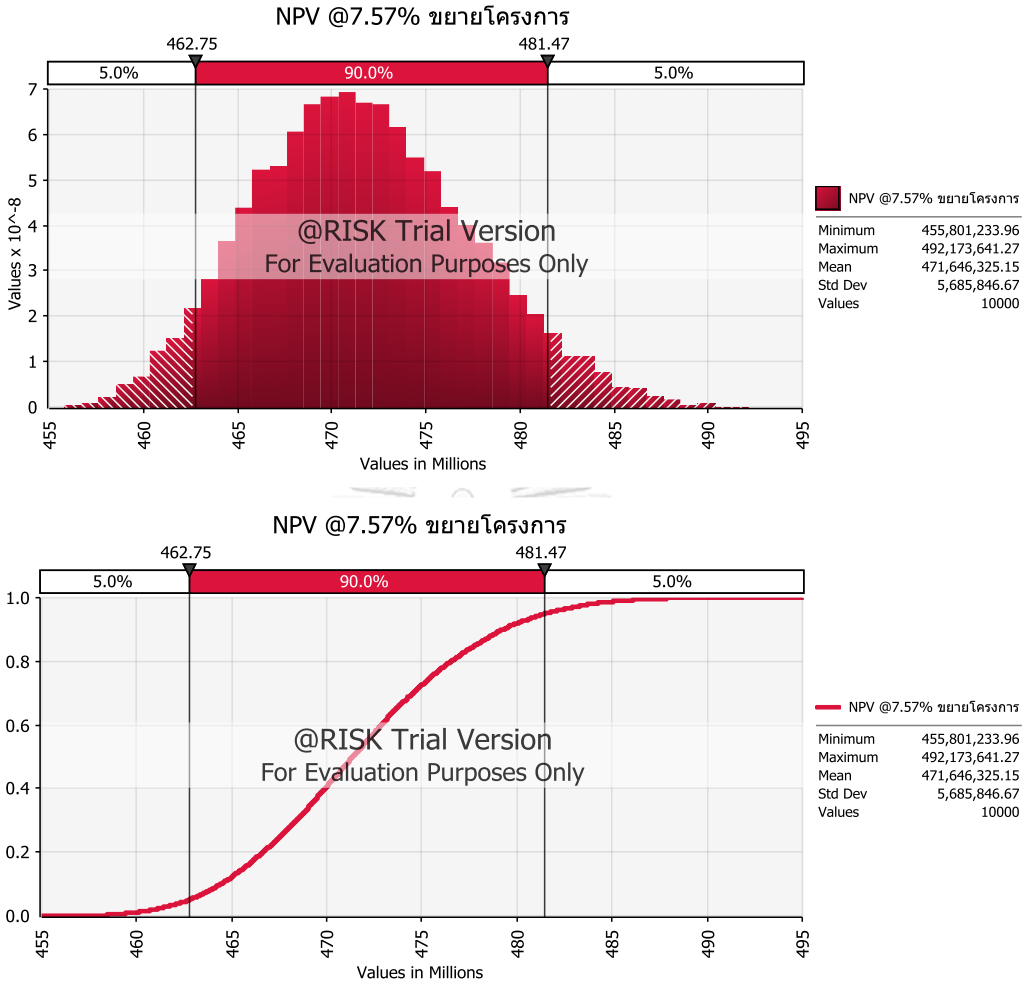
1. AD & RDF ชะลอ 2 ปี





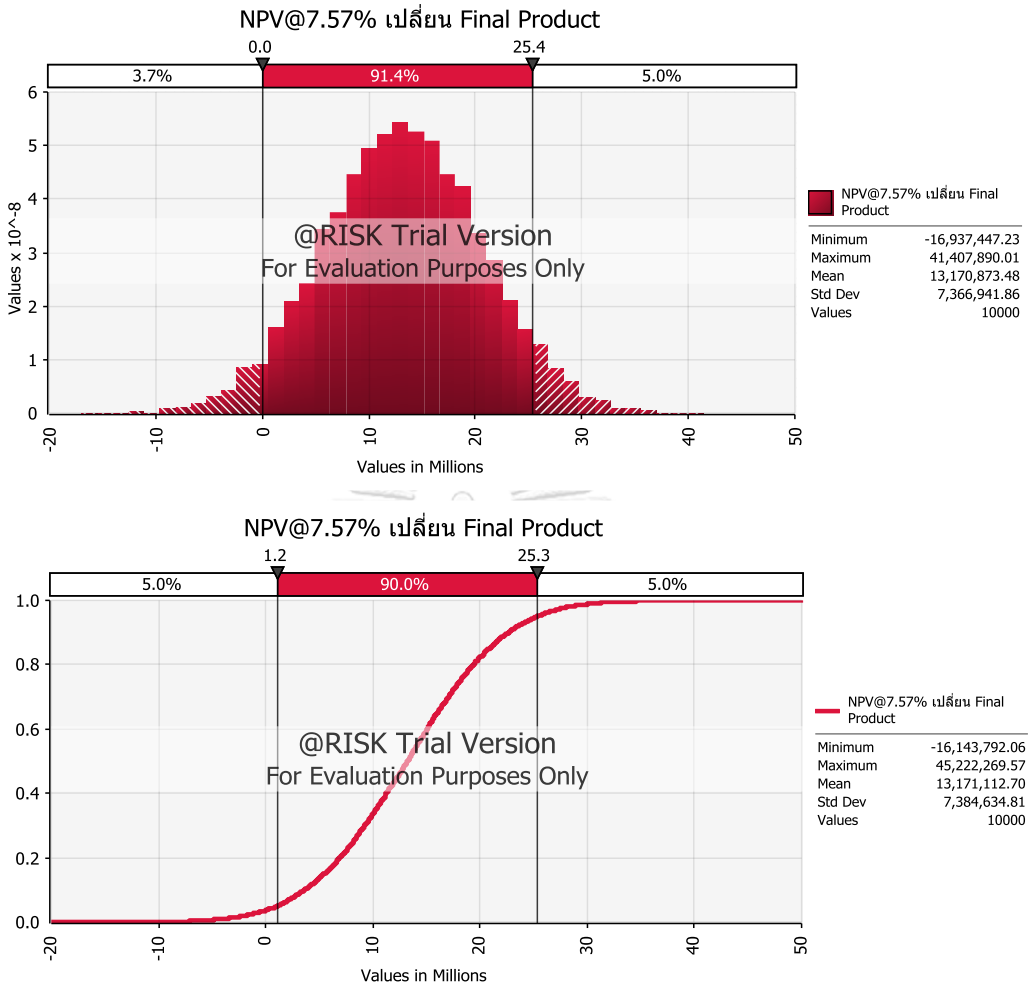
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. AD & RDF ขยายกำลังการผลิต



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. AD & RDF เปลี่ยน final Product

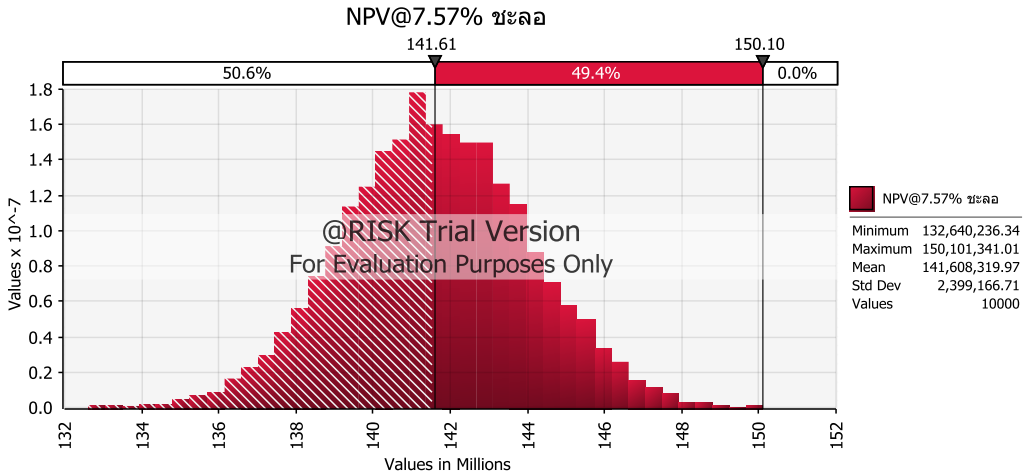


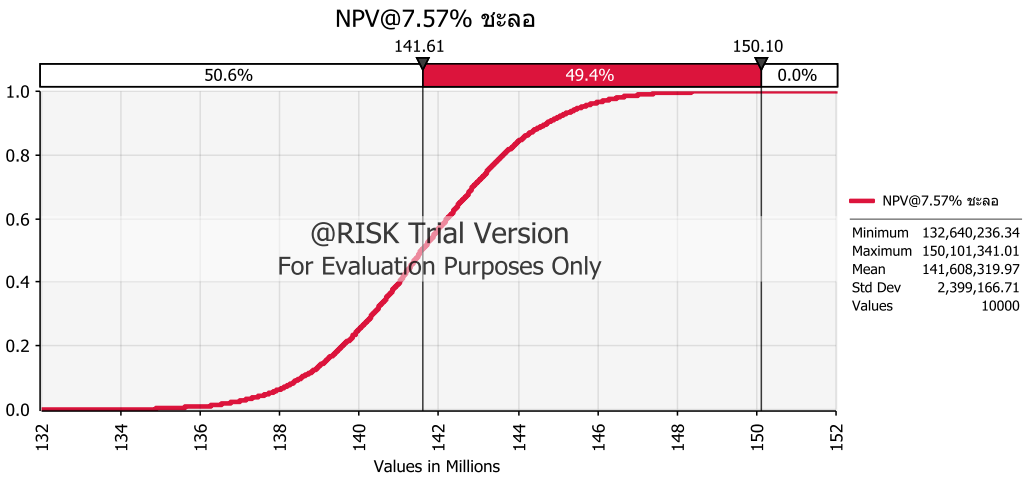
8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงไฟฟ้าขยะเทคโนโลยี Gasification

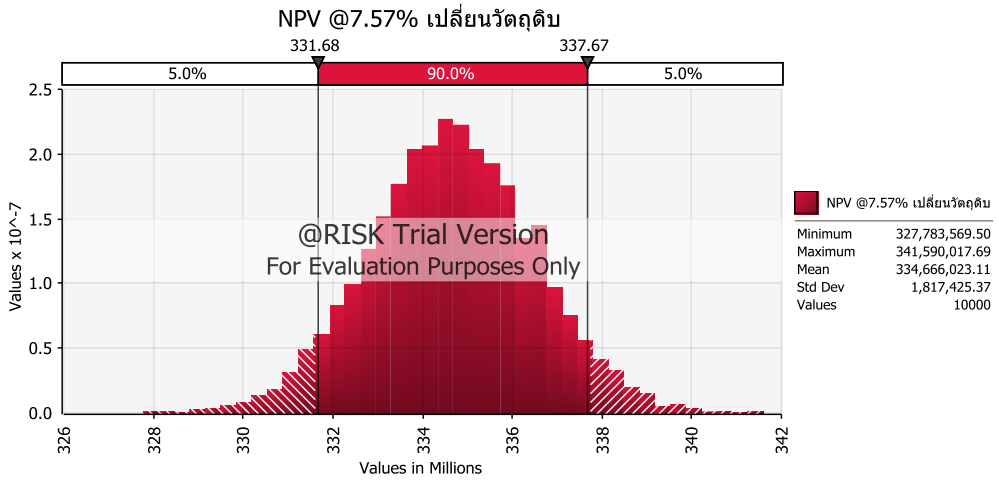
1 Gasification ชะลอการลงทุน

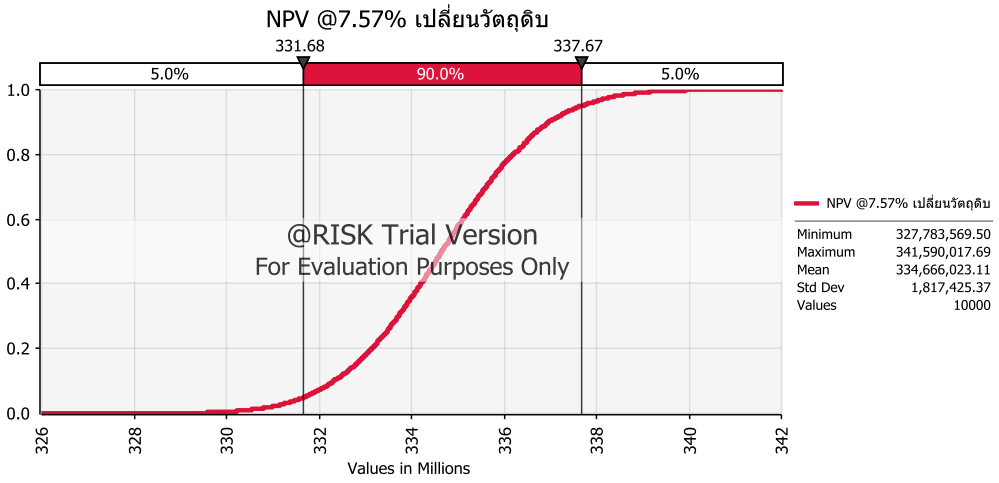




CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. Gasification เปลี่ยนวัตถุดิบ





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล นางสาวพชรพร เพ็งอ้น

วัน เดือน ปี เกิด 20 มกราคม 2535

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนลาซาลโชติรวีนครสวรรค์ ปีการศึกษา 2552

ระดับปริญญาตรี เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจวิศวกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2556

ประวัติการทำงาน QA Engineer

บริษัท ANDEN (Thailand) Co., Ltd.

ผลงานที่ได้รับรางวัล พชรพร เพ็งอ้น วารุณี เตีย และสร้อยดาว วินิจนันทรัตน์, 2560, “การประเมินผลกระทบของการใช้พื้นที่ทางการเกษตรสำหรับที่ตั้งโรงไฟฟ้าโฟโตโวลตาอิก”, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13, 31 พฤษภาคม – 2 มิถุนายน 2560, โรงแรมดิเอ็มเพรส จ.เชียงใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University