



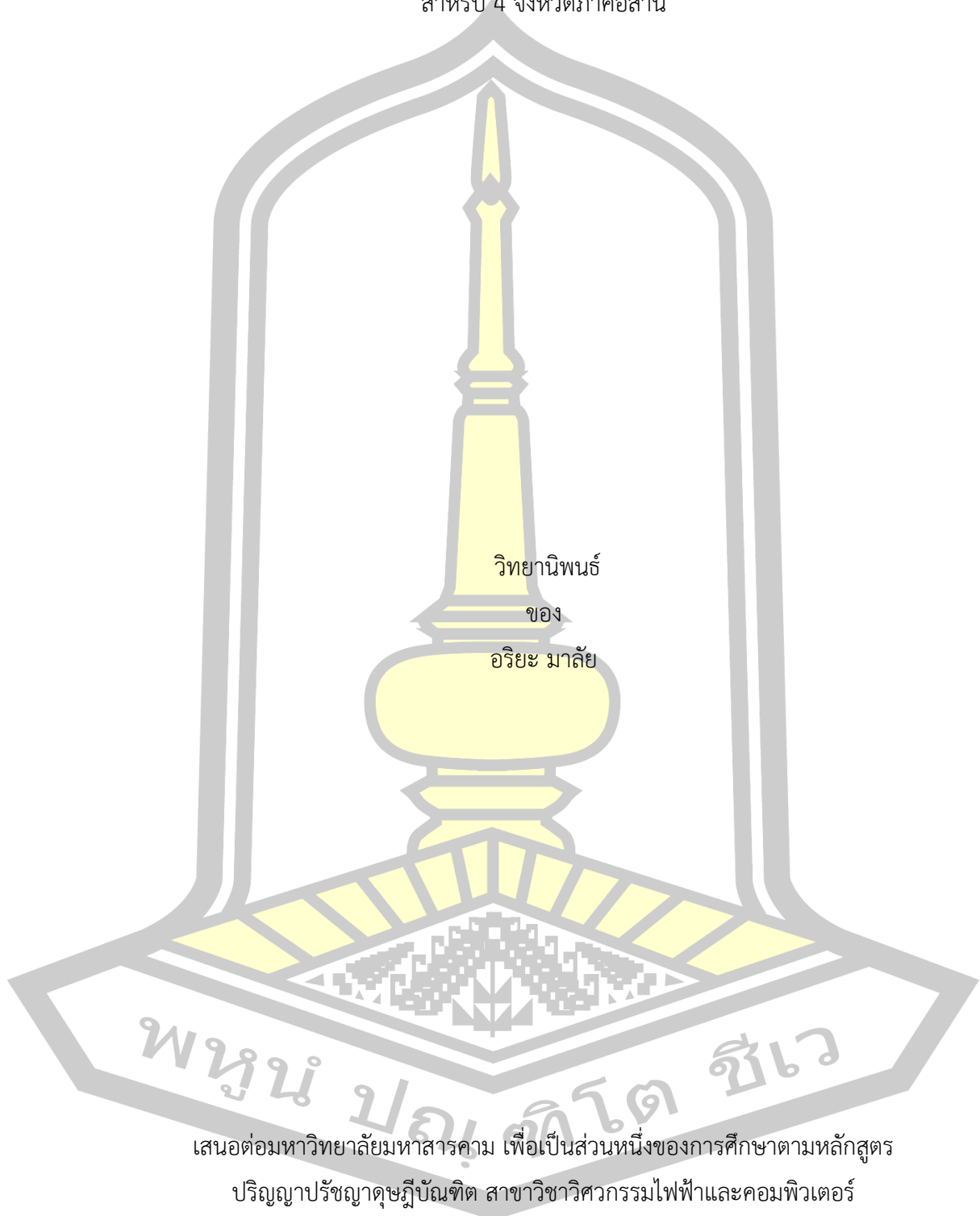
การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานจากขยะ  
สำหรับ 4 จังหวัดภาคอีสาน

วิทยานิพนธ์  
ของ  
อริยะ มาลัย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์  
มีนาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานจากขยะ  
สำหรับ 4 จังหวัดภาคอีสาน

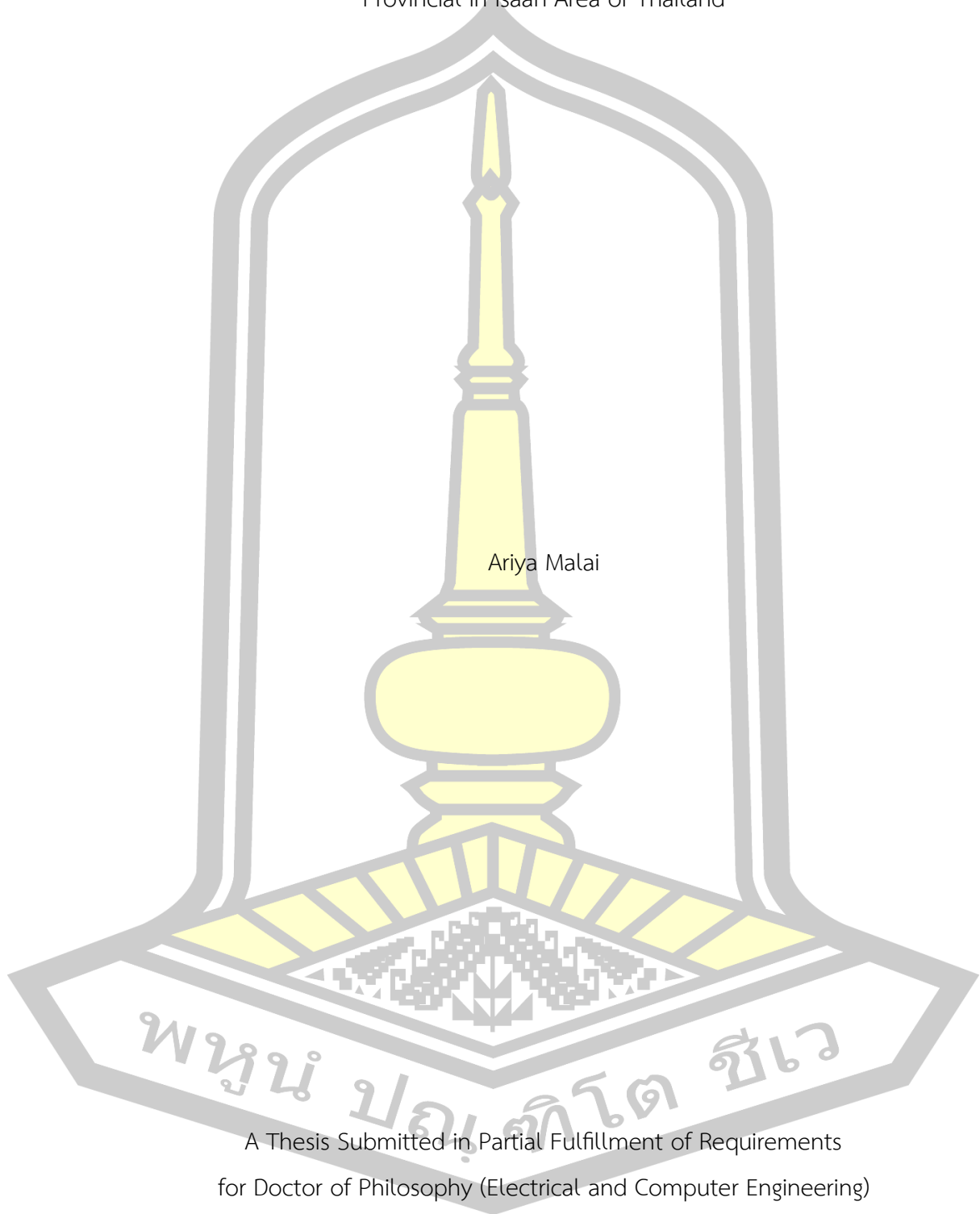


เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

มีนาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Cost-Benefit Analysis of Investment in Waste to Energy Power Plant for Four-  
Provincial in Isaan Area of Thailand



Ariya Malai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements  
for Doctor of Philosophy (Electrical and Computer Engineering)

March 2025

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายอริยะ มาลัย แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. จักรพันธ์ ออบมา )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศ. ดร. วรวัฒน์ เสียมวิบูล )

กรรมการ

(ผศ. ดร. ณีรัฐฉิม สุวรรณทา )

กรรมการ

(ผศ. ดร. บัญชา วัฒนชะ )

กรรมการ

(รศ. ดร. สุพรรณนิกา วัฒนชะ )

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัย มหาสารคาม

(รศ. ดร. จักรมาส เลหาวิช )

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง )

ผู้รักษาการคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานจากขยะ สำหรับ 4 จังหวัดภาคอีสาน		
ผู้วิจัย	อริยะ มาลัย		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล		
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2568

### บทคัดย่อ

การศึกษาโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานจากขยะ สำหรับ 4 จังหวัดในภาคอีสาน ซึ่งประกอบไปด้วย จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดยโสธร และจังหวัดอำนาจเจริญ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการตัดสินใจก่อนการลงทุนดำเนินการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ ในพื้นที่ 4 จังหวัดดังกล่าว โดยงานวิจัยนี้ได้มีการวิเคราะห์ความเหมาะสมของขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าจากปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ รวมถึงการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ และการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลของการวิเคราะห์ความเหมาะสมของขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าพบว่าสำหรับ 4 จังหวัดในภาคอีสาน มีความเหมาะสมในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ ขนาดกำลังการผลิต 9.75 MW ชั่วโมงการผลิต 7,200 ชั่วโมงต่อปี จำนวน 6 แห่ง ผลของการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ต่อโรงไฟฟ้ามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ประมาณ 14,000 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 7.63 % ระยะเวลาคืนทุน (PB) เท่ากับ 6 ปี 10 เดือน และมีระยะเวลาคืนทุนแบบ Dynamic เท่ากับ 17 ปี 10 เดือน ผลของการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมพบว่า หากนำขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมดในพื้นที่สำหรับ 4 จังหวัดในภาคอีสาน มาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า จะสามารถช่วยลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศได้ 899,384.674 tCO<sub>2eq</sub>/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการจัดการขยะแบบเทกอง และสามารถลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศได้ 627,246.697 tCO<sub>2eq</sub>/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการจัดการขยะแบบฝังกลบ ดังนั้น การนำขยะที่เกิดขึ้นในกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 มาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้าจะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังช่วยแก้ไขปัญหามลพิษในการจัดการขยะที่มีแนวโน้มสูงขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงไฟฟ้า, 4 จังหวัดในภาคอีสาน, ประเทศไทย, ขยะพลังงาน, การจัดการขยะ

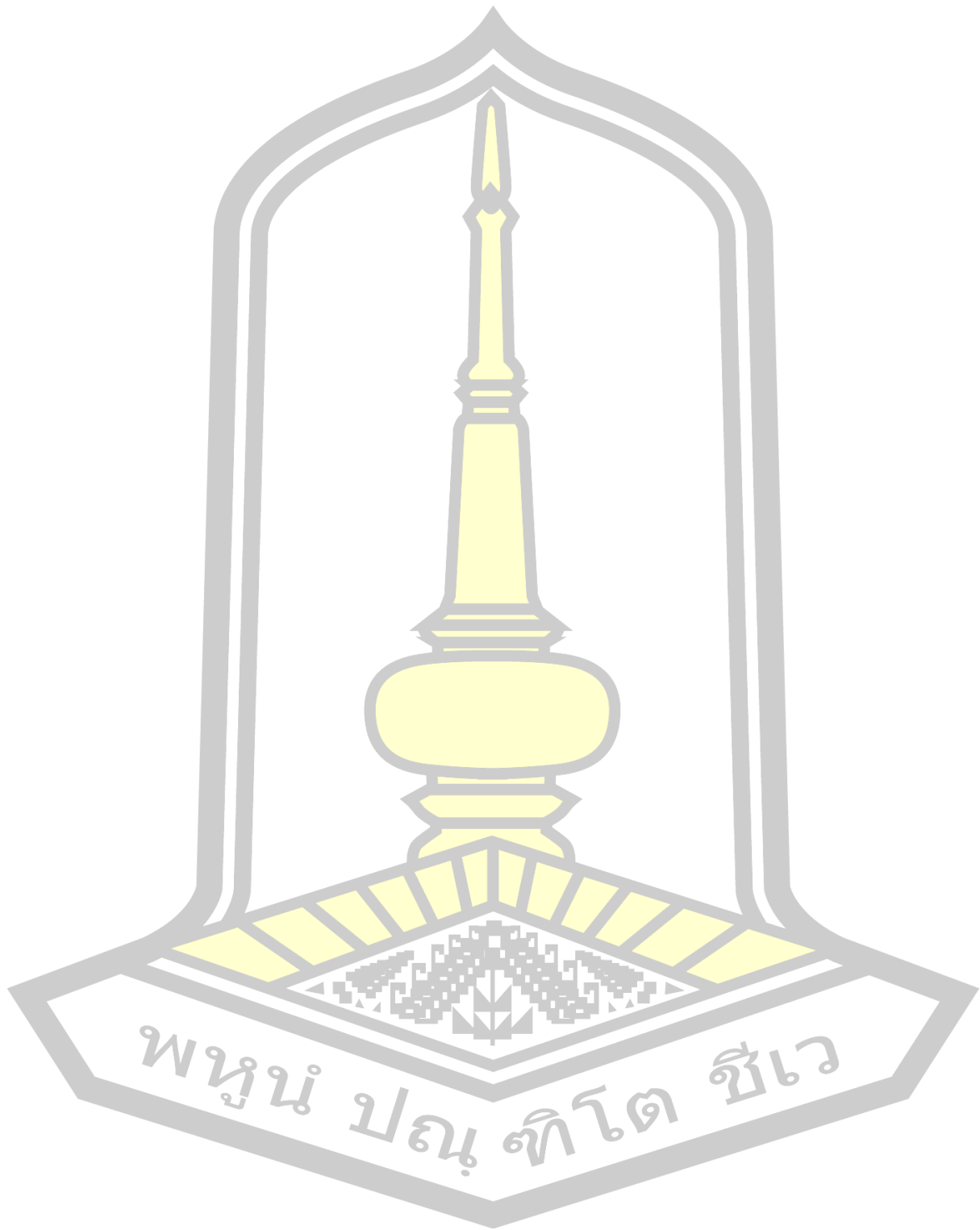
<b>TITLE</b>	The Cost-Benefit Analysis of Investment in Waste to Energy Power Plant for Four-Provincial in Isaan Area of Thailand		
<b>AUTHOR</b>	Ariya Malai		
<b>ADVISORS</b>	Professor Worawat Sa-Ngiamvibool , Ph.D.		
<b>DEGREE</b>	Doctor of Philosophy	<b>MAJOR</b>	Electrical and Computer Engineering
<b>UNIVERSITY</b>	Maharakham University	<b>YEAR</b>	2025

### ABSTRACT

The study of the waste-to-energy power plant construction project for four provinces in the northeastern region, which includes Ubon Ratchathani, Sisaket, Yasothon, and Amnat Charoen, aims to provide information to support decision-making before investing in the construction of a waste-to-energy power plant in these four provinces. This research includes an analysis of the feasibility of power generation capacity based on the amount of waste produced in the area, as well as an economic analysis and an environmental impact assessment.

The result of the analysis of the feasibility of power generation capacity shows that for the four provinces in the northeastern region, it is suitable to construct six waste-to-energy power plants with a production capacity of 9.75 MW and a production time of 7,200 hours per year. The result of the economic analysis shows that it has a Net Present Value (NPV) of approximately 14,000 million baht, an Internal Rate of Return (IRR) of 7.63%, a Payback Period (PB) of 6 years and 10 months, and a Dynamic Payback Period of 17 years and 10 months. The result of the environmental impact analysis shows that if all the waste generated in the four provinces in the northeastern region is used to produce electricity, it will help reduce the amount of carbon dioxide released into the atmosphere by 899,384.674 tCO<sub>2eq</sub> per year, compared to the open dumping waste management process. It can also reduce carbon dioxide emissions by 627,246.697 tCO<sub>2eq</sub> per year when compared to the landfill waste management process. Therefore, using the waste generated in the Lower Northeastern Region 2 as fuel for electricity generation will help reduce environmental impacts and also address the increasing waste management issues in the future.

Keyword : Power Plant Greenhouse Gas Emissions, Four-Provincial in Isan Area, Thailand, Waste to Energy, Waste Management



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ความกรุณาอย่างสูงจาก ศาสตราจารย์ ดร. วรวัฒน์ เสี่ยงมวิบูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้แนวคิดและคำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องทุกขั้นตอนในการวิจัยจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเป็นไปด้วยความเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยด้วยความเมตตา ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการดำเนินการค้นคว้าและวิจัยให้เป็นไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ นายสมจิตร มาลัย และนางอรุณี มาลัย ซึ่งเป็นบิดาและมารดาของผู้วิจัย และนางสาวกมลเนตร ดวงเพียรราช ที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุน และให้กำลังใจ จนผู้วิจัยประสบผลสำเร็จในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทั้งนี้ คุณค่าของงานวิจัยในครั้งนี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาอันอมรวิจิตรถึงคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ รวมทั้งบุคคลที่อยู่เบื้องหลังในการวางรากฐานการศึกษาให้กับผู้วิจัยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

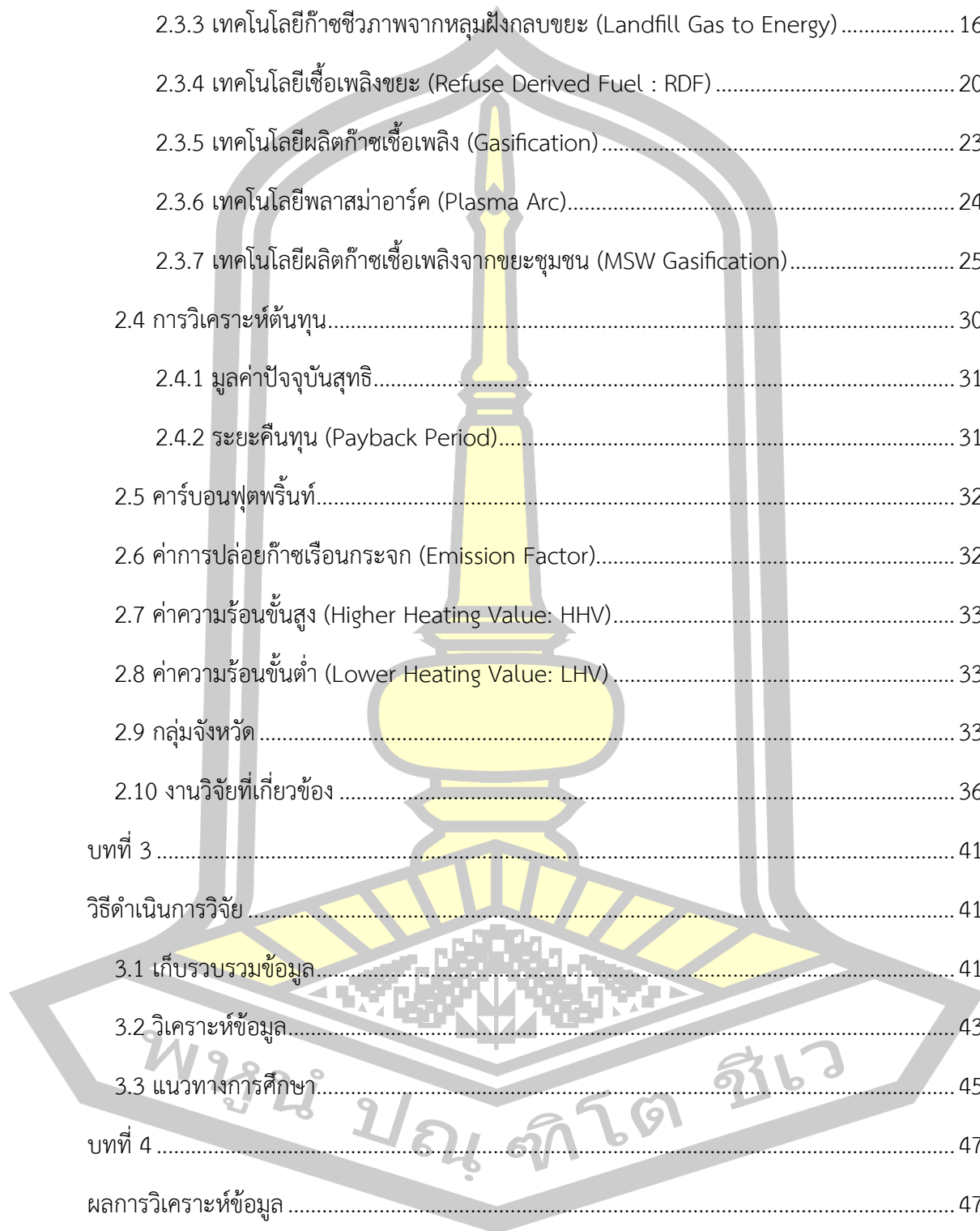
อริยะ มาลัย



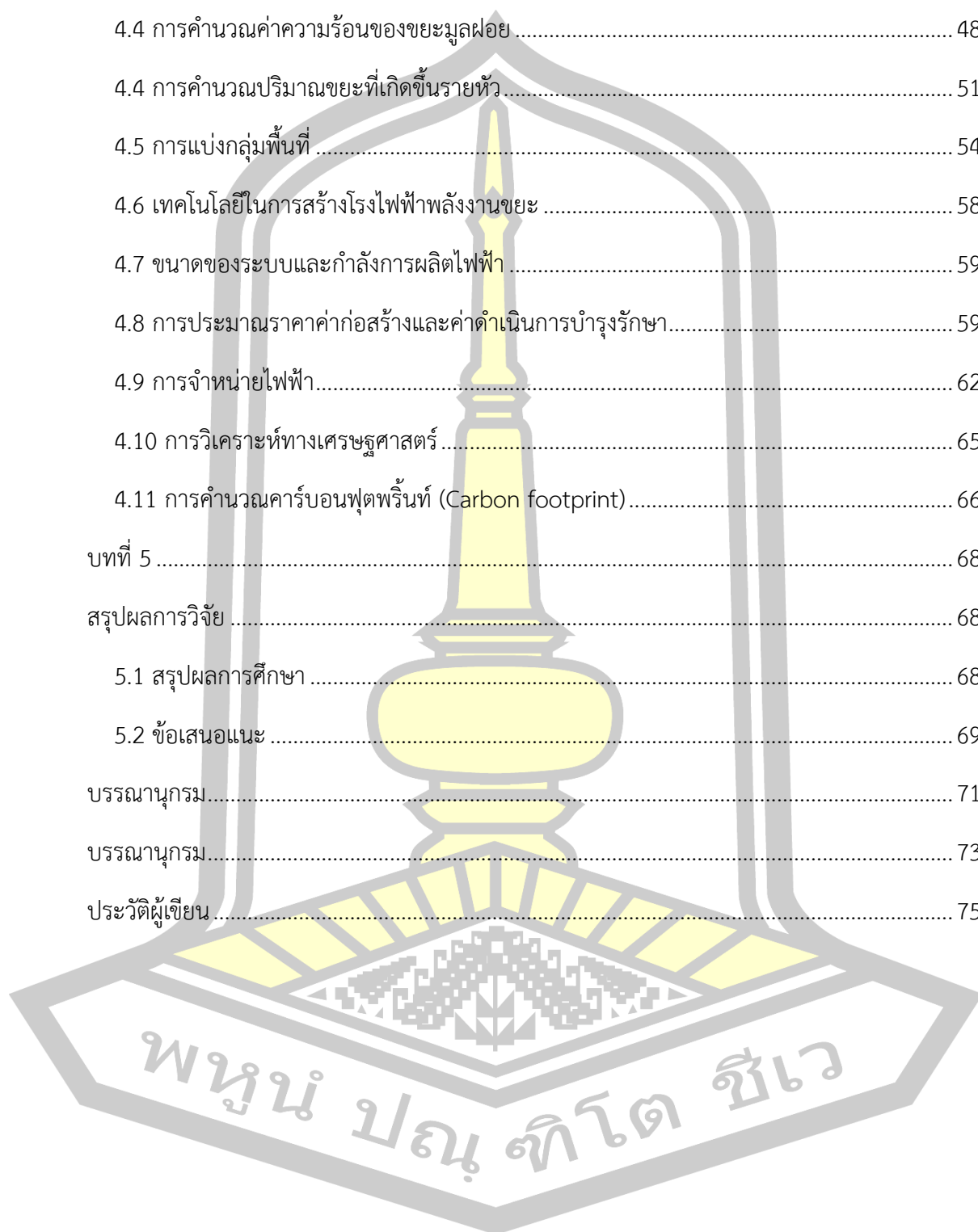
## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพประกอบ.....	ฐ
บทที่ 1 .....	1
บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในวิทยานิพนธ์.....	2
บทที่ 2 .....	4
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 พลังงาน (Energy).....	4
2.1.1 ความหมายของพลังงาน .....	4
2.1.2 สถานการณ์การใช้พลังงาน .....	5
2.2.1 ความหมายของขยะ.....	7
2.2.2 การจำแนกประเภทขยะมูลฝอย.....	8
2.3 การผลิตไฟฟ้าจากขยะ.....	10
2.3.1 เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (incineration) .....	10

2.3.2 เทคโนโลยีย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) .....	15
2.3.3 เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill Gas to Energy) .....	16
2.3.4 เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF) .....	20
2.3.5 เทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification) .....	23
2.3.6 เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ค (Plasma Arc).....	24
2.3.7 เทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (MSW Gasification).....	25
2.4 การวิเคราะห์ต้นทุน.....	30
2.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ.....	31
2.4.2 ระยะคืนทุน (Payback Period).....	31
2.5 คาร์บอนฟุตพริ้นท์.....	32
2.6 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor).....	32
2.7 ค่าความร้อนขั้นสูง (Higher Heating Value: HHV).....	33
2.8 ค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower Heating Value: LHV) .....	33
2.9 กลุ่มจังหวัด .....	33
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	36
บทที่ 3 .....	41
วิธีดำเนินการวิจัย .....	41
3.1 เก็บรวบรวมข้อมูล.....	41
3.2 วิเคราะห์ข้อมูล.....	43
3.3 แนวทางการศึกษา.....	45
บทที่ 4 .....	47
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	47
4.1 การรวบรวมข้อมูลขยะมูลฝอย .....	47
4.2 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น.....	47



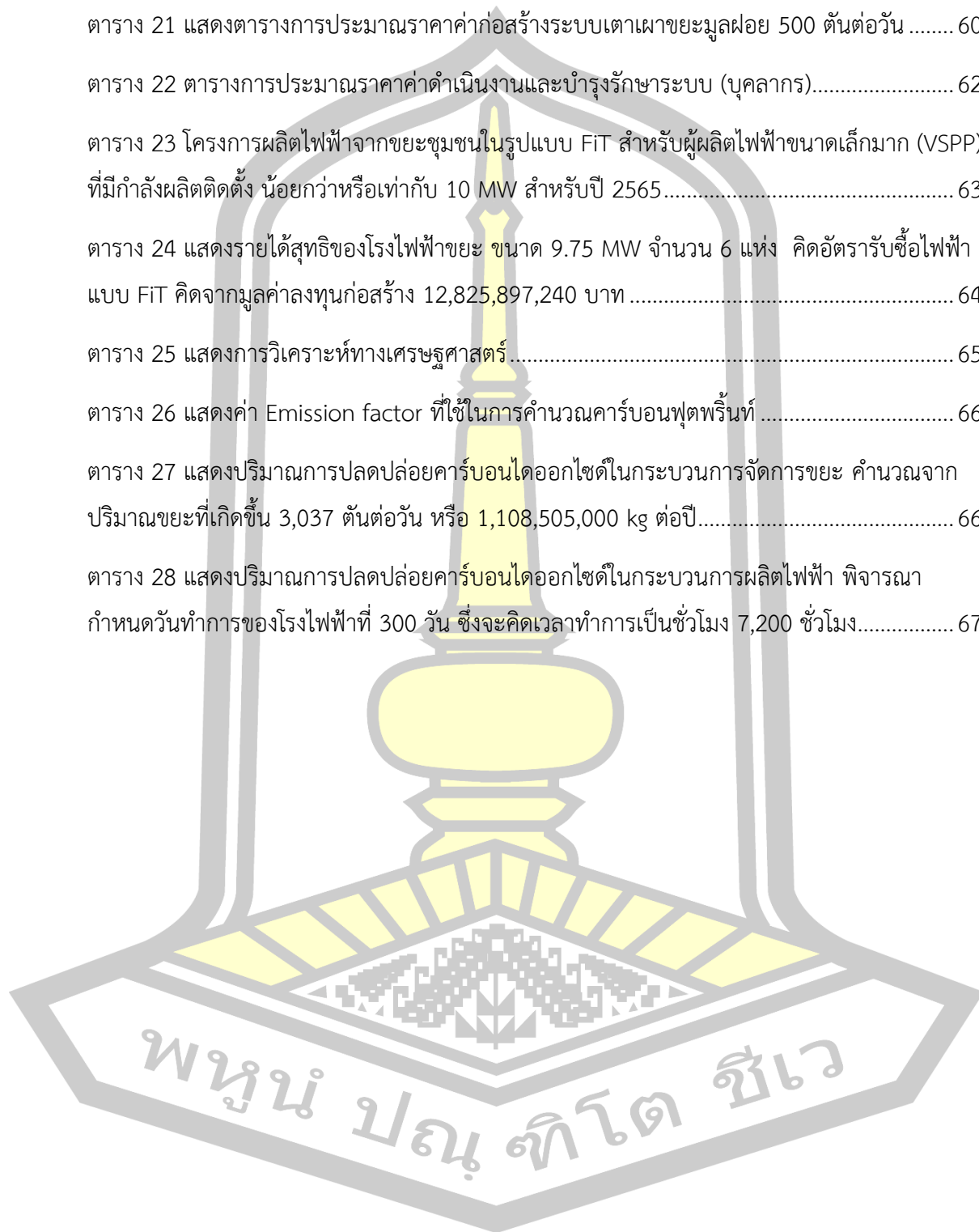
4.3 องค์ประกอบทางเคมีขยะมูลฝอย.....	47
4.4 การคำนวณค่าความร้อนของขยะมูลฝอย.....	48
4.4 การคำนวณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นรายหัว.....	51
4.5 การแบ่งกลุ่มพื้นที่.....	54
4.6 เทคโนโลยีในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ.....	58
4.7 ขนาดของระบบและกำลังการผลิตไฟฟ้า.....	59
4.8 การประมาณราคาค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการบำรุงรักษา.....	59
4.9 การจำหน่ายไฟฟ้า.....	62
4.10 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์.....	65
4.11 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint).....	66
บทที่ 5.....	68
สรุปผลการวิจัย.....	68
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	68
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	69
บรรณานุกรม.....	71
บรรณานุกรม.....	73
ประวัติผู้เขียน.....	75



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ตารางแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย .....	6
ตาราง 2 เชื้อเพลิง RDF .....	22
ตาราง 3 ตารางแสดงปริมาณขยะมูลฝอย รายจังหวัดของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนล่าง 2 (จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดอำนาจเจริญ จังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดยโสธร) ในปี พ.ศ. 2566 .....	42
ตาราง 4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยชุมชนโดยเฉลี่ย .....	47
ตาราง 5 แสดงร้อยละองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชนของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนล่าง 2 .....	48
ตาราง 6 ค่าความร้อนขยะมูลฝอยของจังหวัดยโสธร .....	49
ตาราง 7 ค่าความร้อนขยะมูลฝอยของจังหวัดอำนาจเจริญ .....	49
ตาราง 8 ค่าความร้อนขยะมูลฝอยของจังหวัดอุบลราชธานี .....	50
ตาราง 9 ค่าความร้อนขยะมูลฝอยของจังหวัดศรีสะเกษ .....	50
ตาราง 10 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้นของจังหวัดยโสธร .....	51
ตาราง 11 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้นของจังหวัดอำนาจเจริญ .....	52
ตาราง 12 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้นของจังหวัดอุบลราชธานี .....	52
ตาราง 13 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้นของจังหวัดศรีสะเกษ .....	53
ตาราง 14 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และระยะทางจากแต่ละอำเภอถึงจุดตั้ง ของกลุ่มที่ 1.55	55
ตาราง 15 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และระยะทางจากแต่ละอำเภอถึงจุดตั้ง ของกลุ่มที่ 2.56	56
ตาราง 16 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และระยะทางจากแต่ละอำเภอถึงจุดตั้ง ของกลุ่มที่ 3.56	56
ตาราง 17 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และระยะทางจากแต่ละอำเภอถึงจุดตั้ง ของกลุ่มที่ 4.57	57
ตาราง 18 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และระยะทางจากแต่ละอำเภอถึงจุดตั้ง ของกลุ่มที่ 5.57	57
ตาราง 19 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และระยะทางจากแต่ละอำเภอถึงจุดตั้ง ของกลุ่มที่ 6.58	58

ตาราง 20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนของขยะและปริมาณขยะที่เข้าสู่เตาเผา.....	59
ตาราง 21 แสดงตารางการประมาณราคาค่าก่อสร้างระบบเตาเผาขยะมูลฝอย 500 ตันต่อวัน .....	60
ตาราง 22 ตารางการประมาณราคาค่าดำเนินงานและบำรุงรักษาระบบ (บุคลากร).....	62
ตาราง 23 โครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชนในรูปแบบ FIT สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) ที่มีกำลังผลิตติดตั้ง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 MW สำหรับปี 2565.....	63
ตาราง 24 แสดงรายได้สุทธิของโรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 9.75 MW จำนวน 6 แห่ง คิดอัตราซื้อไฟฟ้าแบบ FIT คิดจากมูลค่าลงทุนก่อสร้าง 12,825,897,240 บาท .....	64
ตาราง 25 แสดงการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์.....	65
ตาราง 26 แสดงค่า Emission factor ที่ใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ .....	66
ตาราง 27 แสดงปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการจัดการขยะ คำนวณจากปริมาณขยะที่เกิดขึ้น 3,037 ตันต่อวัน หรือ 1,108,505,000 kg ต่อปี.....	66
ตาราง 28 แสดงปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า พิจารณา กำหนดวันทำการของโรงไฟฟ้าที่ 300 วัน ซึ่งจะคิดเวลาทำการเป็นชั่วโมง 7,200 ชั่วโมง.....	67



## สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น .....	5
ภาพประกอบ 2 การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นสุดท้าย .....	6
ภาพประกอบ 3 เตาเผาขยะแบบตะกรับ (Stoker-Fired or Grate-Fired Incinerator).....	11
ภาพประกอบ 4 เตาเผาแบบตะกรับที่มีการเติมอากาศที่ห้องเผาไหม้ที่ 2.....	12
ภาพประกอบ 5 เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln Incinerator) .....	13
ภาพประกอบ 6 เตาเผาแบบฟลูอิดไดส์เบด (Fluidized Bed Incinerator).....	14
ภาพประกอบ 7 เตาเผาชนิดควบคุมการเผาไหม้ (Controlled-Air Incinerator).....	15
ภาพประกอบ 8 เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF).....	21
ภาพประกอบ 9 เตาเผาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (Controlled-Air Incinerator).....	25
ภาพประกอบ 10 Updraft Gasifier .....	26
ภาพประกอบ 11 Downdraft Gasifier .....	27
ภาพประกอบ 12 Fluid Bed Gasifier.....	28
ภาพประกอบ 13 Comparison of Pressurized and Atmospheric Operation .....	30
ภาพประกอบ 14 จุดรวมขยะแรกของสถานที่ฝังกลบมูลฝอยและกำจัดสิ่งปฏิกูล.....	41
ภาพประกอบ 15 ขั้นตอนการคัดแยกขยะที่ขายได้ของสถานที่ฝังกลบมูลฝอยและกำจัดสิ่งปฏิกูล เทศบาลเมืองยโสธร จังหวัดยโสธร .....	42
ภาพประกอบ 16 หลุมฝังกลบที่ 3 ของสถานที่ฝังกลบมูลฝอยและกำจัดสิ่งปฏิกูล.....	43
ภาพประกอบ 17 บ่อกำจัดขยะ ขององค์การบริหารส่วนตำบลโพนทัน จังหวัดยโสธร .....	43
ภาพประกอบ 18 กรอบแนวคิดการทำวิจัย.....	45
ภาพประกอบ 19 แสดงการแบ่งพื้นที่ใหม่ 6 กลุ่ม.....	54

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

“ไฟฟ้า” นับเป็นปัจจัยขั้นพื้นฐานที่สำคัญต่อการดำรงชีพของมนุษย์อย่างมาก จึงส่งผลให้ความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น และมีแนวโน้มที่จะมากขึ้นเรื่อย ๆ ในอนาคต ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วง 6 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2566 อยู่ที่ 101,043 เมกะวัตต์ ซึ่งเพิ่มขึ้น ร้อยละ 2.2 เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา กำลังการผลิตในระบบ 3 การไฟฟ้า ๓ ลื่นเดือน มิถุนายน 2566อยู่ที่ 53,022 เมกะวัตต์ โดยสัดส่วนเชื้อเพลิงที่ใช้ ประกอบไปด้วย ก๊าซธรรมชาติร้อยละ 59 ถ่านหินร้อยละ 14 พลังงานงานหมุนเวียน (ลม น้ำ ชีวมวล ชยะ แสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ) ร้อยละ 9 พลังงานน้ำร้อยละ 4 น้ำมันร้อยละ 1 และนำเข้าจากต่างประเทศร้อยละ 13 จากข้อมูลสถานการณ์การใช้พลังงาน (รายไตรมาส) ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ชำงต้น จะเห็นได้ว่าประเทศไทยสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเองได้ แต่ยังไม่มากพอต่อความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศ จึงจำเป็นต้องนำเข้าเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าจากต่างประเทศ ซึ่งในอนาคตประเทศไทยอาจจะเกิดภาวะขาดแคลนพลังงานได้และจากวิกฤตการณ์ด้านพลังงานที่อาจจะเกิดขึ้น “พลังงานทดแทน” จึงเป็นทางเลือก และมีบทบาทสำคัญมากยิ่งขึ้น

ประเทศไทยได้นำพลังงานทดแทนที่มีอยู่ภายในประเทศมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม น้ำ เป็นต้น และที่กำลังเป็นที่สนใจมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากเกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม คือ พลังงานทดแทนจาก “ชยะ” การเพิ่มขึ้นของชยะมูลฝอยอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากร และการเติบโตของเศรษฐกิจ ทำให้ชยะมูลฝอยกลายเป็นปัญหาสำคัญที่จำเป็นต้องเร่งแก้ไข ซึ่งอัตราการเพิ่มขึ้นของชยะมูลฝอยในปัจจุบัน อาจจะส่งผลให้เกิดวิกฤตการณ์การกำจัดชยะได้ในอนาคต

ขอบเขตในการศึกษา คือ พื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 ประกอบไปด้วย 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดอำนาจเจริญ จังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดยโสธร ซึ่งกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 มีชยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นรวม 3,037 ตันต่อวัน แบ่งเป็นชยะมูลฝอยที่ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ 1,612 ตันต่อวัน ชยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดถูกต้อง 718 ตันต่อวัน และชยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดไม่ถูกต้อง 707 ตันต่อวัน ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณชยะมูลฝอยส่งผลให้ไม่สามารถกำจัดได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ส่งผลให้มีชยะมูลฝอยตกค้างสะสมมากถึง 132,464 ตัน ตามรายงานข้อมูลสถานการณ์ชยะมูลฝอยของจังหวัด ปี 2566 ของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งการนำเอาชยะมูลฝอยมาเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตไฟฟ้า นับเป็นอีกทางหนึ่งในการแก้ไข

ปัญหาขยะ อีกทั้งยังเป็นการสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน อย่างไรก็ตามการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะจำเป็นต้องวิเคราะห์ต้นทุนและศึกษาผลประโยชน์เพื่อประกอบการตัดสินใจลงทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) เป็นการพิจารณาว่าทางเลือกใดมีประสิทธิภาพสูงสุดหรือเกิดประโยชน์สูงสุดจากการดำเนินโครงการ ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการลงทุน โดยอาศัยเครื่องมือมาเพื่อวิเคราะห์ดังนี้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value ,NVP) โดยใช้อัตราคิดลด (Discount Rate) ปรับมูลค่าของต้นทุนและผลประโยชน์ในแต่ละช่วงเวลาให้มีมูลค่าอยู่ในช่วงเวลาเดียวกันก่อนที่จะมีการเปรียบเทียบหรือวิเคราะห์โครงการ และระยะ คืนทุน (Payback period) คือจำนวนปีที่จะได้รับเงินที่ลงทุนกลับคืนมา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เสนอการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขยะมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้ทราบถึงวิธีการคิดต้นทุน ผลประโยชน์ ระยะเวลาคืนทุน และประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดร็อกไซด์ ที่จะนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหาความมั่นคงด้านพลังงานและการกำจัดขยะ เพื่อให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาวิธีการคิดต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนในโรงไฟฟ้าพลังงานจากขยะสำหรับกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 อีกทั้งวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจลงทุน และศึกษาเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะ ในพื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงวิธีการหาต้นทุนและผลประโยชน์ของการสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยแบบเตาเผา รวมถึงระยะเวลาคืนทุนของโครงการ
2. เกิดแนวทางในการแก้ไขปัญหาความมั่นคงด้านพลังงาน และแก้ปัญหาขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น ในพื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 อย่างยั่งยืน

## 1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

1. ไฟฟ้า (Electricity) เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่เกิดจากการแยกตัว หรือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนหรือโปรตอนหรืออนุภาคอื่นที่มีสมบัติคล้ายคลึงกับอิเล็กตรอนหรือโปรตอน ใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดพลังงานอื่น เช่น ความร้อน แสงสว่าง

2. พลังงานทดแทน (Renewable energy) คือพลังงานที่นำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง สามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ประเภท ได้แก่ พลังงานทดแทนจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไป หรือพลังงานสิ้นเปลือง ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ นิวเคลียร์ หินน้ำมัน และทรายน้ำมัน เป็นต้น และพลังงาน

ทดแทนอีกประเภทหนึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้ว สามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีก เรียกว่า พลังงานหมุนเวียน ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล น้ำ และไฮโดรเจน เป็นต้น เป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3. ขยะ (Waste) หมายถึง ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล น้ำเสีย หรือวัตถุอันตรายอื่น ที่เป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต และอุปโภคบริโภค ซึ่งเสื่อมสภาพจนใช้การไม่ได้

4. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value ,NVP) คือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลการประหยัดต้นทุน พลังงาน ในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไปภายใต้โครงการที่กำลังพิจารณา ณ อัตราคิดลด (discount rate) ซึ่งจะต้องทราบมูลค่ากระแสเงินสดรับสิทธิรายปีและกระแสเงินสดจ่ายสุทธิรายปีตลอดระยะเวลาโครงการ

5. อัตราคิดลด (Discount Rate) หมายถึงอัตราที่นำมาใช้เพื่อปรับมูลค่าของเงินทั้งในรูปแบบของต้นทุนหรือผลประโยชน์ของโครงการในแต่ละช่วงเวลา ให้อยู่ในช่วงเวลาเดียวกันก่อนจะมีการเปรียบเทียบหรือวิเคราะห์โครงการ

6. ระยะคืนทุน (Payback period) คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี /เดือน หรือวัน) ที่กระแสเงินสดรับจากโครงการสามารถชดเชยกระแสเงินสดจ่ายที่ลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี

7. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มา กระบวนการผลิต กระจายสินค้า ใช้งาน และการจัดการของเสียหลังหมดอายุการใช้งาน รวมถึงการขนส่งที่เกี่ยวข้อง โดยคำนวณออกมาในรูปแบบของ กรัม กิโลกรัม หรือตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

8. ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) เป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการผลิตหรือการบริการ ที่คิดรวมค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน



## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 พลังงาน (Energy)

##### 2.1.1 ความหมายของพลังงาน

ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ. 2535 มาตรา 3 ได้ให้ความหมายของพลังงาน ไว้ดังนี้

“พลังงาน” หมายความว่า ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งให้งานได้ ได้แก่ พลังงานหมุนเวียนและพลังงานสิ้นเปลือง และให้หมายความรวมถึงสิ่งให้งานได้เช่น เชื้อเพลิง ความร้อน และไฟฟ้า เป็นต้น

“พลังงานหมุนเวียน” หมายความว่า พลังงานที่ได้จากไม้ ฟืน แกลบ กากอ้อย ชีวมวล น้ำ แสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ ลม และคลื่น เป็นต้น

“พลังงานสิ้นเปลือง” หมายความว่า พลังงานที่ได้จากถ่านหิน หินน้ำมัน ทราชน้ำมัน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ และนิวเคลียร์ เป็นต้น

ตามพระราชบัญญัติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. 2535 มาตรา 4 ได้ให้ความหมายของพลังงานดังนี้

“พลังงาน” หมายความว่า ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งให้งานได้ ได้แก่ พลังงานหมุนเวียน และพลังงานสิ้นเปลือง และให้หมายความรวมถึงสิ่งให้งานได้ เช่น เชื้อเพลิง ความร้อน และไฟฟ้า เป็นต้น

“พลังงานหมุนเวียน” หมายความว่า พลังงานที่ได้จากไม้ ฟืน แกลบ กากอ้อย ชีวมวล น้ำ แสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ ลม และคลื่น เป็นต้น

“พลังงานสิ้นเปลือง” หมายความว่า พลังงานที่ได้จากถ่านหิน หินน้ำมัน ทราชน้ำมัน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ และนิวเคลียร์ เป็นต้น

ตามพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 มาตรา 5 ได้ให้ความหมายของพลังงานและกิจการพลังงาน ดังนี้

“พลังงาน” หมายความว่า ไฟฟ้าหรือก๊าซธรรมชาติ

“กิจการพลังงาน” หมายความว่า กิจการไฟฟ้า กิจการก๊าซธรรมชาติ หรือระบบโครงข่ายพลังงาน

“กิจการไฟฟ้า” หมายความว่า การผลิต การจัดให้ได้มา การจัดส่ง การจำหน่ายไฟฟ้า หรือการควบคุมระบบไฟฟ้า

“ระบบโครงข่ายไฟฟ้า” หมายความว่า ระบบส่งไฟฟ้าหรือระบบจำหน่ายไฟฟ้า

“ระบบไฟฟ้า” หมายความว่า ระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้า และระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่อยู่ภายใต้การปฏิบัติการและควบคุมของผู้ได้รับอนุญาต

“ระบบผลิตไฟฟ้า” หมายความว่า การผลิตของผู้ได้รับใบอนุญาตจากโรงไฟฟ้าไปถึงจุดเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า และหมายความรวมถึงระบบจัดส่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าด้วย

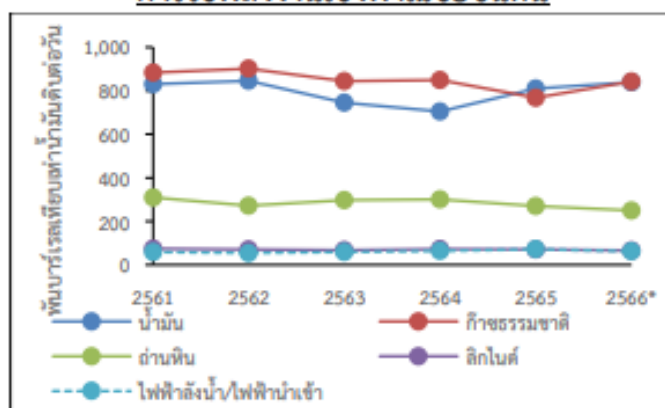
### 2.1.2 สถานการณ์การใช้พลังงาน

#### 1. ภาพรวมการใช้พลังงานในประเทศไทย

จากข้อมูลสถานการณ์การใช้พลังงาน (รายไตรมาส) ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน มีภาพรวมด้านพลังงานดังนี้

1.1 การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น ช่วง 6 เดือนแรกของปี 2566 อยู่ที่ 2,059 พันบาร์เรลเทียบเท่า น้ำมันดิบต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 2.5 โดยเป็นการเพิ่มขึ้นจากการใช้ก๊าซธรรมชาติและ LNG ร้อยละ 7.0 รองลงมาคือการใช้น้ำมันที่ร้อยละ 3.4 ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจของประเทศเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใช้ถ่านหินลดลงร้อยละ 6.3 การใช้ถ่านหินลดลง ร้อยละ 7.4 และการใช้ไฟฟ้าพลังน้ำ/ไฟฟ้านำเข้าลดลง ที่ร้อยละ 10.7

#### การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น



หมายเหตุ : \* ข้อมูลช่วงเดือน ม.ค. – มิ.ย. 2566

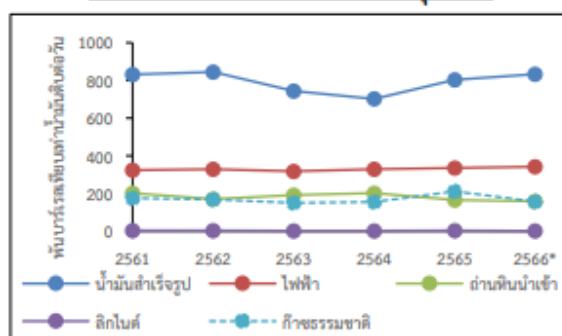
ภาพประกอบ 1 การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น

ที่มา : สถานการณ์พลังงาน (รายไตรมาส) ครึ่งแรกของปี 2566

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

1.2 การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นสุดท้าย ช่วง 6 เดือนแรกของปี 2566 อยู่ที่ 1,493 พันบาร์เรลเทียบเท่า น้ำมันดิบต่อวัน ลดลงร้อยละ 0.1 จากพลังงานทุกประเภท ยกเว้นการใช้ถ่านหินสำเร็จรูป ซึ่งมีสัดส่วนสูงสุดร้อยละ 56 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.1 โดยการใช้ไฟฟ้าซึ่งคิดเป็นสัดส่วนสูงรองลงมาร้อยละ 23 ลดลง ร้อยละ 0.1 การใช้ก๊าซธรรมชาติลดลงร้อยละ 3.2 และการใช้ถ่านหินนำเข้าลดลงร้อยละ 10.4

### การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นสุดท้าย



หมายเหตุ : \* ข้อมูลช่วงเดือน ม.ค. - มิ.ย. 2566

### ภาพประกอบ 2 การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นสุดท้าย

ที่มา : สถานการณ์พลังงาน (รายไตรมาส) ครึ่งแรกของปี 2566 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

#### 2. สถานการณ์การใช้ไฟฟ้า

การใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยมีการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.2 โดยเฉพาะในภาคธุรกิจเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.3 ซึ่งเป็นผลมาจากการเปิดประเทศรับนักท่องเที่ยวมากขึ้น โดยในช่วงครึ่งปีแรกของปี 2566 ธุรกิจโรงแรมมีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.4 ประเทศไทยมีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak) ในระบบ 3 การไฟฟ้า อยู่ที่ระดับ 34,827 MW เกิดขึ้นเมื่อ วันที่ 6 พฤษภาคม 2566 เวลา 21.41 น. โดยรวมแล้วประเทศไทย มีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามากขึ้นดังตารางที่ 1

ตาราง 1 ตารางแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย

รายสาขา	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (GWh)				อัตราการเติบโต (%)
	2563	2564	2565	2566 (ม.ค.-มิ.ย.)	
ครัวเรือน	52,860	54,290	53,738	28,782	4.8
ธุรกิจ	43,950	41,529	46,094	24,633	9.3
อุตสาหกรรม	82,158	86,427	88,563	42,809	-3.8
อื่น ๆ *	8,078	8,223	8,829	4,849	11.1
รวม	189,609	190,469	197,224	101,073	2.2

\*องค์กรไม่แสวงผลกำไร สุบน้ำเพื่อการเกษตร ไฟชั่วคราว ไฟสาธารณะ EV charging Station (ข้อมูลจาก กฟน. และ กฟภ.) และอื่น ๆ

ที่มา : สถานการณ์พลังงาน (รายไตรมาส) ครึ่งแรกของปี 2566 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

### 2.2.1 ความหมายของขยะ

ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานฉบับ พ.ศ. 2525 กล่าวว่า มูลฝอย หมายถึงเศษ  
สิ่งของหนึ่งทั้งแล้ว หยากเยื่อ และคำว่า “ขยะ” หยากเยื่อ มูลฝอย

ตามพระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ. 2535 มาตรา 4 วรรค 1 และ วรรค 2 ให้ความหมาย  
ดังนี้

“สิ่งปฏิกูล” หมายความว่า อุจจาระหรือปัสสาวะ และหมายความรวมถึงสิ่งอื่นใด ซึ่งเป็นสิ่ง  
โสโครก หรือมีกลิ่น

“มูลฝอย” หมายความว่า เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่  
ใส่อาหาร แฉก มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยง  
สัตว์ หรือที่อื่น

ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 มาตรา 4 วรรค  
8 ให้ความหมายของคำว่าของเสีย ดังนี้

“ของเสีย” หมายความว่า ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล น้ำเสีย อากาศเสีย มลสาร หรือวัตถุ  
อันตรายอื่นใด ซึ่งปล่อยทิ้งหรือมีที่มาจากแหล่งกำเนิดมลพิษ รวมทั้งกาก ตะกอน หรือสิ่ง  
ตกค้างจากสิ่งเหล่านั้น ที่อยู่ในสภาพของแข็ง ของเหลวหรือก๊าซ

ในทางวิชาการคำว่า ขยะมูลฝอย หมายถึง บรรดาสิ่งของที่ไม่ต้องการใช้แล้ว ซึ่งส่วนใหญ่ จะ  
เป็นของแข็ง จะเนาเปื่อยหรือไม่ก็ตามรวมตลอดถึง ถ้า ซากสัตว์ มูลสัตว์ ฝุ่นละออง และเศษวัตถุที่ทิ้ง  
แล้วจากบ้านเรือนที่พักอาศัย สถานที่ต่าง ๆ รวมถึงสถานที่สาธารณะ ตลาด โรงงานอุตสาหกรรม  
ยกเว้น อุจจาระ และปัสสาวะของมนุษย์ ซึ่งเป็นสิ่งปฏิกูลวิธีจัดเก็บและกำจัดแตกต่างไปจากวิธีการ  
กำจัดขยะมูลฝอย ปัจจุบันวิทยาการในด้านต่าง ๆ มีความก้าวหน้า และจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่าง  
รวดเร็วทำให้มีความต้องการอุปโภค บริโภค เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย จึงเป็นต้นเหตุให้มีเศษสิ่งเหลือใช้  
มีปริมาณมากขึ้นก่อให้เกิดปัญหา การจัดการขยะ

ขยะ หรือมูลฝอย หรือของเสีย เป็นเหตุสำคัญประการหนึ่งที่เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม และ  
มีผลต่อสุขภาพอนามัย มูลฝอย หรือของเสีย มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปีเพราะสาเหตุจากการเพิ่มของ  
ประชากร และการขยายตัวทางเศรษฐกิจและทางอุตสาหกรรมนับเป็นปัญหาที่สำคัญของชุมชนซึ่งต้อง  
จัดการและแก้ไขปริมาณของเสียและสารอันตรายได้แก่ ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล และสารพิษที่ปนเปื้อน  
อยู่ในแหล่งน้ำ ดิน อากาศ ตลอดจนบางส่วนที่ตกค้างอยู่ในอาหารทำให้ประชาชนทั่วไปเสี่ยงอันตราย  
จากการเป็นโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง และโรคผิดปกติทางพันธุกรรม เป็นต้น

สถานที่บางแห่งมีคนทิ้งขยะกันตามสะดวก โดยนำไปเทกองรวมกันไว้ริมทางเดินข้าง โคน  
ต้นไม้ข้าง หรือแม้กระทั่งข้างถนน ทำให้มีการหมักหมมเน่าเปื่อยส่งกลิ่นเหม็นคละคลุ้งไปทั่วบริเวณ ซึ่ง

กองขยะที่ถูกทิ้งเหล่านี้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์ที่เป็นพาหะนำโรค เช่น ยุง แมลงวัน แมลงสาบ หนู เป็นต้น ในยามที่ฝนตกทำให้เกิดการชะล้างน้ำพาสังสกปรกเหล่านี้กระจายไปทั่วบริเวณและอาจไหลลงสู่ แม่น้ำลำธาร คลอง ท่อระบายน้ำ ทำให้เกิดปัญหามากมายหลายอย่าง เช่น สารพิษปนเปื้อนลงในน้ำ หรือท่อระบายน้ำอุดตันจนทำให้เกิดน้ำเอ่อล้นจนท่วมพื้นที่บริเวณนั้น

## 2.2.2 การจำแนกประเภทขยะมูลฝอย

### 1.ประเภทของขยะมูลฝอยจำแนกตามสำนักจัดการกากและสารอันตราย (2555)

สำนักจัดการกากของเสียและอันตราย (2555) ได้จัดแบ่งประเภทของขยะมูลฝอยชุมชนออกตามลักษณะกายภาพได้ 4 ประเภท ได้แก่

1.1 ขยะย่อยสลาย (Compostable waste) หรือ มูลฝอยย่อยสลาย คือ ขยะที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็ว สามารถนำมาหมักทำปุ๋ยได้ เช่น เศษผัก เปลือกไม้ เศษอาหาร ใบไม้ เศษเนื้อสัตว์ เป็นต้น แต่ไม่รวมซากพืช ผัก ผลไม้ หรือสัตว์ที่เกิดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ

1.2 ขยะรีไซเคิล (Recyclable waste) หรือมูลฝอยที่ยังใช้ได้ คือ ของเสียบรรจุภัณฑ์ หรือวัสดุเหลือใช้ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่ เช่น แก้ว กระดาษ เศษพลาสติก กล่องเครื่องดื่ม กระจ่างเครื่องดื่ม เศษโลหะ อะลูมิเนียม ยางรถยนต์ เป็นต้น

1.3 ขยะอันตราย (Hazardous waste) หรือ มูลฝอยอันตราย คือขยะที่มีองค์ประกอบหรือปนเปื้อนวัตถุอันตรายชนิดต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุกรมมันตรังสี วัตถุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อน วัตถุที่ทำให้เกิดการระคายเคือง วัตถุอย่างอื่นไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์หรือสิ่งอื่นใดที่ก่อให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช หรือสิ่งแวดล้อม เช่น ถ่านไฟฉาย หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ ภาชนะบรรจุสารกำจัดศัตรูพืช กระจ่างสเปรย์บรรจุสีหรือสารเคมี เป็นต้น

1.4 ขยะทั่วไป (General waste) หรือ มูลฝอยทั่วไป คือ ขยะประเภทอื่นนอกเหนือจากขยะย่อยสลายขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย มีลักษณะที่ย่อยสลายยากและไม่คุ้มค่าในการนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น ห่อขนมพลาสติก ถุงพลาสติกบรรจุผงซักฟอก ซองบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โฟมเปื้อนอาหาร เป็นต้น

### 2.ประเภทขยะจากแหล่งที่มา

การจำแนกขยะจากแหล่งที่มา สามารถจำแนกได้ดังนี้

2.1 ขยะมูลฝอยจากถนน ได้แก่ เศษสิ่งของต่าง ๆ ที่ปรากฏและกวาดจากถนน ตรอก ซอย เช่น เศษกระดาษ พลาสติก ฟัน ใบไม้ อิฐ หิน ดิน ทราย กรวด

2.2 ขยะมูลฝอยที่เหลือจากการเผาไหม้ เรียกว่าขี้เถ้า เช่น เถ้าที่เกิดจากการเผาถ่าน ฯลฯ

2.3 ขยะมูลฝอยจากการก่อสร้าง ได้แก่ เศษวัสดุก่อสร้าง เช่น เศษไม้ เศษกระเบื้อง เศษปูน อิฐ ตะปู ฯลฯ

2.4 ขยะมูลฝอยจากการรื้อถอนสิ่งก่อสร้าง ได้แก่ เศษสิ่งที่ไม่ต้องการที่เกิดจากการรื้อถอน อาคาร บ้านเรือนเก่า ฯลฯ

2.5 ซากสัตว์จากสัตว์ที่ตาย เกิดการเน่าเปื่อย ส่งกลิ่นเหม็น

2.6 ซากยานพาหนะทุกชนิดที่หมดสภาพการใช้งาน รวมถึงชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น แบตเตอรี่ ฯลฯ

2.7 ขยะมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรม คือ เศษวัสดุที่เกิดจากการผลิต

2.8 ขยะมูลฝอยประเภททำลายยาก คือขยะมูลฝอยที่ต้องการใช้กรรมวิธีการทำลายเป็นพิเศษ เช่น พลาสติก फिल्मถ่ายรูป กากแร่ธาตุต่าง ๆ

2.9 ขยะสด

2.10 ขยะแห้ง

2.11 ขยะพิเศษ

2.12 ของใช้ชำรุด

2.13 ขยะจากการกสิกรรม

2.14 กากตะกอนน้ำโสโครก

3.ประเภทขยะมูลฝอยจำแนกตามองค์ประกอบ

ขยะมูลฝอยชุมชน จำเป็นต้องมีการกำจัดอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบและคุณสมบัติของขยะเป็นสำคัญ โดยสามารถจำแนกได้ดังนี้

3.1 ผัก ผลไม้ เศษอาหาร ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ย่อยสลายง่าย เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นและส่งกลิ่นรบกวนหากไม่มีการเก็บขนออกจากแหล่งทิ้งทุกวัน

3.2 กระดาษ เช่น ถุงกระดาษ ลัง เศษกระดาษจากสำนักงาน

3.3 พลาสติก มีความทนทานต่อการทำลายได้สูง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติก เช่น ถัง ภาชนะ ของเล่นเด็ก ของใช้ต่าง ๆ

3.4 ผ้า ทำมาจากใยธรรมชาติและใยสังเคราะห์ เช่น ผ้าไนลอน ขนสัตว์ ลินิน

3.5 ไม้ เช่น เศษเฟอร์นิเจอร์ โต๊ะ เก้าอี้ ฯลฯ

3.6 ยางและหนัง เช่น รองเท้า กระเป๋า ลูกฟุตบอล

3.7 แก้ว เป็นวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแก้ว เช่น ขวด หลอดไฟ เศษกระจก ฯลฯ

3.8 โลหะ เช่น กระจัง ลวด สายไฟ ตะปู

3.9 หิน กระเบื้อง เป็นขยะไม่เน่าเปื่อยพบมากในแหล่งก่อสร้าง

3.10 อื่น ๆ ที่ไม่อาจจัดกลุ่มได้

## 2.3 การผลิตไฟฟ้าจากขยะ

ปัจจุบันในประเทศไทย สถานการณ์พลังงานกำลังเข้าใกล้ขั้นวิกฤต และยังมีปัญหาเรื่องของการกำจัดขยะที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกวัน ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและชุมชน ซึ่งการนำขยะมูลฝอยมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า จึงเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาทั้งในด้านพลังงาน และด้านการจัดการขยะ โดยในปัจจุบันมีเทคโนโลยีในการแปรสภาพของขยะให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้าดังนี้

### 2.3.1 เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (incineration)

การกำจัดขยะมูลฝอยโดยใช้เตาเผา เป็นกระบวนการเผาไหม้ขยะมูลฝอยที่ใช้อากาศในการเผาไหม้ทางทฤษฎี (Stoichiometric Condition) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ความร้อน (Heat) ซึ่งสามารถใช้งานกับหม้อต้มไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ และสามารถกำจัดปริมาณขยะมูลฝอยได้ ประมาณร้อยละ 80-90 โดยต้องมีการออกแบบเตาเผาให้เหมาะสมกับปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย และปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ ค่าความชื้น และค่าความร้อน ซึ่งมีการผันแปรตามฤดูกาล นอกจากนี้ ปัญหามลภาวะทางอากาศ เป็นอีกหนึ่งประการที่ต้องให้ความสำคัญ การปนเปื้อนของขยะอันตรายจากคร้วเรือนไม่เพียงแต่จะก่อให้เกิดการปลดปล่อยสารพิษต่าง ๆ ออกสู่บรรยากาศ แต่ยังคงมีสารพิษค้างในขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ ซึ่งต้องนำไปกำจัดด้วยการฝังกลบในขั้นตอนสุดท้าย

#### 1. ระบบการทำงานของเตาเผาขยะมูลฝอย

1.1 ระบบรับขยะมูลฝอย ประกอบไปด้วย การลดขนาด การคัดแยก และการตรวจสอบขยะมูลฝอย โดยระบบนี้อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย

1.2 หลุมรองรับขยะมูลฝอย (Unloading and Hopper for Waste) เพื่อให้การผสมขยะมูลฝอยให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวและลดความชื้นก่อนจะป้อนเข้าสู่เตาเผา

1.3 ระบบป้อนขยะมูลฝอย (Feeding System) ขยะมูลฝอยที่ถูกผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน จะถูกป้อนเข้าสู่เตาเผาผ่านทางช่องป้อน

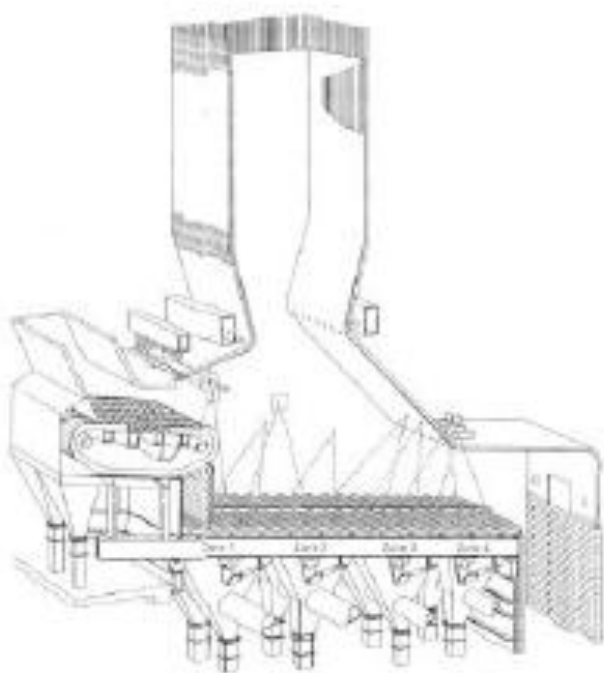
1.4 ระบบนำเถ้าออก (Ash and Clinker Removal System) เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้ ในเตาเผาจะถูกเก็บและขนส่งด้วยระบบลำเลียงซึ่งสามารถร่อนคัดแยกและใช้ในการทำเป็นวัสดุรองพื้นในการก่อสร้างถนนหรือเพื่อการก่อสร้างเถ้าส่วนที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้จะถูกคัดแยกและนำไปฝังกลบแบบถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

1.5 ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ (Air Pollution Control System) จะขึ้นอยู่กับระดับสารมลพิษที่เกิดจากการกำจัดขยะมูลฝอย ซึ่งมีหลากหลายชนิดทั้งมีพิษเล็กน้อยจนถึงมีพิษหรืออันตรายสูงสุด และที่สำคัญได้แก่ กลิ่น ฝุ่นละออง คาร์บอนไดออกไซด์

คาร์บอนมอนนอกไซด์ (กรณีเผาไหม้ไม่สมบูรณ์) ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของซัลเฟอร์ ไฮโดรคาร์บอนไดออกซิน โลหะหนัก เถ้าหนัก เถ้าเบา และน้ำเสีย เป็นต้น

## 2. ประเภทเตาเผาขยะมูลฝอย

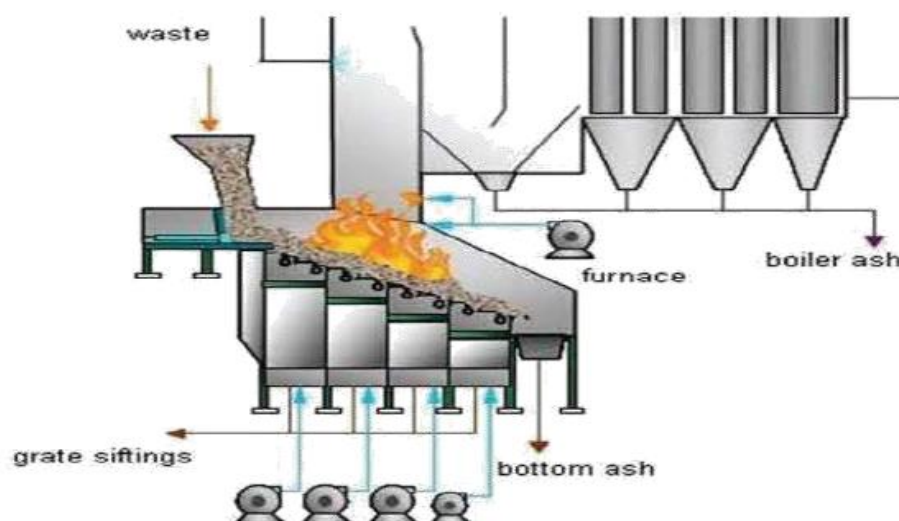
2.1 เตาเผาแบบตะแกรง (Stoker-Fired or Grate-Fired Incinerator) เป็นเตาเผาที่นิยมใช้ ในปัจจุบัน ขยะมูลฝอยจะถูกป้อนเข้าไปในเตา แล้วเคลื่อนตัวไปตามการเลื่อนของแผงตะแกรง โดยมีอากาศ เป่าเข้าทางด้านล่างของตะแกรง ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะไหลขึ้นด้านบน แล้วไปแลกเปลี่ยนความร้อนในเครื่องกำเนิดไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้แล้วจะเคลื่อนตัวตามตะแกรงแล้วตกออกจากเตาเผาเป็นขี้เถ้า ซึ่งสามารถนำไปฝังกลบได้ วิธีการเผาเป็นสภาวะใช้อากาศมากเกินพอ (Excess Air) และอาจใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเสริมด้วย อุณหภูมิเตาอยู่ที่ประมาณ 850 - 1,200 องศาเซลเซียส เตาเผาประเภทนี้เป็นเหมาะกับขยะมูลฝอยที่มีปริมาณมาก คือ 6 ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป หรือ 150 ตันต่อวัน การนำเตาเผาชนิดมีแผงตะแกรงมาใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยควรคำนึงถึงข้อดี และจำกัดข้อเสียของเตาเผาชนิดนี้



ภาพประกอบ 3 เตาเผาขยะแบบตะแกรง (Stoker-Fired or Grate-Fired Incinerator)

ที่มา : การศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

ตะกรับจะทำหน้าที่เสมือนผิวด้านล่างของเตา การเคลื่อนที่ของตะกรับนั้น หากได้รับการออกแบบอย่างถูกต้อง จะทำให้ขยะมีการเคลื่อนย้ายและผสมผสานกันอย่างมีประสิทธิภาพ และการทำให้อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้สามารถแทรกซิกไปทั่วทุกพื้นผิวของขยะ ตะกรับอาจถูกจัดแบ่งให้เป็นพื้นที่ย่อยเฉพาะ ซึ่งทำให้สามารถปรับปริมาณอากาศเพื่อใช้ในการเผาไหม้ได้อย่างอิสระ และสามารถทำให้เผาไหม้ได้ แม้ขยะมีค่าความร้อนที่ต่ำ ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ขยะจะลอยเข้าสู่ห้องเผาไหม้ที่ 2 ซึ่งทำหน้าที่เผาก๊าซหรือไอที่ประกอบด้วยคาร์บอนมอนอกไซด์ และ ไดออกซิน เพื่อทำลายมลพิษต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความสามารถในการเผาไหม้จึงมีการเติมอากาศเพิ่มเข้าไปภายในห้องเผาไหม้ที่ 2 จากพัดลมเป่าอากาศ เพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาสันดาปที่สมบูรณ์ โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 1,100 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 4 เตาเผาแบบตะกรับที่มีการเติมอากาศที่ห้องเผาไหม้ที่ 2

ที่มา คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

2.2 เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln Incinerator) เป็นการเผาไหม้มวลของขยะมูลฝอย โดยใช้ห้องเผาไหม้ทรงกระบอกซึ่งสามารถหมุนได้รอบแกนคอย ขยะจะเคลื่อนตัวไปตามผนังของเตาเผาทรงกระบอก ตามผนังของเตาเผาทรงกระบอก ตามการหมุนของเตาเผา ซึ่งทำมุมเอียงกับแนวระดับ เตาเผาแบบหมุนส่วนใหญ่จะเป็นแบบผนังอิฐทนไฟหรือผนังน้ำทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 1 ถึง 5 เมตร และยาว 8 ถึง 20 เมตร ความสามารถในการทำลายขยะมูลฝอยอยู่ที่ 2.4 ตันต่อวัน ถึง 480 ตันต่อวัน อัตราส่วนอากาศส่วนเกินที่ใช้จะมีปริมาณที่มากกว่าแบบที่ใช้กับเตาเผาแบบตะกรับ และอาจจะ

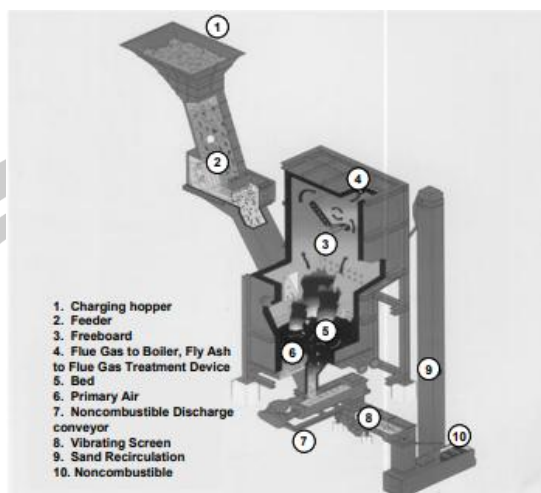
มากกว่าเตาเผาแบบฟลูอิดไดส์เบด โดยสิ่งที่ตามมาคือ เตาเผาแบบหมุนจะมีประสิทธิภาพพลังงานที่ต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ยังคงมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (Retention Time) ของก๊าซเสีย ค่อนข้างสั้นเกินไป เตาเผาชนิดนี้จึงมักมีส่วนประกอบของห้องเผาไหม้รวมอยู่กับหม้อน้ำด้วย



ภาพประกอบ 5 เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln Incinerator)

ที่มา : คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน  
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

2.3 เตาเผาแบบฟลูอิดไดส์เบด (Fluidized Bed Incinerator) เป็นการเพิ่มความเร็วให้อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ ให้สูงพอที่จะทำให้ขยะเกิดการลอยตัวบนวัสดุตัวกลาง มีสภาพเหมือนของไหล การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในขณะที่ขยะมีสภาพเป็นของไหลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ การถ่ายเทความร้อน และการถ่ายเทมวลได้ ในทางปฏิบัติจะมีการใส่ตัวกลางที่ใช้ในเตาเผาเป็นแร่ควอทซ์ หรือทรายแม่น้ำขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร ขยะมูลฝอยจะต้องถูกย่อยให้มีขนาดเล็ก ตัวกลางและขยะมูลฝอยจะถูกกวนผสมกันในเตาเผา และเผาไหม้โดยใช้อากาศมากเกินไป (Excess air) ใช้อุณหภูมิประมาณ 850 - 1,200 องศาเซลเซียส เตาเผาประเภทนี้เหมาะกับปริมาณขยะมูลฝอย 1 - 5 ตันต่อชั่วโมง หรือ 25 - 100 ตันต่อวัน เตาเผาชนิดนี้ใช้ตัวกลางนำความร้อนมีข้อดีและข้อจำกัด

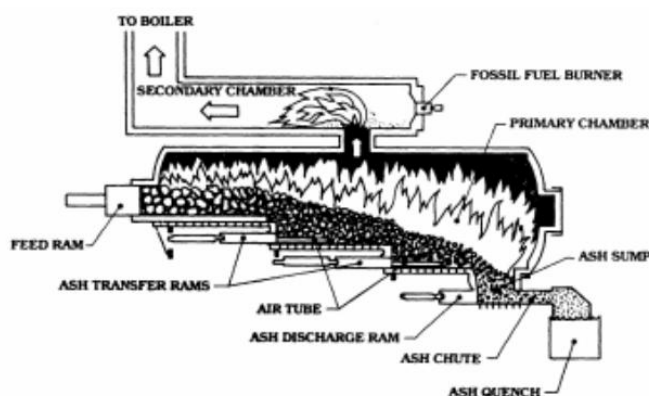


ภาพประกอบ 6 เตาเผาแบบฟลูอิดไดส์เบด (Fluidized Bed Incinerator)

ที่มา : คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน  
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

2.4 เตาเผาชนิดควบคุมการเผาไหม้ (Controlled-Air Incinerator) เป็นเตาเผาที่แบ่งการเผาไหม้เป็น 2 ขั้นตอน ในขั้นตอนแรกซึ่งเกิดขึ้นในห้องเผาไหม้แรก (Primary combustion chamber) จะควบคุมการเผาไหม้ขยะมูลฝอยในสภาวะไร้อากาศหรือใช้อากาศค่อนข้างน้อย (Starved Air) ที่อุณหภูมิประมาณ 450 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ แต่จะเป็นก๊าซเชื้อเพลิงและไหลขึ้นไปเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ที่สอง (Secondary combustion chamber) ในสภาวะอากาศมากเกินไป (Excess air) และอาจใช้น้ำมันเชื้อเพลิงด้วย อุณหภูมิในเตาเผาประมาณ 1,000 - 1,200 องศาเซลเซียส เตาเผาประเภทนี้ใช้กับขยะ มูลฝอยที่มีปริมาณน้อยคือ ไม่เกิน 1 ตันต่อชั่วโมง หรือ 10 ตันต่อวัน ทั้งนี้เตาเผาชนิดนี้มีข้อดีและข้อด้อย ควรนำมาประกอบการพิจารณาประกอบการเลือกใช้งาน

พหุ ประ โท ชีวะ



ภาพประกอบ 7 เตาเผาชนิดควบคุมการเผาไหม้ (Controlled-Air Incinerator)

ที่มา : คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน  
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

### 2.3.2 เทคโนโลยีย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion)

โดยทั่วไปการใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการบำบัดขยะมูลฝอยอินทรีย์ ปริมาณ 1 ตัน จะได้ก๊าซชีวภาพประมาณ 100 - 200 ลูกบาศก์เมตร ก๊าซชีวภาพที่ได้จะมีค่าซีพีเทน เป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 55 - 70 และมีค่าความร้อนประมาณ 20 - 25 เมกะจูลต่อ ลูกบาศก์เมตร ซึ่งพลังงานร้อยละ 20 - 40 ของพลังงานของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ จะถูกนำไปใช้ในระบบ ทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนและจะมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลือประมาณ 75 - 150 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตันขยะ ที่สามารถส่งออกไปจำหน่ายได้

การใช้กระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1. การบำบัดขั้นต้น (Pre-treatment/Front-end Treatment) ซึ่งประกอบด้วย การคัดแยก (Sorting) ขยะมูลฝอยอินทรีย์จากขยะมูลฝอยรวม หรือการคัดแยกสิ่งปะปนออกจากขยะมูลฝอยอินทรีย์ และลดขนาด (Size Reduction) ขยะมูลฝอยอินทรีย์ให้เหมาะสม สำหรับการย่อยสลาย และเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของสารอินทรีย์ที่จะป้อนเข้าสู่ระบบ (Feed Substrate) รวมทั้งเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับระบบ

2. การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ซึ่งเป็นขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะมูลฝอยอินทรีย์สำหรับนำไปใช้เป็นพลังงาน และเพื่อทำให้ขยะมูลฝอยอินทรีย์ถูกย่อยสลายเปลี่ยนเป็นอินทรีย์วัตถุที่มีความคงตัว ไม่มีกลิ่นเหม็น ปราศจากเชื้อโรคและเมล็ดวัชพืช โดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ในสภาพที่ไร้ออกซิเจน

3. การบำบัดขั้นหลัง (Post-treatment) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นขั้นตอนการจัดการกากตะกอน จากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนให้มีความคงตัวมากขึ้น เช่น การนำไปหมักโดยใช้ระบบหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศ รวมทั้งการคัดแยกเอาสิ่งปะปนต่าง ๆ เช่น เศษพลาสติกและเศษโลหะออกจากส่วนผสมของขยะอินทรีย์ โดยใช้ตะแกรงร่อน ตลอดจนการปรับปรุงคุณภาพของขยะอินทรีย์ ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกพืช เช่น การอบเพื่อฆ่าเชื้อโรคและลดความชื้น เป็นต้น

การใช้เทคโนโลยีไม่ใช้อากาศในการบำบัดขยะมูลฝอยชุมชนเป็นเรื่องใหม่ แม้ในประเทศที่พัฒนาแล้วยังเป็นเรื่องที่ไม่แพร่หลายมากนัก สำหรับประเทศไทยการคัดแยกขยะชุมชน มักจะเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ เพราะจะมีการแยกวัสดุที่ขายได้ เช่น พลาสติก แก้ว เป็นต้น ทำให้ขยะที่ส่งออกไปเก็บที่กองขยะ มีสัดส่วนของขยะอินทรีย์อยู่มาก จนสามารถเกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศได้ แม้ว่าการย่อยสลายขยะชุมชนแบบไม่ใช้อากาศ จะมีหลักการเดียวกับการบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ แต่ขั้นตอนการทำงานของการย่อยสลายขยะชุมชนมีมากกว่า เนื่องจากขยะชุมชนจะเป็นอินทรีย์ที่มีอยู่ในสภาพที่เป็นของแข็งขนาดใหญ่ และอยู่ภายใต้สภาวะที่เรียกว่า “แห้งกว่า” น้ำเสียต่าง ๆ มาก การย่อยสลายขยะจึงมีขั้นตอนการบดขยะและขั้นตอนการ ลดขนาด จากนั้นจึงเป็นกลไกปกติของการย่อยสลายภายใต้สภาวะไม่ใช้อากาศ

### 2.3.3 เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill Gas to Energy)

การพัฒนาและปรับปรุงระบบฝังกลบขยะ เพื่อลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบขยะขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ โดยอาศัยปฏิกิริยาย่อยสลายทางชีวเคมีของขยะมูลฝอยในบริเวณหลุมฝังกลบ ซึ่งช่วงแรกจะเป็นการย่อยสลายแบบใช้อากาศ จากนั้นเป็นการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศทำให้ได้ก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไนโตรเจน แล้วจึงรวบรวมก๊าซชีวภาพที่ได้ผ่านท่อ เพื่อลำเลียงไปผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป โดยมีปัจจัยที่ควรคำนึงถึง ได้แก่ ความลึกของชั้นฝังกลบขยะมูลฝอยซึ่งควรมีความลึกมากกว่า 12 เมตรขึ้นไป ,สภาวะไร้ออกซิเจนในพื้นที่ฝังกลบ ,ปริมาณขยะมูลฝอยในพื้นที่ฝังกลบตลอดอายุการดำเนินงานฝังกลบ (เฉลี่ยประมาณ 20 ปี) ซึ่งถ้านำมาผลิตไฟฟ้าควรมีปริมาณ 1 ล้านตัน ขึ้นไป

ปัจจุบันก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอย ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีการผลิตพลังงานโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยนั้น สามารถจำแนกตามวิธีการดำเนินงานฝังกลบขยะมูลฝอยได้เป็น 2 วิธีดังนี้

#### 1. เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากการฝังกลบขยะชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล

เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากการฝังกลบขยะชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill หรือ Conventional Landfill) เป็นการพัฒนาและปรับปรุงระบบฝัง

กลบของขยะมูลฝอย เพื่อลดการปล่อยออก (Emission) ของก๊าซมีเทน ที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ภายในหลุมฝังกลบ องค์ประกอบหลักของการฝังกลบขยะมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาลประกอบด้วย ระบบบำบัดขั้นต้น (Pretreatment System), การฝังกลบในพื้นที่, ระบบควบคุมทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระบบรวบรวมน้ำชะขยะ (Leachate Collection System) ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น หลักการดำเนินงานทั่วไปสำหรับระบบการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพและการผลิตพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาลมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ระบบบำบัดขั้นต้น (Pretreatment System) ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงลักษณะคุณสมบัติของขยะมูลฝอยชุมชน ทำให้มีความเหมาะสมกับกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนมากขึ้น ได้แก่ การคัดแยก (Sorting) การบดย่อยขยะมูลฝอยให้มีขนาดเล็ก (Shredding) ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการบำบัดขยะมูลฝอยขั้นต้นก่อนการฝังกลบ คือ สามารถลดระยะเวลาในการบำบัดน้ำชะขยะ เพิ่มปริมาณการผลิตก๊าซมีเทน และการกระตุ้นให้เกิดการทรุดตัวของขยะมูลฝอยได้ดีขึ้นจึงส่งผลให้มีปริมาณของขยะลดลงอย่างรวดเร็ว รวมทั้งช่วยลดระยะเวลาที่เกิดการปนเปื้อนต่อสภาพแวดล้อม ได้อีกด้วย

1.2 การดำเนินการฝังกลบในพื้นที่ (Sanitary Landfill Operation) การดำเนินงานฝังกลบขยะชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล มีอยู่ 3 ประเภทได้แก่

1.2.1 การฝังกลบแบบพื้นที่ (Area Method) เหมาะสมกับบริเวณที่มีสภาพภูมิประเทศ ไม่เหมาะที่จะขุดเป็นร่อง โดยการดำเนินงานจะเป็นการเทขยะมูลฝอยและเกลี่ยเป็นแถวยาว กว้างประมาณ 3 - 7 เมตร บนพื้นที่เป็นชั้นๆ แต่ละชั้นหนาประมาณ 0.4 - 0.75 เมตร แล้วอัดแน่นก่อนที่จะเทชั้นถัดไป แล้วอัดทับกันไปเรื่อยๆ จนได้ความหนาประมาณ 2 - 3 เมตร การดำเนินงานบดอัดขยะมูลฝอยจะต้องประมาณการให้ครบวันพอดี จากนั้นกลบดินชั้นขยะมูลฝอยหนาประมาณ 0.15 - 0.3 เมตร ทุกครั้งก่อนเลิกงานประจำวัน

1.2.2 การฝังกลบแบบร่อง (Trench Method) วิธีนี้เหมาะสมกับสถานที่ฝังกลบที่ดิน ที่มีลักษณะใช้เป็นดินกลบได้และดินมีความหนาพอสมควร โดยเริ่มจากการใช้รถขุดพื้นดินเป็นร่องยาว มีความยาวประมาณ 30 - 100 เมตร ความกว้าง 5 - 8 เมตร ความลึก 2 เมตร ดินที่ขุดขึ้นมาจะกองไว้ด้านข้างของร่องเหมือนดิน ขยะมูลฝอยจะถูกเทไปในร่อง โดยเกลี่ยเป็นชั้นบางๆ หนาประมาณ 0.4 เมตร แล้วอัดจนแน่นให้ได้ความหนาแน่นตามที่ต้องการก่อนที่จะเทขยะมูลฝอยชั้นต่อไปแล้วบดอัดใหม่เป็นชั้นทับกันไปเรื่อยๆจนได้ความสูงของชั้นขยะมูลฝอยตามต้องการ โดยการกำหนดความยาวของร่อง ที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ในแต่ละวันควรสามารถฝังกลบได้ตามความสูงที่กำหนดพอดี ทั้งนี้จะต้องมีความยาว

เพียงพอที่รถขนขยะสามารถถ่ายขยะมูลฝอยได้พร้อมกันด้วย เพื่อป้องกันการสูญเปล่าในการรอกิวของรถขนขยะมูลฝอย

1.2.3 การฝังกลบแบบท่อหรือพื้นลาดเอียง (Ramp Method) วิธีการฝังกลบแบบนี้เหมาะสำหรับสถานที่ฝังกลบที่มีลักษณะเป็นพื้นลาดเอียงหรือเป็นหลุมบ่อขนาดใหญ่ ซึ่งอาจเกิดจากการขุด เช่น ห้วย บ่อดิน เป็นต้น เทคนิคในการทิ้งขยะมูลฝอยในแต่ละแห่ง มีความแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิประเทศและสถานที่นั้นๆ รวมทั้งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินกลบ สภาพดินแหล่งน้ำ และแหล่งน้ำใต้ดินในบริเวณนั้น และสภาพถนนเข้าออก หากสถานที่ฝังกลบมีพื้นที่ห้วยหรือบ่อที่ใช้เป็นพื้นที่ฝังกลบและมีสภาพค่อนข้างราบ การฝังกลบในขั้นแรกอาจใช้วิธีแบบร่องเมื่อฝังกลบในขั้นแรกเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงฝังกลบชั้นถัดไป ในการฝังกลบด้วยวิธีนี้ควรให้ความสูงของชั้นฝังกลบชั้นสุดท้ายอยู่เหนือระดับพื้นดินในบริเวณข้างเคียงเล็กน้อย เนื่องจากหากมีการทรุดตัวของขยะมูลฝอยที่ฝังไว้ก็จะทำให้พื้นดินอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันกับพื้นดินบริเวณข้างเคียง

### 1.3 ระบบรวมก๊าซชีวภาพ(Landfill Gass Collection System)

#### 1.3.1 รูปแบบของระบบรวมก๊าซแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

- ระบบรวมท่อแนวตั้ง (Vertical extraction well) ด้วยการฝังท่อในแนวตั้งเพื่อให้ก๊าซไหลเข้าท่อโดยที่ปลายด้านล่างของบ่อจะถมด้วยท่อที่ใช้เป็นแท่ง PVC หรือ HDPE
- ระบบรวมท่อก๊าซในแนวนอน (Horizotal Collection System) ระบบนี้ประกอบด้วยระบบท่อรวมก๊าซที่เจาะรูโดยรอบทำให้มีประสิทธิภาพในการรวมก๊าซได้มากขึ้น
- ระบบรวมก๊าซแบบผสมผสาน (Hybrid Collection System) ระบบนี้จะประกอบด้วยท่อรวมก๊าซในแนวตั้งและแนวนอนซึ่งจะช่วยรวมก๊าซที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 1.3.2 ระบบรวมก๊าซชีวภาพ เพื่อใช้ในการควบคุมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย ที่ระบายออกสู่อากาศ แบ่งได้ 3 ประเภทดังนี้

- Passive System เป็นระบบควบคุมก๊าซชีวภาพที่ง่ายที่สุด มักจะใช้งานกับสถานที่ฝังกลบ ที่มีขนาดเล็กหรือสถานที่ฝังกลบที่ปิดการใช้งานแล้ว หรือใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ ในพื้นที่ฝังกลบขนาดใหญ่ เพื่อให้ก๊าซชีวภาพสามารถระบายออกสู่บรรยากาศได้ดีที่สุด ในสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยขนาดเล็กหรือสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยที่ปิดใช้งานชั่วคราวบางแห่ง ก๊าซชีวภาพ

อาจถูกระบายออกสู่บรรยากาศโดยตรงโดยไม่ผ่านระบบบำบัดก่อน อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาการติดตั้งระบบเผาทิ้งหรือการนำก๊าซชีวภาพไปใช้งานอย่างอื่น เพื่อควบคุมการระบายก๊าซมีเทนและลดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นรบกวน

- Active System ระบบควบคุมก๊าซชีวภาพแบบนี้มักจะประยุกต์ใช้งานกับ สถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ เพื่อรวบรวมก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมาใช้ประโยชน์อื่นๆแทนการระบายทิ้ง

- ระบบควบคุมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย Physical barrier เป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อป้องกันก๊าซชีวภาพที่แพร่กระจายออก ร่วมกับการใช้วัสดุปูพื้นหรือวัสดุธรรมชาติ ระบบรวบรวม และควบคุมก๊าซชีวภาพนี้ เป็นระบบที่ได้ถูกนำมาใช้ในการดำเนินงานสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยแบบถูกสุขอนามัยมากที่สุด เนื่องจากสามารถควบคุมการสูญเสียก๊าซชีวภาพและกลิ่นได้ดี และสามารถลดการปล่อยออกของก๊าซจากพื้นผิวหลุมฝังกลบได้ โดยการปูวัสดุรองพื้น ซึ่งจะทำหน้าที่เสมือนกับ Physical barrier ซึ่งจะช่วยป้องกันก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นรั่วไหลผ่านผิวของหลุมฝังกลบได้

#### 1.4 ระบบผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ (Gas utilization system)

การใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพจากสถานที่ฝังกลบในการผลิตไฟฟ้านั้น เริ่มมีการใช้งาน ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1980 โดยเครื่องยนต์ที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เป็นที่นิยม ได้แก่ กังหันก๊าซ (Gas turbine) ขนาดของเครื่องยนต์ที่ใช้งานมีตั้งแต่ 100 กิโลวัตต์ขึ้นไป จนถึงหลายเมกะวัตต์ การเลือกใช้เครื่องยนต์ ในการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพมีปัจจัยที่จะต้องพิจารณาหลายประการ อาทิ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ และคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพที่ได้ ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า ความพร้อมในการจ่ายของระบบผลิตไฟฟ้า ข้อกำหนดของเครื่องยนต์ในการบำบัดก๊าซเบื้องต้นต้องการ การดูแลและรักษาระบบ ความชำนาญของผู้ควบคุมระบบ ความยืดหยุ่นของระบบ ตลอดจนอายุการใช้งานและราคาค่าใช้จ่ายในการลงทุน และบำรุงรักษาระบบ

ทางเลือกในการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยมีอยู่ 3 แนวทาง คือ การใช้ประโยชน์จากพื้นที่ใกล้เคียง (Local gas use) การผลิตกระแสไฟฟ้า (Electricity generation) และการส่งเข้าสู่ระบบท่อก๊าซ (Pipeline injection) ดังนี้

1.4.1 Local gas use เป็นการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ใกล้เคียงกับสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย โดยมีรัศมีไม่เกิน 3 กิโลเมตร จากพื้นที่โครงการ เนื่องจากจะไม่มีต้นทุนในด้านของระบบส่งก๊าซ (Gas transmission system) จากสถานที่ฝังกลบไปยังจุดที่ต้องการใช้งาน ซึ่งส่วนใหญ่จะขนส่งด้วยระบบท่อ โดยก๊าซที่ได้จากการฝังกลบจะต้องผ่านระบบบำบัด เพื่อ

กำจัดไอน้ำและฝุ่นละอองที่ปนอยู่ออกไป โดยใช้ระบบกรองและระบบแยกน้ำ ก๊าซที่ผ่านการบำบัดแล้วจะก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 35 - 50 ซึ่งก๊าซสามารถนำไปใช้กับหม้อไอน้ำ (Boiler) และเครื่องยนต์ (Engine) ทั้งนี้จะต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการก่อสร้างระบบขนส่งด้วยท่อ รวมถึงปัญหาและอุปสรรคในการก่อสร้างด้วย

1.4.2 การผลิตกระแสไฟฟ้า (Electricity generation) เป็นการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน โดยการนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้งานในโครงการเอง หรือส่งเข้าระบบสายส่ง (Local electric power grid) โดยระบบผลิตไฟฟ้าที่ใช้งานได้แก่ Internal combustion engine และกังหันก๊าซ (Gas turbine) โดยกังหันก๊าซจะเหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้า โดยการใช้ก๊าซจากสถาน ที่ฝังกลบขนาดใหญ่ รวมทั้งการเดินกังหันต้องเดินเครื่องด้วยอัตราคงที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อจ่ายให้ระบบสายส่งอย่างต่อเนื่อง ส่วนระบบ IC Engine นั้นเป็นระบบที่สามารถ เปิด ปิด เครื่องได้อย่างง่ายดาย จึงเหมาะสำหรับการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้งานเองในพื้นที่

1.4.3 Pipeline injection ในกรณีที่ไม่มีการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพในพื้นที่ใกล้เคียง จะต้องผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซ และการอัดเพื่อเพิ่มความดันก่อนส่งผ่านไปยังท่อความดันต่อไป

## 2. เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากการฝังกลบขยะชุมชน แบบ Bioreactor Landfill

เนื่องจากระยะเวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในพื้นที่ฝังกลบใช้ระยะเวลายาวนาน จึงมีการพัฒนาและปรับปรุงรูปแบบของการฝังกลบขึ้นมาใหม่ในช่วง ศตวรรษที่ 21 ซึ่งเรียกว่า Bioreactor Landfill ซึ่งมีลักษณะการก่อสร้างเหมือนกับสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนแบบถูกสุขาภิบาล แต่มีหลักการออกแบบระบบที่ต่างออกไปเพื่อย่นระยะเวลาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยให้มีสถานะเสถียรและคงที่ภายใน 2 - 10 ปี การเพิ่มอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพและการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้สูงกว่า Conventio Landfill ซึ่งการเสถียรและคงที่ของสถานที่ฝังกลบ หมายถึงสถานะแวดล้อมต่างๆของระบบคงที่ ซึ่งได้แก่องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ ความเข้มข้นและคุณสมบัติของน้ำชะขยะ ต้องมีความไม่แปรปรวนมากนักในช่วงเวลา 5 - 10 ปีของการดำเนินงานหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย องค์ประกอบหลักในการดำเนินงานผลิตพลังงานโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะชุมชนแบบ Bioreactor Landfill ประกอบด้วย ระบบน้ำบำบัด (Pretreatment) ควบคุมน้ำชะขยะ ระบบการรวมก๊าซชีวภาพและระบบการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ

### 2.3.4 เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF)

เป็นการปรับปรุงและแปลงสภาพขยะมูลฝอย ให้เป็นเชื้อเพลิงแข็งที่มีคุณสมบัติในด้าน ค่าความร้อน (Heating Value) ความชื้น ขนาด และความหนาแน่น เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิง

เพื่อป้อนหม้อน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าหรือความร้อน และมืองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพสม่ำเสมอ  
คุณลักษณะทั่วไปของเชื้อเพลิงขยะประกอบด้วย

- ปลอดภัยโรคจากการอบด้วยความร้อน ลดความเสี่ยงต่อการสัมผัสเชื้อโรค
- ไม่มีกลิ่น
- มีขนาดเหมาะสมต่อการป้อนเข้าเตาเผา (เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 - 30 มิลลิเมตร มีความยาว 30 - 150 มิลลิเมตร)
- มีความหนาแน่นมากกว่าขยะมูลฝอยและชีวมวลทั่วไป (450 - 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ทำให้เหมาะสมต่อการจัดเก็บและขนส่ง
- มีค่าความร้อนสูงเมื่อเทียบกับชีวมวลทั่วไป ( 13 - 18 เมกะจูลต่อกิโลกรัม) และมีความชื้นขั้นต่ำ (ร้อยละ 5 - 10 )

- ลดปัญหามลภาวะจากการเผาไหม้ เช่น ไดออกซินและฟูราน

หลักการทำงานของเทคโนโลยีนี้ เริ่มจากการคัดแยกขยะที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ เช่น โลหะ แก้ว เศษหิน ขยะอันตราย และขยะรีไซเคิลออกจากขยะรวม ในบางกรณี มีการใช้แม่เหล็กเพื่อแยกขยะมูลฝอย ที่มีองค์ประกอบที่เป็นเหล็ก และใช้เครื่อง Eddy Current Separator เพื่อคัดแยกอลูมิเนียมออกจากขยะ จากนั้นจึงป้อนขยะมูลฝอยเข้าเครื่องสับเพื่อลดขนาด และป้อนเข้าเตาอบเพื่อลดความชื้น โดยการใช้ความร้อนจากไอน้ำหรือลมร้อนเพื่ออบขยะให้แห้ง ซึ่งจะทำให้น้ำหนักลดลงไปเกือบร้อยละ 50 และสุดท้ายจะส่งเข้าไปสู่เครื่องอัดเม็ด (Pellet) เพื่อทำให้ได้เชื้อเพลิงขยะอัดเม็ดที่มีขนาดและความหนาแน่น เหมาะสมต่อการขนส่ง ไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในบางกรณีจะมีการเติมหินปูน (CaO) เข้าไปผสมด้วยระหว่างการอัดเป็นเม็ด เพื่อควบคุมและลดปริมาณก๊าซพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ เชื้อเพลิงขยะสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ชนิด ตามมาตรฐาน ASTM E-75 ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการที่ใช้ประกอบ



ภาพประกอบ 8 เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF)

ที่มา : คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน  
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

ตาราง 2 เชื้อเพลิง RDF

ชนิด	กระบวนการจัดการ	ระบบเผาไหม้
RDF : MSW	คัดแยกขยะส่วนที่เผาไหม้ได้ออกมาด้วยมือ รวมทั้งขยะที่มีขนาดใหญ่	Stoker
RDF2 : Coarse RDF	บดหรือตัดขยะมูลฝอยแบบหยาบๆ	Fluidized Bed Combustor ,Multi fuel Combustor
RDF3 : Fluff RDF	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ได้ออก เช่น โลหะ แก้วและอื่นๆ มีการบดหรือตัดจนทำให้ขยะมูลฝอย มีขนาด 2 นิ้ว	Stoker
RDF4 : Dust RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการทำให้อยู่ในรูปของผงฝุ่น	Fluidized Bed Combustor ,Pulverized Fuel Combustor
RDF5 : Densified RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ผ่านกระบวนการอัดแท่งโดยให้ความหนาแน่นมากกว่า 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	Fluidized Bed Combustor ,Multi fuel Combustor
RDF6 : RDF Slurry	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการให้อยู่ในรูป Slurry	Swirl Burner
RDF7 : RDF Syn-gas	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการ Gasificatiom เพื่อผลิต Syn-gas ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้	Burner ,Integreated Gasification-Combined

การออกแบบขั้นตอนต่าง ๆ ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง ขึ้นอยู่กับสถานการณ์การจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น ถ้าขยะมูลฝอยได้มีการแยกส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้จากแหล่งกำเนิดก่อนอยู่แล้ว ในกระบวนการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงก็อาจจะไม่จำเป็นต้องมีขั้นตอนการคัดแยกก่อนก็ได้ โดยทั่วไปขยะจะถูกนำมาคัดแยกส่วนที่นำกลับไปใช้ซ้ำได้ เช่น โลหะ อลูมิเนียม แก้ว และคัดแยกอินทรีย์สาร เช่น เศษอาหาร ที่มีความชื้นสูง สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบป้อนเข้ากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ หรือผลิตสารปรับปรุงคุณภาพดิน (Soil conditioner) สำหรับส่วนประกอบมูลฝอยที่เหลือจะถูกนำไปลดขนาดส่วนใหญ่อประกอบด้วยกระดาษ เศษไม้ พลาสติก ซึ่งสามารถนำไปใช้ในกระบวนการเผาไหม้โดยตรง ในรูปแบบของ Coarse RDF (c-RDF) หรือ RDF ชนิดหยาบหรือนำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้งและการอัดแท่ง เพื่อผลิตเป็น Densified RDF (d-RDF) ในการพิจารณาว่าจะผลิตขยะเชื้อเพลิงชนิดใดขึ้นอยู่กับเทคโนโลยี ของระบบการเผาไหม้ สถานที่ ที่ตั้งระหว่างที่ผลิตเชื้อเพลิงขยะ และสถานที่ใช้งาน สัดส่วนของปริมาณขยะเชื้อเพลิง (RDF) ที่ผลิตได้ต่อปริมาณขยะมูลฝอย 1 ตัน ขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดเก็บขยะ กระบวนการที่ใช้ ในการแปรรูปขยะ และคุณภาพของเชื้อเพลิงขยะที่ต้องการจากรายงานของ European Commission

Directorate General Environment พบว่าสัดส่วนการผลิตเชื้อเพลิงขยะอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 23 - 50 โดยน้ำหนักของขยะที่ป้อนเข้า ปริมาณของขยะเชื้อเพลิงในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป (European Union) มีประมาณ 3 ล้านตันต่อปี โดยมีประเทศที่ได้มีการศึกษาและพัฒนาการแปรรูปขยะเป็นขยะเชื้อเพลิงมาอย่างต่อเนื่องได้แก่ ออสเตรีย ฟินแลนด์ เยอรมนี อิตาลี เนเธอร์แลนด์ และสวีเดน นอกจากนี้ประเทศเบลเยียมและสหราชอาณาจักรกำลังอยู่ระหว่างการพัฒนา ประเทศที่มีการศึกษาและพัฒนาการแปรรูปขยะ เป็นขยะเชื้อเพลิงมากอีกประเทศ ได้แก่ ญี่ปุ่น โดยมีโรงงานแปรรูปขยะเป็นขยะเชื้อเพลิง ที่มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 2.5 ตันต่อวัน ไปจนถึง 390 ตันต่อวัน ขึ้นอยู่กับการวางแผนการจัดการขยะในแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปแล้วโรงงานผลิตเชื้อเพลิงขยะจะมีกำลังการผลิตประมาณ 50 ตันต่อวัน องค์ประกอบของเชื้อเพลิงขยะ จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของขยะที่นำมาแปรรูป วิธีการจัดเก็บ และกระบวนการที่ใช้ในการแปรรูป คุณลักษณะที่สำคัญของขยะเชื้อเพลิงหลังจากการแปรรูปแล้ว ได้แก่ ความร้อน ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณซัลเฟอร์และคลอไรด์ นอกจากนี้การแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงขยะจะช่วยลดความชื้น ส่งผลให้ขยะมีค่า ความร้อนที่สูงขึ้นอีกด้วย การใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงขยะ สามารถใช้ได้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน โดยอาจจะมีการใช้ประโยชน์ในสถานที่ผลิตเชื้อเพลิงขยะ หรือขนส่งไปใช้ที่อื่น นอกจากนี้ยังสามารถใช้เผาพร้อมกับถ่านหิน (Co-firing) เพื่อลดปริมาณการใช้ถ่านหินลงในอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น อุตสาหกรรมซีเมนต์ โดยรูปแบบเตาเผาที่ใช้เปลี่ยนเชื้อเพลิงขยะให้เป็นพลังงานความร้อน ประกอบด้วย เตาเผาแบบตะกรับ (Stoker) เตาเผาแบบฟลูอิดไดส์เบด (Fluidized Bed Combustor) หรือเตาเผา แก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) หรือไพโรไลซิส (Pyrolysis)

### 2.3.5 เทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification)

เป็นกระบวนการทำให้ขยะเป็นก๊าซ โดยการทำให้ปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ (Partial combustion) กล่าวคือ สารอินทรีย์ในขยะจะทำปฏิกิริยากับอากาศหรือออกซิเจนปริมาณจำกัด ทำให้เกิดก๊าซซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน เรียกว่า producer gas ในกรณีที่ใช้อากาศเป็นก๊าซทำปฏิกิริยา ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีความร้อนต่ำ ประมาณ 3 - 5 เมกะจูลต่อนิวตันลูกบาศก์เมตร กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงแข็งประกอบไปด้วย กระบวนการสลายตัว (decomposition) และกระบวนการกลั่นสลาย (devolatilization) ของโมเลกุลสารอินทรีย์ในขยะ ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,200 - 1,400 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศที่ควบคุมปริมาณออกซิเจน เพื่อผลิตสารระเหยและถ่านชาร์ ในขั้นตอนของกระบวนการกลั่นสลายหรือที่เรียกว่าไพโรไลซิส (Pyrolysis) ขยะจะขยายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารระเหย เช่น มีเทน และส่วนที่เหลือยังคงสภาพของแข็งอยู่เรียกว่า ถ่านชาร์ สารระเหยจะทำปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ต่อที่อุณหภูมิสูงหรือปฏิกิริยาทุติยภูมิ (secondary reaction) ในขณะที่ถ่านชาร์ ถูกก๊าซซีฟายต่อโดยอากาศ ออกซิเจน หรือไอน้ำ ได้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง ปฏิกิริยาที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ จะเป็นตัวกำหนดของ

ก๊าซเชื้อเพลิง รูปแบบการใช้งานก๊าซเชื้อเพลิง เช่น การให้ความร้อนโดยตรงเพื่อผลิตไฟฟ้า หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ จะเป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง การกำจัดปริมาณของน้ำมันคาร์และฝุ่นละอองในก๊าซเชื้อเพลิง ปัจจัยที่กำหนดสัดส่วนขององค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิงคือชนิดเครื่องปฏิกรณ์ สภาวะความดัน และอุณหภูมิ ส่วนคุณลักษณะของขยะจะเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพล ต่อพฤติกรรมทางด้านเคมีความร้อนของเครื่องปฏิกรณ์ในแง่ของประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในการเผาในกังหันก๊าซหรือหม้อไอน้ำ

### 2.3.6 เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ค (Plasma Arc)

การนำเทคโนโลยีพลาสมาอาร์คมาประยุกต์ใช้งานด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับกำจัดขยะติดเชื้อ ขยะอันตราย ตลอดจนขยะมูลฝอย ที่มีความแปรปรวนทั้งด้านคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติด้านเคมีสูง โดยกระบวนการพลาสมาอาร์คจะอาศัยหลักการปล่อยกระแสไฟฟ้าเพื่อให้ความร้อนกับก๊าซ เช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน เป็นต้น เพื่อสร้างอุณหภูมิเปลวก๊าซให้มีความร้อนสูงมากในช่วง 2,200 - 11,000 องศาเซลเซียส จึงสามารถกำจัดขยะมูลฝอย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้นแบบของเทคโนโลยีนี้สามารถรองรับขยะติดเชื้อ ได้มากถึง 200 - 300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีอุปกรณ์หลัก คือ

#### 1. หัวพลาสมาอาร์ค ซึ่งประกอบไปด้วย

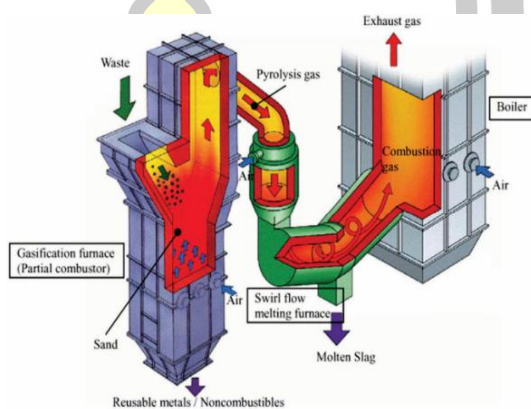
- หัวพลาสมา (Plasma Arc Torch) ซึ่งผลิตจากวัสดุทนอุณหภูมิสูง
- ชูตขั้วไฟฟ้า (Electrode)
- ชูตหัวฉีดก๊าซ (Gas injectors)
- ชูตจุดประกายไฟ (Spraker)
- ชูตลดอุณหภูมิของหัวพลาสมา (Water cooling system)
- ชูตอุปกรณ์จ่ายกระแส (Power Supply)
- ชูตควบคุมระบบ (Control Panel)

#### 2. เทคโนโลยีเตาเผา ซึ่งพัฒนาขึ้นมา 2 ระบบ คือ

- ระบบเผาไหม้โดยตรง (Plasma Incinerator) กำจัดขยะติดเชื้อ ควบคู่กับการผลิตความร้อน
- ระบบเตาก๊าซซิไฟเออร์ (Plasma Gasifier) เพื่อเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในขยะติดเชื้อ ให้กลายเป็นก๊าซเชื้อเพลิง แล้วนำก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้ไปใช้ผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน เทคโนโลยีพลาสมาอาร์คจึงถือเป็นเทคโนโลยีการกำจัดขยะติดเชื้อควบคู่กับการผลิตพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูง และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

### 2.3.7 เทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (MSW Gasification)

เป็นกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน หรือเทคโนโลยี ไพโรไลซิส ก๊าซซีพีเคชั่น (Pyrolysis/Gasification) เป็นกระบวนการทำให้ขยะมูลฝอยเป็นก๊าซ โดยการทำให้ปฏิกิริยาสันดาปไม่สมบูรณ์ กล่าวคือสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยจะทำปฏิกิริยากับอากาศหรือออกซิเจนปริมาณจำกัด ทำให้เกิดก๊าซ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรเจนและมีเทน เรียกว่า Product Gas ซึ่งในกรณีที่ใช้อากาศเป็นก๊าซทำปฏิกิริยา ก๊าซเชื้อเพลิงที่จะได้มีค่าความร้อนสูงประมาณ 3 - 5 เมกกะจูลต่อนิวตันลูกบาศก์เมตร แต่ถ้าให้ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซทำปฏิกิริยาเชื้อเพลิงที่ได้จะมีค่าความร้อนสูงประมาณ 15 - 20 เมกกะจูลต่อนิวตันลูกบาศก์เมตร เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier สามารถแบ่งออกได้เป็น Doendraft , Updraft , Cross-Current และ Fluid Bed Gasifier ดังนี้

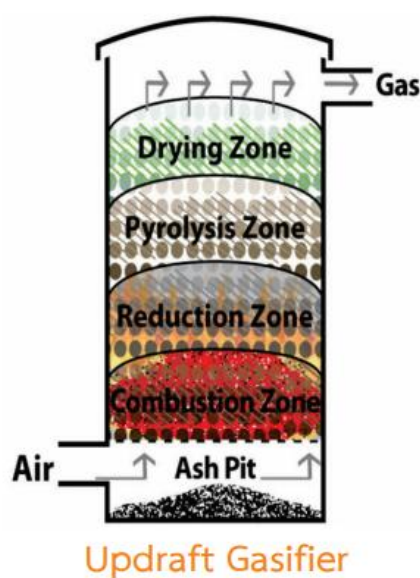


### ภาพประกอบ 9 เตาเผาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (Controlled-Air Incinerator)

ที่มา : คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน  
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

1. Updraft Gasifier เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของเครื่องและอากาศจะถูกส่งผ่านตะแกรงเข้ามาทางด้านล่างบริเวณเหนือตะแกรงขึ้นไปจะมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงขึ้น ซึ่งเรียกบริเวณนั้นว่า Combustion Zone เมื่ออากาศผ่านเข้าไปในบริเวณ Combustion Zone จะเกิดปฏิกิริยาขึ้นได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำก๊าซร้อนผ่านจาก Combustion Zone จะมีอุณหภูมิสูงและจะถูกส่งผ่านไปยัง Reduction Zone ซึ่งเป็นโซนที่มีปริมาณคาร์บอนมากเพียงพอที่จะก่อให้เกิดปฏิกิริยากับคาร์บอนออกไซด์ และน้ำ เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์และไฮโดรเจน หลังจากนั้นก๊าซที่ได้จะไหลเข้าสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในชั้นของเชื้อเพลิง และกลั่นสลายในช่วงอุณหภูมิ 200 - 500 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นก๊าซก็จะไหลเข้าสู่ชั้นของเชื้อเพลิงที่ขึ้น เนื่องจากก๊าซยังคงมีอุณหภูมิสูงอยู่ จึงไประเหยน้ำที่อยู่ในเชื้อเพลิงเหล่านั้น ทำให้ก๊าซ ที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์มีอุณหภูมิต่ำลง สาร

ระเหยและน้ำมันทาร์ที่เกิดขึ้นในช่วงการกลั่นสลายจะติดออกไปกับก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้น ดังนั้นก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft gasifier จะมีปริมาณของน้ำมันทาร์มาก บางครั้งอาจ มีมากถึง ร้อยละ 20 ของน้ำมันทาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิส ซิวมวลของก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบนี้ มีอุณหภูมิไม่สูงนักและมีปริมาณสารไฮโดรคาร์บอน และน้ำมันทาร์มากทำให้มีค่าความร้อนมาก จำเป็นต้องมีหน่วยทำความ สะอาดก๊าซเชื้อเพลิง ก่อนนำเชื้อเพลิงไปหมუნกัณฑ์ก๊าซ ข้อดีหลักของเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft gasifier คือ การติดตั้งง่ายและมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง

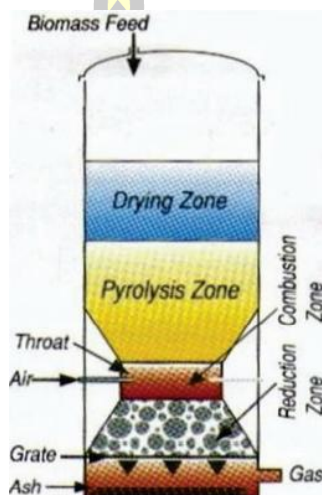


ภาพประกอบ 10 Updraft Gasifier

ที่มา : คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน  
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

2. Downdraft Gasifier เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier แบบนี้ออกมาเพื่อขจัดน้ำมันทาร์ในก๊าซเชื้อเพลิงโดยเฉพาะ อากาศจะถูกดูดผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่างผ่านกลุ่มของหัวฉีด เรียกว่า Tuyers บริเวณหัวฉีดจะเป็นบริเวณโซน Combustion ก๊าซที่ได้จากโซน Combustion จะถูก Reduced ในขณะที่ไหลลง ด้านล่างและผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อนซึ่งอยู่เหนือตะแกรงเล็กน้อย ขณะเดียวกันในชั้นของเชื้อเพลิงที่อยู่ทางด้านบนของโซน Combustion จะมีปริมาณออกซิเจนน้อยมากทำให้เกิดการกลั่นสลาย และน้ำมันทาร์ ที่เกิดจากการกลั่นสลายจะไหลผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อน ทำให้น้ำมันทาร์เกิดการแตกตัวเป็นก๊าซ ซึ่งการแตกตัวที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิคงที่ในช่วงระหว่าง 800 ถึง 1,000 ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาดูดความร้อนจะทำให้ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซที่ผ่านโซน Combustion จะมีส่วนประกอบของน้ำมันทาร์ลดลงเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10 ของน้ำมัน

ทาร์ที่ได้จาก Updraft gasifier และก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะสะอาดกว่า การผลิตก๊าซเชื้อเพลิง โดยเครื่องปฏิกรณ์แบบ Downdraft Gasifier นี้ง่ายและมีความน่าเชื่อถือสำหรับเชื้อเพลิงแห้งที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 30 เนื่องจากว่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้มีปริมาณน้ำมันทาร์ต่ำ เครื่องปฏิกรณ์แบบ Downdraft Gasifier จึงเหมาะกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กและมีเครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีขนาดกำลังการผลิตไม่เกิน 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพประกอบ 11 Downdraft Gasifier

ที่มา : คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน  
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

3. Fluid Bed Gasifier การทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ที่กล่าวมาข้างต้น จะเกิด Slag มากเกินไป จึงก่อให้เกิดการอุดตันในเครื่องปฏิกรณ์บ่อยครั้ง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนา เครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid bed gasifier ขึ้น เครื่องปฏิกรณ์รูปแบบนี้ อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิง เมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านให้สูงจนกระทั่งทำให้เชื้อเพลิงที่วางอยู่เริ่มลอยตัวขึ้น มีลักษณะเหมือนของไหล ภายในเครื่องปฏิกรณ์จะใส่วัสดุเฉื่อย (Inert material) ซึ่งอาจจะเป็น ทราย อลูมินา หรือออกไซด์ ของโลหะที่ทนความร้อนสูงและไม่เกิดการหลอมรวมตัวกันโดยมีแผ่นที่เจาะรูมารองรับตัวกลางเหล่านี้ ที่ตอนล่างของเครื่องปฏิกรณ์แผ่นที่เจาะรูนี้จะช่วยทำให้เกิดการกระจายตัวแบบฟลูอิดไดเซชันอย่างทั่วถึงการผ่านของอากาศหรือออกซิเจนที่เข้าสู่ตอนล่างของแผ่นรองรับ ซึ่งความเร็วของอากาศหรือออกซิเจนที่ผ่านเข้าไปต้องมีค่าที่เหมาะสมที่ทำให้ตัวกลางมีสภาพแขวนลอย (Suspension) โดยปกติเชื้อเพลิงจะถูกเปลี่ยน ให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงภายในเขต ปฏิกริยา Gasification อาจเกิดขึ้นที่ส่วนที่เป็นที่ว่างเหนือเขต หรือที่เรียกว่า Freeboard โดยปฏิกริยาของอนุภาค

เชื้อเพลิงเล็กๆ ที่ปลิวหลุดออกมาจากเบตหรือเป็นปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยความร้อนของน้ำมันทาร์ ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier จะมีปริมาณน้ำมันทาร์อยู่ระหว่างเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft gasifier และ Downdraft Gasifier ปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นกับเครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier คือการสูญเสียสภาพฟลูอิดเซชันเนื่องจากโลหะอัลคาไลน์ จากเถ้าของเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้น เช่น โซเดียมคาร์บอเนต โพแทสเซียมคาร์บอเนต จะรวมตัวกับ ซิลิกาในทราย ที่เป็นตัวกลาง ทำให้เกิดเป็นสารประกอบที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ ทำให้ตัวกลางหลอมรวมกันสูญเสียสภาพ ฟลูอิดเซชันไป อย่างไรก็ตามการสูญเสียคาร์บอนที่ติดไปกับเถ้าอาจมาก ทำให้เครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier ไม่คุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ สำหรับการใช้งานขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังทำให้ค่าใช้จ่ายดำเนินงานสูงขึ้น



ภาพประกอบ 12 Fluid Bed Gasifier

ที่มา : คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน  
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

เครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier มีข้อดี คือ มีการผสมที่ปั่นป่วนมาก ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและการถ่านเทมวอลมีค่าสูง ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงและสามารถควบคุมอุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์ได้ค่อนข้างง่าย ข้อเสียคือก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีปริมาณเถ้าและถ่านชาร์ออกมาด้วย เนื่องจากความเร็วของอากาศภายในเครื่องปฏิกรณ์มีค่าสูงจึงต้องนำ Cyclone มาใช้กับระบบด้วย

4. Circulating fluid bed gasifier เครื่องปฏิกรณ์แบบ Circulating Fluid Bed Gasifier เป็นการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ Carbon conversion โดยอนุภาคเชื้อเพลิงจะถูกรีไซเคิลกลับมายังเบต โดยความเร็วในการฟลูอิดเซชันจะต้องสูงพอที่จะทำให้อนุภาคลอยในปริมาณมาก

5. Entrained Bed Gasifier ในเครื่องปฏิกรณ์แบบ Entrained Bed Gasifier จะไม่มี Inert แต่เชื้อเพลิงที่ใช้ต้องลดขนาดให้เล็กมาก โดยปกติเครื่องปฏิกรณ์แบบนี้จะเดินเครื่องที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,200 - 1,500 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นกับว่าจะใช้อากาศหรือออกซิเจน ก๊าซเชื้อเพลิงที่จะได้รับจะมีปริมาณน้ำมันทาร์และสารไฮโดรคาร์บอนต่ำกว่า อย่างไรก็ตามเนื่องจากต้องเดินเครื่องที่อุณหภูมิสูง จึงมีปัญหาในเรื่องการเลือกวัสดุและปัญหาเรื่องการรวมตัวของเถ้า ในเครื่องปฏิกรณ์แบบ Entrained Bed Gasifier จะให้ค่า Carbon conversion สูงถึงร้อยละ 100 อีกทั้งยังมีการใช้งานสำหรับผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอยชุมชน

#### 6. Comparison of Pressurized and Atmospheric Operation

##### 6.1 เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier แบบอัดความดัน มีลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

6.1.1 ระบบป้อนเชื้อเพลิงยุ่งยากและแพง นอกจากนี้ยังต้องการก๊าซเฉื่อยมากในการ Purging

6.1.2 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนครั้งแรก จะสูงกว่าเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier ที่ความดันอากาศ โดยระบบ Pressurized Gasifier จะแพงกว่า Atmospheric Gasification ถึง 4 เท่า สำหรับเครื่องที่มีกำลังต่ำกว่า 20 Mwe แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่าและพบว่าสำหรับเครื่องที่มีกำลังสูงกว่า 50 Mwe ระบบ Pressurized Gasifier จะคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าระบบ Atmospheric Gasification

6.1.3 ก๊าซเชื้อเพลิงจะถูกป้อนไปยังกังหันก๊าซที่ภาวะ อัดความดัน จึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มความดันให้กับก๊าซเชื้อเพลิงเหมือนกรณีของระบบ Atmospheric Gasification

6.1.4 ประสิทธิภาพรวมของระบบจะสูงกว่าระบบ Atmospheric Gasification

6.1.5 ระบบทำความสะอาดก๊าซ เชื้อเพลิงปกติจะให้ระบบ Mechanical Filter ซึ่งสามารถลดการสูญเสียพลังงานทางความร้อนและความดันได้ นอกจากนี้เป็นหลักการที่ง่ายและถูกกว่าระบบ Scrubbing

##### 6.2 เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier ที่มีความดันบรรยากาศมีลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

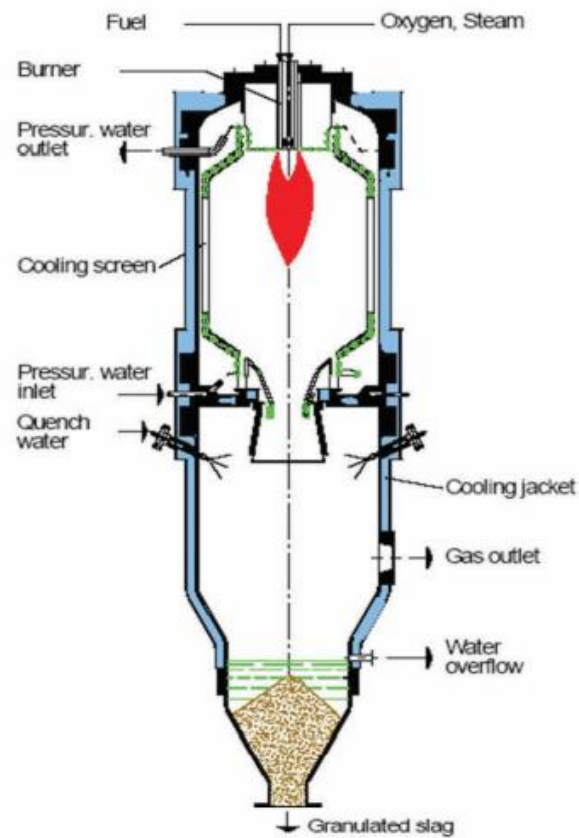
6.2.1 สำหรับการใช้งานในกังหันก๊าซจำเป็นต้องทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงและอัดความดันก่อนเข้ากังหัน สำหรับการใช้งานในเครื่องไม่จำเป็นต้องอัดความดัน

6.2.2 ระบบ Atmospheric Gasification มีศักยภาพในกรณีที่ใช้งานที่กำลังต่ำกว่า 30 Mwe เนื่องจาก Capital Cost ต่ำกว่าระบบ Pressurized Gasifier มาก

การเลือกชนิดเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier ขึ้นอยู่กับขนาดกำลังไฟฟ้าที่ผลิต ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้ จะขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องปฏิกรณ์และออกซิเจนที่ใช้ในทฤษฎีจะคิดว่า น้ำมันทาร์ สารไฮโดรคาร์บอน และถ่านชาร์ จะเปลี่ยนเป็นก๊าซเชื้อเพลิงทั้งหมดอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามชนิดและรูปแบบของ

เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier สามารถทำปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์ได้ ซึ่งระดับของการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับรูปร่าง และรูปร่างลักษณะของเตาปฏิกรณ์ด้วย ขนาดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตและชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier ที่เหมาะสมแสดงดังต่อไปนี้

- Updraft : 20 kW ถึง 1 MW
- Downdraft : 1 ถึง 15 MW
- Bubbling fluidized bed : 2 ถึง 50 MW
- Circumsting fluidized bed : 10 ถึง 120 MW
- Pressurized fluidized bed : 80 ถึง 500 MW



ภาพประกอบ 13 Comparison of Pressurized and Atmospheric Operation

ที่มา : คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน  
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

#### 2.4 การวิเคราะห์ต้นทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ เป็นการพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุน และผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ ซึ่งผลการศึกษาคั้งนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการ

ประกอบการตัดสินใจว่าการลงทุนในโครงการจะคุ้มค่าหรือไม่นั้น จำเป็นจะต้องอาศัยเกณฑ์การตัดสินใจ เพื่อการลงทุน โดยเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนสามารถทำได้โดยอาศัยเครื่องมือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value , NPV)

#### 2.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ผลต่างระหว่าง มูลค่าปัจจุบันในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไป ตลอดระยะเวลาโครงการ ณ อัตราคิดลดที่กำหนดที่กำหนด การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิต้องทราบข้อมูลของ กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ กระแสเงินสดรับสุทธิ รายปีตลอดอายุโครงการ ระยะเวลาของโครงการ และอัตราคิดลด โดยคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ สามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + r)^n}$$

โดยที่ NPV หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

$C_0$  หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการลงทุนแรกเริ่ม

$B_t$  หมายถึง กระแสเงินสดรับสุทธิจากโครงการในปีที่ t

t หมายถึง ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง t

n หมายถึง อายุของโครงการ

r หมายถึง อัตราคิดลดที่เหมาะสมหรืออัตราดอกเบี้ย

การเลือกใช้อัตราคิดลดที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ ตามแนวทางเศรษฐศาสตร์ คือ การใช้ค่าเสียโอกาสของการใช้ปัจจัยทุน กล่าวคือ มูลค่าของผลตอบแทนของปัจจัยทุนที่เสียไปจากการเลือกทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนั้นค่าเสียโอกาสของต้นทุนที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการที่เหมาะสมคือ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ซึ่งเป็นผลตอบแทนที่ได้รับจากการให้กู้

#### 2.4.2 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

จำนวนปีที่ได้รับเงินลงทุนแรกเริ่มของโครงการกลับคืนมาหรืออีกนัยหนึ่งคือ กระแสเงินสดสะสมของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

โดยทั่วไปแล้วระยะเวลาคืนทุนใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจเพื่อชี้ให้เห็นสภาพคล่องของโครงการเท่านั้น เพราะไม่ได้มีการคำนึงถึงมูลค่าของเงินตามระยะเวลา ระหว่างระยะเวลาคืนทุน กระแสเงินสดที่ได้รับเข้ามาในช่วงต้น และกระแสเงินสดที่ได้รับช่วงหลัง เนื่องจากลดความเสี่ยงของ

การเปลี่ยนแปลงด้าน ต่าง ๆ ในแง่ของเวลา เช่น นโยบายทางการเมือง สิ่งแวดล้อมเศรษฐกิจ เทคโนโลยีที่มีการปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลา

## 2.5 คาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมต่าง ๆ โดยคำนวณออกมาในรูปของ คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ประเภทของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ มีดังนี้

1. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมนุษย์ เป็นคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกี่ยวกับกิจกรรมในชีวิตประจำวัน การเดินทาง การรับประทานอาหาร การใช้ชีวิตที่บ้านและที่ทำงาน ประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 5.3 - 5.5 ตันคาร์บอนต่อคนต่อปี

2. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากผลิตภัณฑ์ แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิต เริ่มตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน จนถึงการจัดการซากหลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของน้ำหนักคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

3. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมต่าง ๆ ในองค์กร การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สามารถทำได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Co}_2 \text{ emission} = \text{Activity data} \times \text{Emission factor}$$

โดยที่  $\text{Co}_2$  emission คือ ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Activity data คือ ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Emission factor คือ ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity data ให้เป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

## 2.6 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) เป็นค่าที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย โดยจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมและเทคโนโลยีของแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเทศ อาจมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเงื่อนไขเฉพาะของกิจกรรมนั้น ๆ เรียกว่า ค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (Country specific emission factor) ซึ่งได้มาจากการตรวจวัดจริงหรือการทดลอง

ข้อแนะนำในการเลือกใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ให้พิจารณา ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ โดยเรียงลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย

ลำดับที่ 2 ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทย ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (peer-reviewed publications)

ลำดับที่ 3 ฐานข้อมูลที่เคยแพร่ทั่วไป ได้แก่ LCA Software, ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม, ฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ

ลำดับที่ 4 ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น IPCC สหประชาชาติ

## 2.7 ค่าความร้อนขั้นสูง (Higher Heating Value: HHV)

การนำชีวมวลหนัก 1 กิโลกรัม มากำจัดน้ำออกให้หมดจากนั้นนำมาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้ คือค่าความร้อนขั้นสูงต่อกิโลกรัม ค่า HHV ของขยะมูลฝอย สามารถหาได้จากการคำนวณ จากองค์ประกอบของธาตุหลัก ซึ่งได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) กำมะถัน (S) และเถ้า โดยคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$HHV = (80.60C) + 339.10 \left( H - \frac{O}{8} \right) + (5.56N) + 22.2S$$

## 2.8 ค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower Heating Value: LHV)

การนำชีวมวลในสภาพปกติ (ที่มีความชื้น) หนัก 1 กิโลกรัม มาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้ คือค่าความร้อนขั้นต่ำต่อกิโลกรัม หรือสามารถคำนวณค่า LHV ได้ จากสมการต่อไปนี้

$$LHV = HHV - 5.72(9H + M)$$

## 2.9 กลุ่มจังหวัด

กลุ่มจังหวัด ถูกนำมาใช้ภายใต้แนวคิดการบริหารงานแบบบูรณาการ ที่กำหนดให้มีการรวมกลุ่มจังหวัดที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงในด้านต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งจะช่วยให้การวางกรอบทิศทาง การพัฒนาและการใช้ประโยชน์ในทรัพยากรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนร่วมกันแก้ไขปัญหา ระหว่างจังหวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ การสร้างโอกาสและส่งเสริมให้เกิดการมีส่วนร่วมระหว่างภาครัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ภาคธุรกิจเอกชน และภาคประชาสังคมในจังหวัด เพื่อเสริมสร้างศักยภาพในการแข่งขันและการแก้ไขปัญหา ร่วมกันเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน การกระจายอำนาจการตัดสินใจลงไปสู่ระดับผู้ปฏิบัติ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการปฏิบัติราชการ การบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี มีความโปร่งใส และมีการตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ของการปฏิบัติราชการ และการบริหารงบประมาณจังหวัดให้เป็นไปตามวิธีการบริหารงบประมาณจังหวัดแบบบูรณาการ ตามหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติตามที่คณะกรรมการนโยบายการบริหารงานจังหวัดและกลุ่มจังหวัดแบบบูรณาการ กำหนดตามข้อเสนอแนะของสำนักงานงบประมาณ

ปัจจุบันรูปแบบการจัดกลุ่มจังหวัดแบ่งออกเป็น 6 ภาค 18 กลุ่มจังหวัด คือ ภาคกลาง ภาคใต้ ภาคใต้ชายแดน ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ดังนี้

### 1. ภาคกลาง

1.1 กลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน ประกอบด้วย จังหวัดชัยนาท จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดลพบุรี จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดสระบุรี และจังหวัดอ่างทอง โดยให้จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

1.2 กลุ่มจังหวัดภาคกลางปริมณฑล ประกอบด้วย จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดนครปฐม และจังหวัดสมุทรปราการ โดยให้จังหวัดนครปฐมเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

1.3 กลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนล่าง 1 ประกอบด้วย จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสุพรรณบุรี โดยให้จังหวัดราชบุรีเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

1.4 กลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนล่าง 2 ประกอบด้วย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดสมุทรสงคราม และจังหวัดสมุทรสาคร โดยให้จังหวัดเพชรบุรีเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

## 2. ภาคใต้

2.1 กลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย ประกอบด้วย จังหวัดชุมพร จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดพัทลุง จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดสงขลา โดยให้จังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

2.2 กลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งอันดามัน ประกอบด้วย จังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง จังหวัดพังงา จังหวัดภูเก็ต จังหวัดระนอง และจังหวัดสตูล โดยให้จังหวัดภูเก็ตเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

## 3. ภาคใต้ชายแดน

3.1 กลุ่มจังหวัดภาคใต้ชายแดน ประกอบด้วย จังหวัดนราธิวาส จังหวัดปัตตานี และจังหวัดยะลา โดยให้จังหวัดยะลาเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

## 4. ภาคตะวันออก

4.1 กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออก 1 ประกอบด้วย จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง โดยให้จังหวัดชลบุรีเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

4.2 กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออก 2 ประกอบด้วย จังหวัดจันทบุรี จังหวัดตราด จังหวัดนครนายก จังหวัดปราจีนบุรี และจังหวัดสระแก้ว โดยให้จังหวัดปราจีนบุรีเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

## 5. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

5.1 กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 1 ประกอบด้วย จังหวัดเลย จังหวัดหนองคาย จังหวัดบึงกาฬ จังหวัดหนองบัวลำภู และจังหวัดอุดรธานี โดยให้จังหวัดอุดรธานีเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

5.2 กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 2 ประกอบด้วย จังหวัดนครพนม จังหวัดมุกดาหาร และจังหวัดสกลนคร โดยให้จังหวัดสกลนครเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

5.3 กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง ประกอบด้วย จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดร้อยเอ็ด โดยให้จังหวัดขอนแก่นเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

5.4 กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 1 ประกอบด้วย จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ โดยให้จังหวัดนครราชสีมาเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

5.5 กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 ประกอบด้วย จังหวัดยโสธร จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดอำนาจเจริญ และจังหวัดอุบลราชธานี โดยให้จังหวัดอุบลราชธานีเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

## 6. ภาคเหนือ

6.1 กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 1 ประกอบด้วย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน โดยให้จังหวัดเชียงใหม่เป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

6.2 กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 ประกอบด้วย จังหวัดเชียงราย จังหวัดน่าน จังหวัดพะเยา และจังหวัดแพร่ โดยให้จังหวัดเชียงรายเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

6.3 กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 1 ประกอบด้วย จังหวัดตาก จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดสุโขทัย และจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยให้จังหวัดพิษณุโลกเป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

6.4 กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 2 ประกอบด้วย จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร และจังหวัดอุทัยธานี โดยให้จังหวัดนครสวรรค์เป็นศูนย์ปฏิบัติการของกลุ่มจังหวัด

## 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มูลนิธิเพื่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและพลังงาน (2550 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ขยะชุมชนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า Feasibility Study of Municipal Solid Wastes for Electricity Generation จากงานวิจัยกล่าวว่าเนื่องจากขยะชุมชน แตกต่างเชื้อเพลิงชีวมวลอื่น ๆ โดยมีองค์ประกอบที่ซับซ้อนทั้งในส่วนที่มีความชื้นสูง เช่น สารอินทรีย์ประเภทเศษอาหาร และส่วนที่มีค่าความร้อนมาก เช่น พลาสติก โฟม กระดาษ ทำให้การ นำขยะชุมชนมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าต้องมีกระบวนการเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมกับ วิธีการ เช่นการใช้ระบบผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับส่วนที่เป็นเศษอาหารหรือสารอินทรีย์ที่มีความชื้นสูง หรือการใช้วิธีเผาที่เหมาะสมสำหรับขยะชุมชนส่วนที่มีความร้อนมาก แต่การที่ทั้งสององค์ประกอบหลัก ทั้งสองส่วนปะปนกันทำให้ในการนำขยะชุมชนมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าจึงยังคงเป็นเรื่องที่ยังยากมี ต้นทุนสูงและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก ดังนั้นแม้ว่าขยะชุมชนจะมีศักยภาพที่จะใช้ในการผลิต กระแสไฟฟ้าทดแทนเชื้อเพลิงประเภทอื่น ๆ แต่การนำมาใช้ต้องมีกระบวนการจัดการวิธีหรือ เทคโนโลยีที่เหมาะสม

อรทัย วรรณวิสันต์ (2552 : บทคัดย่อ) ได้วิเคราะห์ความเป็นไปได้โครงการลงทุนผลิตก๊าซ ชีวภาพจากมูลสัตว์ โดยการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพแล้ว นำมาเปรียบเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง เพื่อหาผลตอบแทนของโครงการ เมื่อเปรียบเทียบกับ ต้นทุนสร้างบ่อ และต้นทุนดำเนินงานต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และการวิเคราะห์เชิง พรรณนาโดยการอธิบายตัวเลขที่ได้ว่ามีผลเป็นอย่างไร โดยพิจารณาจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิของ โครงการ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB) จากผล การศึกษาพบว่าในปีแรกมีการลงทุนของเงินทุนค่อนข้างสูงถึง 5,200,000 บาท เนื่องจากต้องลงทุนใน การสร้างระบบบ่อเก็บก๊าซชีวภาพที่ต้องติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก่อน และต้องมีค่าใช้จ่ายในการ ทดสอบระบบบ่อ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าจะได้ระบบที่สมบูรณ์ ดังนั้น จากการคำนวณพบว่า ณ อัตราคิดลด (ต้นทุนของเงินทุน) ที่ 8.45% ได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 2,324,303 บาท อัตราผลตอบแทนในโครงการ (IRR) เท่ากับ 16% และมีระยะคืนทุน (PB) เท่ากับ 5.3 ปี โครงการจึง จะเหมาะกับการลงทุนและมีความคุ้มค่าต่อการฟื้นฟูสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมได้

ชญาณี ใช้สงวน (2555 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการจำลองกระบวนการไพโรไลซิสก๊าซซีพีเคชั่นเพื่อการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชน โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจำลองกระบวนการไพโรไลซิส/ก๊าซซีพีเคชั่นเพื่อการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชน โดยใช้โปรแกรมจำลองทางวิศวกรรมเคมี Aspen Plus® ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของโรงไฟฟ้าขยะมูลฝอย ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการในการทำการวิเคราะห์ คือ กระบวนการลดความชื้น การเปลี่ยนสภาพขยะมูลฝอยด้วยความร้อน ระบบผลิตไอน้ำ ระบบน้ำหล่อเย็นแบบปิด ที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ และการทำความสะอาดก๊าซเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการที่สภาวะการดำเนินงานที่แตกต่างกันโดยผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการจำลองกระบวนการไพโรไลซิส/ก๊าซซีพีเคชั่นเปรียบเทียบกับกระบวนการเผาไหม้โดยตรง ในการศึกษาผล ของความชื้นที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบพบว่า ที่อัตราการป้อนขยะ (Wet Waste) 42 ตันต่อชั่วโมง ปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 50 โดยมวล กระบวนการไพโรไลซิส/ก๊าซซีพีเคชั่นให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงกว่ากระบวนการเผาไหม้โดยตรง และการนำขยะมาลดความชื้นก่อนป้อนเข้าสู่กระบวนการทางความร้อนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า ส่วนที่ 2 เป็นการจำลองกระบวนการไพโรไลซิส/ก๊าซซีพีเคชั่นเมื่อต้องการคงขยะที่ยังมีความชื้น (Waste with Moisture) ก่อนเข้าสู่กระบวนการ ไพโรไลซิสคงที่ 28 ตันต่อชั่วโมง พบว่าเมื่อลดความชื้นของขยะอัตราการป้อนอากาศในห้องเผาไหม้จะเพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) (2554 : คำนำ) คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทนที่ได้จัดทำขึ้นนี้จะ เป็นคู่มือที่จะช่วยให้ผู้สนใจทราบถึงเป้าหมายของแผนพัฒนาพลังงานทดแทน รวมทั้งมีความเข้าใจในแนวทางการพัฒนาพลังงานทดแทน มาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล อาทิ การพิจารณาถึงศักยภาพ โอกาสและความสามารถในการจัดหาแหล่งพลังงานหรือวัตถุดิบ ลักษณะการทำงาน และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่โดยทั่วไป ข้อดีและข้อเสียเฉพาะของแต่ละเทคโนโลยี การจัดหาแหล่งเงินทุน กฎระเบียบและมาตรการ ส่งเสริมสนับสนุนต่าง ๆ ของภาครัฐ ขั้นตอนปฏิบัติในการติดต่อหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นเอกสารที่จะช่วยสร้างความเข้าใจในลักษณะเฉพาะของเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนชนิดต่าง ๆ ทั้งการผลิตไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ไปยังกลุ่มเป้าหมายตามความต้องการของกระทรวงพลังงานต่อไป

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) (2558 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) บทความนี้จะนำเสนอผลการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนผลิตพลังงานจากขยะโดยใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะเพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งเป็นเทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะที่ พิสูจน์แล้วมาเป็นระยะเวลาานาน และประสบความสำเร็จในการนำมาใช้งานในประเทศไทย โดยมี เนื้อหาที่จะนำเสนอประกอบด้วย หลักเกณฑ์ในการพิจารณาความเป็นไปได้ของโครงการเตาเผาขยะ เพื่อผลิตไฟฟ้า เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับพิจารณาโครงการในเบื้องต้นของผู้ทำการตัดสินใจพิจารณา ทางด้านเทคนิคในการวางแผนดำเนินโครงการเพื่อประมาณราคาและการวิเคราะห์ความเหมาะสม ทางด้านการเงินของโครงการ ตลอดจนการวิเคราะห์พื้นที่ที่ต่อองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีความ เป็นไปได้ในการนำผลการศึกษาไปพิจารณาปรับใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป

พิมพ์พรรณ กาเยนนท์ (2559 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนและ ผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา งานวิจัยนี้จะ นำเสนอผลการศึกษาค่าวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และเพื่อศึกษาเครื่องมือในการดำเนินนโยบายของรัฐบาลเพื่อ สนับสนุนโครงการการรับซื้อไฟฟ้า และเพื่อศึกษาผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้า ในส่วนการคำนวณต้นทุน และผลประโยชน์ของครัวเรือน ที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้า ผู้วิจัยอาศัยเครื่องมือ 2 ประการ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และการ วิเคราะห์ค่าความไว ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ต่อยอดผลการศึกษาจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาข้อมูลในการ ดำเนินนโยบายของรัฐบาล เพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้า และการศึกษาผลประโยชน์ทาง สิ่งแวดล้อมที่ได้รับจากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยอาศัยเครื่องมือ 2 ประการ ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุนทางพลังงาน และอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

พูน ปลูก โท ชเว

อังสนา พจนศิริ (2559 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก การศึกษาวิจัยครั้งนี้พิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาระหว่างสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) และระบบโดดเดี่ยว (Off grid system) โดยศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินและทางด้านเศรษฐศาสตร์ ในโกดังเก็บสินค้ากรณีศึกษาซึ่งตัวชี้วัดที่ใช้คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback period) การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการในครั้งนี้มีระยะเวลาของโครงการ 25 ปี ตามอายุของเซลล์แสงอาทิตย์ จากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินด้วยอัตราดอกเบี้ย 6.75% พบว่าโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ระบบสายส่งการไฟฟ้า (On grid system) มีค่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็น 1,694,317.16 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็น 13% และระยะเวลาคืนทุน (Payback period) อยู่ที่ 7.23 ปี ส่วนระบบแบบโดดเดี่ยว (Off grid system) พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็น 324,704.04 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็น -8% และระยะเวลาคืนทุน (Payback period) อยู่ที่ 8.05 ปี จึงสรุปได้ว่ากรณีระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) มีความเป็นไปได้ที่จะลงทุนถ้าเทียบกับระบบแบบโดดเดี่ยว (Off grid system)

พัฒนสรณ์ ศรีไชย และ ยศกร บุญสิทธิ์ (2561 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กไฟฟ้าไดนามิกด้วยความร้อนจากการเผาขยะ งานวิจัยนี้จะนำเสนอผลการศึกษการผลิตไฟฟ้าจากการเผาขยะด้วยหลักการแม่เหล็กไฟฟ้าไดนามิก ตัวเครื่องต้นแบบประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือห้องเผาไหม้ ซึ่งเป็นส่วนที่เกิดความร้อนสูง อย่างน้อย 1,000 องศาเซลเซียส ส่วนที่ 2 คือส่วน ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กไฟฟ้าไดนามิก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกออกแบบไว้ 2 แบบ เพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 2 ขั้ว และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 6 ขั้ว หลักการทำงานของเครื่องเมื่อมีการเผาขยะจะได้รับความร้อนและนำความร้อนที่ได้ใช้เป็นพลังงานในการสร้างพลาสมาขึ้นมา เป็นต้นกำลังการผลิตให้ไหลผ่านสนามแม่เหล็กและเกิดเป็นพลังงานไฟฟ้า ผลการทดลองเปรียบเทียบการผลิตแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งสองแบบพบว่า เมื่อเผาขยะที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะได้แรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามทั้งสองแบบ โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 2 ขั้วผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ประมาณ 3 โวลต์ ที่ 800 องศาเซลเซียส ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 6 ขั้ว สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ประมาณ 0.8 โวลต์ ที่ 800 องศาเซลเซียส ในสภาวะไม่ต่อโหลดผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 2 ขั้ว สามารถผลิตแรงดันได้มากกว่าแบบ 6 ขั้ว

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลธิศ เอี่ยมวรวิบูลย์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต มณีศรี, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนภัทร พรหมวัฒน์ภักดี และวัฒนา เจนการ (2560 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาแนวทางการประเมินค่าดัชนีพลังงานจำเพาะสำหรับกระบวนการขนส่ง โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณเชื้อเพลิงกับค่าระยะทาง หรือ ปริมาณเชื้อเพลิงกับค่าระยะทาง - ภาวะบรรทุกเฉลี่ย ซึ่งในทางปฏิบัติสามารถประเมินจากผลคูณของระยะทางเดินรถ และค่าน้ำหนักบรรทุกเฉลี่ยตลอดระยะทางขนส่ง โดยการประมาณการ จากค่าร้อยละเฉลี่ยน้ำหนักบรรทุกของรถขนส่ง ที่สามารถคำนวณได้ทั้งรายคันและทั้งหมดขนส่ง โดยจะให้ค่าดัชนีพลังงานจำเพาะ ที่สามารถใช้ในการชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานหรือการบริหารจัดการในกระบวนการขนส่งได้อย่างเหมาะสม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) (2559 : คำนำ) ได้จัดทำรายงานการศึกษาและจัดทำข้อมูลการลงทุนโครงการพัฒนาการผลิตพลังงานจากขยะขึ้น โดยนำเสนอในสวนของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะ สถานภาพโครงการผลิตพลังงานจากขยะที่ประสบความสำเร็จ ศักยภาพการผลิตพลังงานจากขยะในแต่ละพื้นที่และตัวอย่างข้อมูลการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าจากขยะที่เหมาะสมกับเทคโนโลยีและปริมาณขยะในแต่ละพื้นที่ เพื่อให้ผู้ที่สนใจใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาตัดสินใจดำเนินโครงการผลิตพลังงานจากขยะ

สหรัฐ เสี่ยมวิบูล (2564 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานขยะมูลฝอยในเขตเมือง ยโสธร โดยการนำขยะมาแปรรูปเป็นพลังงาน ด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ และเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ในการลงทุน เป็นการศึกษาในรูปแบบเทคโนโลยีที่ใช้ในการกำจัดขยะ เพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าในการลงทุน จึงเลือกรูปแบบโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ ขนาด 1.5 MW ซึ่งมีกำลังการผลิต 5 ตันต่อชั่วโมง ต้นทุนที่ใช้ในการก่อสร้าง 269,702,250 บาท และค่าการดำเนินงานและบุคลากรตลอดอายุโครงการทั้งสิ้น 1,646,000 บาท และเทศบาลยโสธรจะมีรายได้ หลังหักภาษีจากการจำหน่ายไฟฟ้าตลอดอายุโครงการทั้งสิ้น 753,840,000 บาท ทั้งนี้ได้ประเมินความคุ้มค่า ในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานจากขยะมูลฝอย พบว่ามีมูลค่าปัจจุบันของโครงการ (NPV) เท่ากับ 54,407,335 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) เท่ากับ 13 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะเวลาคืนทุน (PB) เท่ากับ 7 ปี แสดงว่าโครงการโรงสร้างไฟฟ้าพลังงานจากขยะมูลฝอย มีความน่าลงทุนในโครงการ

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนในโรงไฟฟ้าพลังงานจากขยะสำหรับกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 โดย ผู้วิจัยได้ใช้พื้นที่ของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 ซึ่งประกอบไปด้วย จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดอำนาจเจริญ จังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดยโสธร เป็นกรณีศึกษา เพื่อให้ทราบถึงวิธีการคิดต้นทุนผลประโยชน์ ระยะเวลาคืนทุน และประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดร็อกไซด์ ที่จะนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหาความมั่นคง ด้านพลังงานและการกำจัดขยะ เพื่อให้เกิดความยั่งยืนต่อไป ซึ่งมีการขั้นตอนการวิจัยดังนี้ เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และแนวทางการศึกษา

#### 3.1 เก็บรวบรวมข้อมูล

กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 มีขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นรวม 3,037 ตันต่อวัน แบ่งเป็น ขยะมูลฝอยที่ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ 1,612 ตันต่อวัน ขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดถูกต้อง 718 ตันต่อวัน และขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดไม่ถูกต้อง 707 ตันต่อวัน ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะมูลฝอยส่งผลให้ไม่สามารถกำจัดได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ส่งผลให้มีขยะมูลฝอยตกค้างสะสมมากถึง 132,464 ตัน ตามรายงานข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของจังหวัด ปี 2566 ของกรมควบคุมมลพิษ



ภาพประกอบ 14 จุดรวมขยะแรกของสถานที่ฝังกลบมูลฝอยและกำจัดสิ่งปฏิกูล  
เทศบาลเมืองยโสธร จังหวัดยโสธร



ภาพประกอบ 15 ขั้นตอนการคัดแยกขยะที่ขายได้ของสถานที่ฝังกลบมูลฝอยและกำจัดสิ่งปฏิกูล  
เทศบาลเมืองยโสธร จังหวัดยโสธร

ตาราง 3 ตารางแสดงปริมาณขยะมูลฝอย รายจังหวัดของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ  
ตอนล่าง 2 (จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดอำนาจเจริญ จังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดยโสธร) ในปี พ.ศ.  
2566

จังหวัด	ขยะมูลฝอยที่ เกิดขึ้น (ตัน/วัน)	ขยะมูลฝอยที่ถูก นำกลับมาใช้ ประโยชน์ (ตัน/วัน)	ขยะมูลฝอยที่ถูก กำจัดถูกต้อง (ตัน/วัน)	ขยะมูลฝอยที่ ถูกกำจัดไม่ ถูกต้อง (ตัน/วัน)	ขยะมูลฝอย ที่ตกค้าง (ตัน)
ยโสธร	436	219	76	141	168
อำนาจเจริญ	223	120	40	63	60,000
อุบลราชธานี	1,514	796	422	296	56,273
ศรีสะเกษ	864	477	180	207	16,023
รวม	3,037	1,612	718	707	132,464



ภาพประกอบ 16 หลุมฝังกลบที่ 3 ของสถานที่ฝังกลบมูลฝอยและกำจัดสิ่งปฏิกูล  
เทศบาลเมืองยโสธร จังหวัดยโสธร



ภาพประกอบ 17 บ่อกำจัดขยะ ขององค์การบริหารส่วนตำบลโพนทัน จังหวัดยโสธร

### 3.2 วิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลโครงการมีดังนี้

3.2.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือผลต่างระหว่าง มูลค่าปัจจุบันในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไป ตลอดระยะเวลาโครงการ ณ อัตราคิดลดที่กำหนดที่กำหนด การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิต้องทราบข้อมูลของ กระแสเงินสดจ่าย

ลงทุนสุทธิ กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ ระยะเวลาของโครงการ และอัตราคิดลด โดยคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^n}$$

โดยที่ NPV หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

$C_0$  หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการลงทุนแรกเริ่ม

$B_t$  หมายถึง กระแสเงินสดรับสุทธิจากโครงการในปีที่  $t$

$t$  หมายถึง ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  $t$

$n$  หมายถึง อายุของโครงการ

$r$  หมายถึง อัตราคิดลดที่เหมาะสมหรืออัตราดอกเบี้ย

การเลือกใช้อัตราคิดลดที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการตามแนวทางเศรษฐศาสตร์ คือ การใช้ค่าเสียโอกาสของการใช้ปัจจัยทุน กล่าวคือ มูลค่าของผลตอบแทนของปัจจัยทุนที่เสียไปจากการเลือกทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนั้นค่าเสียโอกาสของต้นทุนที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการที่เหมาะสมคือ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ซึ่งเป็นผลตอบแทนที่ได้รับจากการให้กู้

3.2.2 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) คือ จำนวนปีที่ได้รับเงินลงทุนแรกเริ่มของโครงการกลับคืนมาหรืออีกนัยหนึ่งคือ กระแสเงินสดสะสมของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

โดยทั่วไปแล้วระยะเวลาคืนทุนใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจเพื่อชี้ให้เห็นสภาพคล่องของโครงการเท่านั้น เพราะไม่ได้มีการคำนึงถึงมูลค่าของเงินตามระยะเวลา ระหว่างระยะเวลาคืนทุน กระแสเงินสดที่ได้รับเข้ามาในช่วงต้น และกระแสเงินสดที่ได้รับช่วงหลัง เนื่องจากลดความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ ในแง่ของเวลา เช่น นโยบายทางการเมือง สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ เทคโนโลยีที่มีการปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลา

3.2.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมต่าง ๆ โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรสามารถทำได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Co}_2 \text{ emission} = \text{Activity data} \times \text{Emission factor}$$

โดยที่  $\text{Co}_2$  emission คือ ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Activity data คือ ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Emission factor คือ ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity data ให้เป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.2.4 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) เป็นค่าที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย โดยจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมและเทคโนโลยีของแหล่งปล่อย ซึ่งงานวิจัยนี้ จะอ้างอิงค่า Emission Factor จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

3.2.5 ค่าความร้อนขั้นสูง (Higher Heating Value: HHV) หมายถึงการนำชีวมวลหนัก 1 กิโลกรัม มาทำให้น้ำออกให้หมดจากนั้นนำมาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้ คือค่าความร้อนขั้นสูงต่อกิโลกรัม ค่า HHV ของขยะมูลฝอย สามารถหาได้จากการคำนวณจากองค์ประกอบของธาตุหลัก ซึ่งได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) กำมะถัน (S) และเถ้า โดยคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$HHV = (80.60C) + 339.10 \left( H - \frac{O}{8} \right) + (5.56N) + 22.2S$$

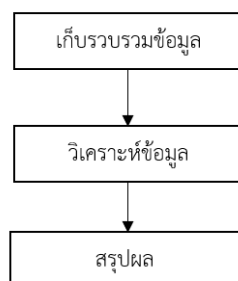
3.2.6 ค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower Heating Value: LHV) หมายถึงการนำชีวมวล ในสภาพปกติที่มีความชื้น หนัก 1 กิโลกรัม มาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้ คือค่าความร้อนขั้นต่ำต่อกิโลกรัม หรือสามารถคำนวณค่า LHV ได้ จากสมการต่อไปนี้

$$LHV = HHV - 5.72(9H + M)$$

### 3.3 แนวทางการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมดเป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) เป็นข้อมูลที่ถูกวิจัยไม่ได้ เก็บรวบรวมเอง แต่เป็นผู้อื่นหรือหน่วยงานอื่น ทำการเก็บรวบรวมไว้แล้ว ซึ่งข้อมูลอาจเป็นการสำรวจเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย บทความด้านวิชาการ แบบรายงานทางสถิติ หรือฐานข้อมูลจากบุคคลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยในกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2

กรอบแนวคิดการทำวิจัย



ภาพประกอบ 18 กรอบแนวคิดการทำวิจัย

### 3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล รายละเอียดดังนี้

- ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2
- องค์ประกอบของขยะที่เกิดขึ้นของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2
- เทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจากขยะ
- ราคาต้นทุนในการก่อสร้างเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจากขยะ
- ข้อมูลการจำหน่ายไฟฟ้า
- ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

### 3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล มี 3 ขั้นตอนดังนี้

- การวิเคราะห์หาค่าความร้อนของขยะมูลฝอยในพื้นที่ที่ทำการศึกษานี้ เพื่อใช้ในการเลือกเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจากขยะที่เหมาะสมกับพื้นที่
- การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลประโยชน์ของโครงการ ระยะเวลาคืนทุน เพื่อให้ทราบถึงวิธีการคิดต้นทุนเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุน
- การวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดร็อกไซด์ หาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหาการกำจัดขยะและปัญหาสิ่งแวดล้อม

### 3.3.3 การสรุปผล

สรุปผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดที่เกิดขึ้นจากการนำขยะมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าจากโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขยะ และเกิดแนวทางในการแก้ไขปัญหาความมั่นคง ด้านพลังงาน พร้อมทั้งแก้ปัญหาขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น ในพื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 ได้อย่างยั่งยืน



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดร็อกไซด์ เพื่อประกอบการตัดสินใจในการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผา ในพื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2

#### 4.1 การรวบรวมข้อมูลขยะมูลฝอย

จากรายงานข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของจังหวัด ปี 2566 ของกรมควบคุมมลพิษ พบว่ากลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 มีขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นรวม 3,037 ตันต่อวัน แบ่งเป็นขยะมูลฝอยที่ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ 1,612 ตันต่อวัน ขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดถูกต้อง 718 ตันต่อวัน และขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดไม่ถูกต้อง 707 ตันต่อวัน ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะมูลฝอยส่งผลให้ไม่สามารถกำจัดได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ส่งผลให้มีขยะมูลฝอยตกค้างสะสมมากถึง 132,464 ตัน

#### 4.2 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น

- 4.2.1 จังหวัดยโสธร มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 436 ตันต่อวัน
- 4.2.2 จังหวัดอำนาจเจริญ มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 223 ตันต่อวัน
- 4.2.3 จังหวัดอุบลราชธานี มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 1,514 ตันต่อวัน
- 4.2.4 จังหวัดศรีสะเกษ มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 864 ตันต่อวัน

#### 4.3 องค์ประกอบทางเคมีขยะมูลฝอย

ตาราง 4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยชุมชนโดยเฉลี่ย

องค์ประกอบ ขยะมูลฝอย	ร้อยละสัดส่วนโดยน้ำหนักแห้ง						รวม
	C	H	O	N	S	Ash	
เศษอาหาร ขยะอินทรีย์	48.0	6.4	32.6	2.6	0.4	10.0	100.0
กระดาษ	43.5	6.0	44.0	0.3	0.2	6.0	100.0
พลาสติกประเภทต่าง ๆ	60.0	7.2	22.8	0.0	0.0	10.0	100.0
ผ้า เศษผ้า	55.0	6.6	31.2	4.6	0.1	2.5	100.0
ยาง	78.0	10.0	0.0	2.0	0.0	10.0	100.0
เศษหญ้า ใบไม้	47.8	6.0	38.0	3.4	0.3	4.5	100.0
เศษไม้	49.5	6.0	42.7	0.2	0.1	1.5	100.0
แก้ว	0.5	0.1	0.4	0.1	0.0	98.9	100.0
โลหะ	4.8	0.6	4.5	0.1	0.0	90.5	100.0
ขยะอันตราย	26.3	3.0	2.0	0.5	0.2	68.0	100.0
อื่น ๆ	26.3	3.0	2.0	0.5	0.2	68.0	100.0

ที่มา : ส่วนควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ

ตาราง 5 แสดงร้อยละองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชนของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ  
ตอนล่าง 2

องค์ประกอบขยะ (ร้อยละ)	ยโสธร	อำนาจเจริญ	อุบลราชธานี	ศรีสะเกษ
เศษอาหาร ขยะอินทรีย์	43.31	36.65	37.15	38.95
กระดาษ	5.54	6.84	5.84	3.89
พลาสติกประเภทต่าง ๆ	28.43	25.34	41.61	29.88
ผ้า เศษผ้า	12.07	8.36	4.80	5.14
ยาง	0.62	0.31	0.40	0.49
เศษหญ้า ใบไม้	5.46	19.82	6.90	13.43
เศษไม้	1.07	0.34	0.47	0.59
แก้ว	2.81	1.75	1.93	7.44
โลหะ	0.62	0.59	0.41	0.19
ขยะอันตราย	0.00	0.00	0.04	0.00
อื่น ๆ	0.07	0.00	0.46	0.00

ที่มา : รายงานผลการศึกษา องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่  
รับผิดชอบสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 (อุบลราชธานี) ปี พ.ศ. 2564

#### 4.4 การคำนวณค่าความร้อนของขยะมูลฝอย

4.4.1 ค่าความร้อนขั้นสูง (Higher Heating Value: HHV) หมายถึงการนำชีวมวลหนัก 1 kg มากำจัดน้ำออกให้หมดจากนั้นนำมาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้ คือค่าความร้อนขั้นสูงต่อกิโลกรัม ค่า HHV ของขยะมูลฝอย สามารถหาได้จากการคำนวณจากองค์ประกอบของธาตุหลัก ซึ่งได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) กำมะถัน (S) และเถ้า โดยคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$HHV = (80.60C) + 339.10 \left( H - \frac{O}{8} \right) + (5.56N) + 22.2S$$

4.4.2 ค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower Heating Value: LHV) หมายถึงการนำชีวมวล ในสภาพปกติที่มีความชื้น หนัก 1 kg มาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้ คือค่าความร้อนขั้นต่ำต่อกิโลกรัม หรือสามารถคำนวณค่า LHV ได้ จากสมการต่อไปนี้

$$LHV = HHV - 5.72(9H + M)$$

การพิจารณาค่าความร้อนของขยะมูลฝอยที่เหมาะสมสำหรับกำจัดด้วยการเผา เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ควรจะมีค่าความร้อนขั้นต่ำ หรือ Lower Heating Value (LHV) เฉลี่ยประมาณ 1,670 Kcal/kg และต้องไม่ต่ำกว่า 1,440 Kcal/kg ในทุกฤดูกาล จากสมการข้างต้นจะสามารถคำนวณค่าความร้อนของขยะมูลฝอยรายจังหวัดดังแสดงในตาราง

ตาราง 6 ค่าความร้อนขยะมูลฝอยของจังหวัดยโสธร

องค์ประกอบ	ร้อยละ	น้ำหนักแห้ง (M=50)	ร้อยละสัดส่วนโดยน้ำหนักแห้ง					HHV (Kcal/kg)	
			C	H	O	N	S		Ash
เศษอาหาร ขยะอินทรีย์	43.31	21.655	10.394	1.386	7.060	0.563	0.087	2.166	1,013.572
กระดาษ	5.54	2.770	1.205	0.166	1.219	0.008	0.006	0.166	101.985
พลาสติกประเภทต่าง ๆ	28.43	14.215	8.529	1.023	3.241	0.000	0.000	1.422	897.121
ผ้า เศษผ้า	12.07	6.035	3.319	0.398	1.883	0.278	0.006	0.151	324.464
ยาง	0.62	0.310	0.242	0.031	0.000	0.006	0.000	0.031	30.036
เศษหญ้า ใบไม้	5.46	2.730	1.305	0.164	1.037	0.093	0.008	0.123	117.448
เศษไม้	1.07	0.535	0.265	0.032	0.228	0.001	0.001	0.008	22.565
แก้ว	2.81	1.405	0.007	0.001	0.006	0.001	0.000	1.390	0.812
โลหะ	0.62	0.310	0.015	0.002	0.014	0.000	0.000	0.281	1.240
ขยะอันตราย	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
อื่น ๆ	0.07	0.035	0.009	0.001	0.001	0.000	0.000	0.024	1.071
รวม			25.290	3.205	14.688	0.951	0.107	5.760	<b>2,510.313</b>
LHV (Kcal/kg)									<b>2,059.313</b>

\*คิดค่าความชื้นขยะที่ร้อยละ 50 โดยมวล

ตาราง 7 ค่าความร้อนขยะมูลฝอยของจังหวัดอำนาจเจริญ

องค์ประกอบ	ร้อยละ	น้ำหนักแห้ง (M=50)	ร้อยละสัดส่วนโดยน้ำหนักแห้ง					HHV (Kcal/kg)	
			C	H	O	N	S		Ash
เศษอาหาร ขยะอินทรีย์	36.65	18.325	8.796	1.173	5.974	0.476	0.073	1.833	857.7096
กระดาษ	6.84	3.420	1.488	0.205	1.505	0.010	0.007	0.205	125.9161
พลาสติกประเภทต่าง ๆ	25.34	12.670	7.602	0.912	2.889	0.000	0.000	1.267	799.6145
ผ้า เศษผ้า	8.36	4.180	2.299	0.276	1.304	0.192	0.004	0.105	224.7321
ยาง	0.31	0.155	0.121	0.016	0.000	0.003	0.000	0.016	15.0178
เศษหญ้า ใบไม้	19.82	9.910	4.737	0.595	3.766	0.337	0.030	0.446	426.3400
เศษไม้	0.34	0.170	0.084	0.010	0.073	0.000	0.000	0.003	7.1701
แก้ว	1.75	0.875	0.004	0.001	0.004	0.001	0.000	0.865	0.5058
โลหะ	0.59	0.295	0.014	0.002	0.013	0.000	0.000	0.267	1.1805
ขยะอันตราย	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
อื่น ๆ	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
รวม			25.145	3.189	15.527	1.021	0.114	5.006	<b>2,458.186</b>
LHV (Kcal/kg)									<b>2,008.013</b>

\*คิดค่าความชื้นขยะที่ร้อยละ 50 โดยมวล

ตาราง 8 ค่าความร้อนขยะมูลฝอยของจังหวัดอุบลราชธานี

องค์ประกอบ	ร้อยละ	น้ำหนักแห้ง (M=50)	ร้อยละสัดส่วนโดยน้ำหนักแห้ง					Ash	HHV (Kcal/kg)
			C	H	O	N	S		
เศษอาหาร ขยะอินทรีย์	37.15	18.575	8.916	1.189	6.055	0.483	0.074	1.858	869.411
กระดาษ	5.84	2.920	1.270	0.175	1.285	0.009	0.006	0.175	107.507
พลาสติกประเภทต่าง ๆ	41.61	20.805	12.483	1.498	4.744	0.000	0.000	2.081	1313.021
ผ้า เศษผ้า	4.80	2.400	1.320	0.158	0.749	0.110	0.002	0.060	129.033
ยาง	0.40	0.200	0.156	0.020	0.000	0.004	0.000	0.020	19.378
เศษหญ้า ใบไม้	6.90	3.450	1.649	0.207	1.311	0.117	0.010	0.155	148.423
เศษไม้	0.47	0.235	0.116	0.014	0.100	0.000	0.000	0.004	9.912
แก้ว	1.93	0.965	0.005	0.001	0.004	0.001	0.000	0.954	0.558
โลหะ	0.41	0.205	0.010	0.001	0.009	0.000	0.000	0.186	0.820
ขยะอันตราย	0.04	0.020	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.014	0.612
อื่น ๆ	0.46	0.230	0.060	0.007	0.005	0.001	0.000	0.156	7.037
รวม			25.991	3.271	14.262	0.726	0.094	5.662	2,605.712
LHV (Kcal/kg)									2,151.313

\*คิดค่าความชื้นขยะที่ร้อยละ 50 โดยมวล

ตาราง 9 ค่าความร้อนขยะมูลฝอยของจังหวัดศรีสะเกษ

องค์ประกอบ	ร้อยละ	น้ำหนักแห้ง (M=50)	ร้อยละสัดส่วนโดยน้ำหนักแห้ง					Ash	HHV (Kcal/kg)
			C	H	O	N	S		
เศษอาหาร ขยะอินทรีย์	38.95	19.475	9.348	1.246	6.349	0.506	0.078	1.948	911.536
กระดาษ	3.89	1.945	0.846	0.117	0.856	0.006	0.004	0.117	71.610
พลาสติกประเภทต่าง ๆ	29.88	14.940	8.964	1.076	3.406	0.000	0.000	1.494	942.876
ผ้า เศษผ้า	5.14	2.570	1.414	0.170	0.802	0.118	0.003	0.064	138.173
ยาง	0.49	0.245	0.191	0.025	0.000	0.005	0.000	0.025	23.738
เศษหญ้า ใบไม้	13.43	6.715	3.210	0.403	2.552	0.228	0.020	0.302	288.887
เศษไม้	0.59	0.295	0.146	0.018	0.126	0.001	0.000	0.004	12.442
แก้ว	7.44	3.720	0.019	0.004	0.015	0.004	0.000	3.679	2.151
โลหะ	0.19	0.095	0.005	0.001	0.004	0.000	0.000	0.086	0.380
ขยะอันตราย	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
อื่น ๆ	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
รวม			24.142	3.058	14.110	0.868	0.105	7.719	2,391.793
LHV (Kcal/kg)									1,948.378

\*คิดค่าความชื้นขยะที่ร้อยละ 50 โดยมวล

จากผลการคำนวณค่าความร้อนขั้นสูงและขั้นต่ำของขยะมูลฝอยในเขตพื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 พบว่า จังหวัดยโสธร มีค่าความร้อนขั้นสูงเท่ากับ 2,510.313 Kcal/kg และค่าความร้อนขั้นต่ำเท่ากับ 2,059.313 Kcal/kg จังหวัดอำนาจเจริญ มีค่าความร้อนขั้นสูงเท่ากับ 2,458.186 Kcal/kg และค่าความร้อนขั้นต่ำเท่ากับ 2,008.013 Kcal/kg จังหวัดอุบลราชธานี มีค่าความร้อนขั้นสูงเท่ากับ 2,605.712 Kcal/kg และค่าความร้อนขั้นต่ำเท่ากับ 2,151.313 Kcal/kg และจังหวัดศรีสะเกษ มีค่าความร้อนขั้นสูงเท่ากับ 2,391.793 Kcal/kg และค่าความร้อนขั้นต่ำเท่ากับ 1,943.378 Kcal/kg ซึ่งค่าความร้อนที่ได้มีความเหมาะสมในการสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยโดยใช้เทคโนโลยีแบบเตาเผา

#### 4.4 การคำนวณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นรายหัว

ทั้งนี้ผู้วิจัยยังได้คำนวณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นรายหัวจากข้อมูลจำนวนประชากรในจังหวัด (ข้อมูลจำนวนประชากร ณ วันที่ 4 สิงหาคม 2567) และปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นรายจังหวัด ดังนี้

จังหวัดยโสธร มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 436 ตันต่อวัน และมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 528,878 คน จากการคำนวณจะได้ค่าขยะต่อหัวอยู่ที่ 0.824386721 kg/วัน และแสดงปริมาณขยะรายอำเภอ รายละเอียดดังนี้

ตาราง 10 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้นของจังหวัดยโสธร

อำเภอในจังหวัดยโสธร	จำนวนประชากร	ขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน)
อำเภอเมืองยโสธร	126,285	104.11
อำเภอยางชุมน้อย	30,469	25.12
อำเภอกุดชุม	65,791	54.24
อำเภอคำเขื่อนแก้ว	64,881	53.49
อำเภอป่าดิว	34,687	28.60
อำเภอมหาชนะชัย	55,480	45.74
อำเภอค้อวัง	25,008	20.62
อำเภอเลิงนกทา	95,943	79.09
อำเภอไทยเจริญ	30,334	25.01
<b>รวม</b>	<b>528,878</b>	<b>436</b>

จังหวัดอำนาจเจริญ มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 223 ตันต่อวัน และมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 374,137 คน จากการคำนวณจะได้ค่าขยะต่อหัวอยู่ที่ 0.59603835 kg/วัน และแสดงปริมาณขยะรายอำเภอ รายละเอียดดังนี้

ตาราง 11 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้นของจังหวัดอำนาจเจริญ

อำเภอในจังหวัดอำนาจเจริญ	จำนวนประชากร	ขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน)
อำเภอเมืองอำนาจเจริญ	130,477	77.77
อำเภอขามแก่น	42,009	25.04
อำเภอบุณฑริก	48,998	29.20
อำเภอพนม	27,646	16.48
อำเภอเสนางคนิคม	40,517	24.15
อำเภอหัวตะพาน	48,479	28.90
อำเภอลืออำนาจ	36,011	21.46
<b>รวม</b>	<b>374,137</b>	<b>223</b>

จังหวัดอุบลราชธานี มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 1,514 ตันต่อวัน และมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 1,869,608 คน จากการคำนวณจะได้ค่าขยะต่อหัวอยู่ที่ 0.809795422 kg/วัน และแสดงปริมาณขยะรายอำเภอ รายละเอียดดังนี้

ตาราง 12 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้นของจังหวัดอุบลราชธานี

อำเภอในจังหวัดอุบลราชธานี	จำนวนประชากร	ขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน)
อำเภอเมืองอุบลราชธานี	225,164	182.34
อำเภอศรีเมืองใหม่	70,903	57.42
อำเภอโขงเจียม	39,097	31.66
อำเภอโขงใน	106,043	85.87
อำเภอเขมราฐ	73,087	59.19
อำเภอเดชอุดม	187,077	151.49
อำเภอนาจะหลวย	58,754	47.58
อำเภอน้ำยืน	70,131	56.79
อำเภอบุณฑริก	95,798	77.58
อำเภอตระการพืชผล	120,818	97.84
อำเภอกุดข้าวปุ้น	40,828	33.06
อำเภอม่วงสามสิบ	84,210	68.19
อำเภอวารินชำราบ	162,009	131.19
อำเภอพิบูลมังสาหาร	129,230	104.65
อำเภอตาลสุม	33,094	26.80
อำเภอโพธิ์ไทร	48,007	38.88
อำเภอสำโรง	53,999	43.73
อำเภอดอนมดแดง	27,201	22.03
อำเภอสิรินธร	55,981	45.33
อำเภอทุ่งศรีอุดม	29,183	23.63

อำเภอเขาเยย	27,492	22.26
อำเภอเขาตาล	38,797	31.42
อำเภอเหล่าเสือโก้ก	28,090	22.75
อำเภอสว่างวีระวงศ์	31,277	25.33
อำเภอน้ำขุ่น	33,338	27.00
<b>รวม</b>	<b>1,869,608</b>	<b>1,514</b>

จังหวัดศรีสะเกษ มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 864 ตันต่อวัน และมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 1,450,333 คน จากการคำนวณจะได้ค่าขยะต่อหัวอยู่ที่ 0.595725258 kg/วัน และแสดงปริมาณขยะรายอำเภอ รายละเอียดดังนี้

ตาราง 13 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้นของจังหวัดศรีสะเกษ

อำเภอในจังหวัดศรีสะเกษ	จำนวนประชากร	ขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน)
อำเภอเมืองศรีสะเกษ	137,099	81.67
อำเภอยางชุมน้อย	35,648	21.24
อำเภอกันทรารมย์	98,906	58.92
อำเภอกันทรลักษ์	201,427	120.00
อำเภอขุขันธ์	148,986	88.75
อำเภอไพรบึง	47,041	28.02
อำเภอปรางค์กู่	65,811	39.21
อำเภอขุนหาญ	106,415	63.39
อำเภอราชไศล	78,999	47.06
อำเภออุทุมพรพิสัย	103,907	61.90
อำเภอปทุมราช	10,372	6.18
อำเภอห้วยทับทัน	42,088	25.07
อำเภอโนนคูณ	39,316	23.42
อำเภอศรีรัตนะ	52,997	31.57
อำเภอน้ำเกลี้ยง	44,409	26.46
อำเภอวังหิน	50,611	30.15
อำเภอภูสิงห์	54,805	32.65
อำเภอเมืองจันทร์	17,666	10.52
อำเภอเบญจลักษ์	35,921	21.40
อำเภอพยุห์	34,746	20.70
อำเภอโพธิ์ศรีสุวรรณ	23,536	14.02
อำเภอศีลาลาด	19,627	11.69
<b>รวม</b>	<b>1,450,333</b>	<b>864</b>

#### 4.5 การแบ่งกลุ่มพื้นที่

จากตารางที่ 10 - 13 จะเห็นได้ถึงความแตกต่างของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละจังหวัด เป็นผลมาจากขนาดพื้นที่ของจังหวัดและจำนวนประชากร ในส่วนของจังหวัดที่มีปริมาณขยะเกิดขึ้นน้อย อาจทำให้ยากต่อการจัดตั้งโรงไฟฟ้าจากขยะ ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาจัดแบ่งพื้นที่ใหม่ ออกเป็น 6 กลุ่ม เพื่อให้ได้ปริมาณรวมของขยะที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกัน ดังแสดงในภาพ



ภาพประกอบ 19 แสดงการแบ่งพื้นที่ใหม่ 6 กลุ่ม

จากภาพที่ 19 จะสามารถแบ่งพื้นที่ใหม่ได้ 6 กลุ่ม รายละเอียดดังนี้

- กลุ่มที่ 1 ประกอบไปด้วย จังหวัดยโสธร 7 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเลิงนกทา อำเภอไทยเจริญ อำเภอเกษตรวิสัย อำเภอทรายมูล อำเภอป่าดิว อำเภอเมืองยโสธร อำเภอกำเขื่อนแก้ว และจังหวัดอำนาจเจริญ 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเสนางคนิคม อำเภอเมืองอำนาจเจริญ อำเภอหัวตะพาน รวมทั้งสิ้น 10 อำเภอ มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นรวม 500.46 ตันต่อวัน

- กลุ่มที่ 2 ประกอบไปด้วย จังหวัดอำนาจเจริญ 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอชานุมาน อำเภอปทุมราชวงศา อำเภอพนา อำเภอสิโอำนาจ และจังหวัดอุบลราชธานี 10 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเขมราฐ อำเภอนาตาล อำเภอเกษตรวิสัย อำเภอโพธิ์ไทร อำเภอตระการพืชผล อำเภอศรีเมืองใหม่ อำเภอโขงเจียม อำเภอตาลสุม อำเภอดอนมดแดง และอำเภอเหล่าเสือโก้ก รวมทั้งสิ้น 14 อำเภอ มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นรวม 513.22 ตันต่อวัน

- กลุ่มที่ 3 ประกอบไปด้วย จังหวัดอุบลราชธานี 5 อำเภอ ได้แก่ อำเภอม่วงสามสิบ อำเภอเขื่องใน อำเภอเมืองอุบลราชธานี อำเภอสว่างวีระวงศ์ และอำเภวารินชำราบ รวมทั้งสิ้น 5 อำเภอ มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นรวม 492.92 ตันต่อวัน

- กลุ่มที่ 4 ประกอบไปด้วย จังหวัดอุบลราชธานี 8 อำเภอ ได้แก่ อำเภอพิบูลมังสาหาร อำเภอสิรินธร อำเภอนาเยีย อำเภอดงขุดม อำเภอสำโรง อำเภอทุ่งศรีอุดม อำเภอนาจะหลวย และ อำเภอบุณฑริก รวมทั้งสิ้น 8 อำเภอ มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นรวม 516.26 ตันต่อวัน

- กลุ่มที่ 5 ประกอบไปด้วย จังหวัดอุบลราชธานี 2 อำเภอ ได้แก่ อำเภอน้ำยืน อำเภอน้ำขุ่น และจังหวัดศรีสะเกษ 8 อำเภอ ได้แก่ อำเภอกันทรลักษณ์ อำเภอเบญจลักษ์ อำเภอศรีรัตนะ อำเภอขุนหาญ อำเภอไพรบึง อำเภอขุขันธ์ อำเภอภูสิงห์ อำเภอปรางค์กู๋ รวมทั้งสิ้น 10 อำเภอ มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นรวม 508.78 ตันต่อวัน

- กลุ่มที่ 6 ประกอบไปด้วย จังหวัดยโสธร 2 อำเภอ ได้แก่ อำเภอมหาชนะชัย อำเภอค้อวัง และจังหวัดศรีสะเกษ 14 อำเภอ ได้แก่ อำเภอศีลาลาด อำเภอราษีไศล อำเภอบึงบูรพ์ อำเภอโพธิ์ศรีสุวรรณ อำเภอเมืองจันทร์ อำเภออุทุมพรพิสัย อำเภอเมืองศรีสะเกษ อำเภอช้างม่น้อย อำเภอกันทรารมย์ อำเภอโนนคูณ อำเภอน้ำเกลี้ยง อำเภอพยุห์ อำเภอวังหิน อำเภอห้วยทับทัน รวมทั้งสิ้น 16 อำเภอ มีปริมาณขยะ ที่เกิดขึ้นรวม 505.36 ตันต่อวัน

ทั้งนี้ ผู้วิจัยยังได้พิจารณากำหนดจุดตั้งโรงไฟฟ้าในพื้นที่ของแต่ละกลุ่ม เพื่อให้ง่ายต่อการขนส่ง และจากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณขยะที่เกิดขึ้นรายกลุ่ม จึงสรุปได้ว่าทั้ง 6 กลุ่ม มีความเหมาะสมในการสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยแบบเตาเผา ซึ่งคาดว่าในแต่ละจุดจะสามารถรองรับขยะมูลฝอยได้ 500 ตันต่อวัน การกำหนดจุดตั้งโรงไฟฟ้าจากขยะ จะสามารถหาระยะทางจากแต่ละอำเภอมายังจุดตั้ง ได้ดังแสดงในตาราง

ตาราง 14 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และระยะทางจากแต่ละอำเภอถึงจุดตั้ง ของกลุ่มที่ 1

ที่	จังหวัด	อำเภอ	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน)	ระยะทางถึงจุดตั้ง (km)
1	ยโสธร	เลิงนกทา	79.09	55
2	ยโสธร	ไทยเจริญ	25.01	39.2
3	ยโสธร	กุดชุม	54.24	43
4	ยโสธร	ทรายมูล	25.12	34.8
5	ยโสธร	เมืองยโสธร	104.11	36
6	ยโสธร	ป่าดิว	28.60	จุดตั้ง
7	ยโสธร	คำเขื่อนแก้ว	53.49	46.9
8	อำนาจเจริญ	เสนางคนิคม	24.15	53.8
9	อำนาจเจริญ	เมืองอำนาจเจริญ	77.77	31.8
10	อำนาจเจริญ	ห้วยตะพาน	28.90	35.7
รวม			500.46	

ตาราง 15 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และระยะทางจากแต่ละอำเภอถึงจุดตั้ง ของกลุ่มที่ 2

ที่	จังหวัด	อำเภอ	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน)	ระยะทางถึงจุดตั้ง (km)
1	อำนาจเจริญ	ชานุมาน	25.04	90.1
2	อำนาจเจริญ	ประทุมราชวงศา	29.20	52.4
3	อำนาจเจริญ	พนา	16.48	34.7
4	อำนาจเจริญ	สิ้ออำนาจ	21.46	49.8
5	อุบลราชธานี	เขมราฐ	59.19	59.5
6	อุบลราชธานี	นาตาล	31.42	71.1
7	อุบลราชธานี	กุดข้าวปุ้น	33.06	39.5
8	อุบลราชธานี	โพธิ์ไทร	38.88	64.5
9	อุบลราชธานี	ตระการพืชผล	97.84	จุดตั้ง
10	อุบลราชธานี	ศรีเมืองใหม่	57.42	51.9
11	อุบลราชธานี	เหล่าเสือโก้ก	22.75	38.4
12	อุบลราชธานี	ดอนมดแดง	22.03	36.3
13	อุบลราชธานี	ตาลชุม	26.80	36.5
14	อุบลราชธานี	โขงเจียม	31.66	68.5
รวม			513.22	

ตาราง 16 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และระยะทางจากแต่ละอำเภอถึงจุดตั้ง ของกลุ่มที่ 3

ที่	จังหวัด	อำเภอ	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน)	ระยะทางถึงจุดตั้ง (km)
1	อุบลราชธานี	ม่วงสามสิบ	68.19	37.5
2	อุบลราชธานี	เขื่องใน	85.87	52
3	อุบลราชธานี	เมืองอุบลราชธานี	182.34	จุดตั้ง
4	อุบลราชธานี	สว่างวีระวงศ์	25.33	40.8
5	อุบลราชธานี	วารินชำราบ	131.19	27.1
รวม			492.92	

ตาราง 17 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และระยะทางจากแต่ละอำเภอถึงจุดตั้ง ของกลุ่มที่ 4

ที่	จังหวัด	อำเภอ	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน)	ระยะทางถึงจุดตั้ง (km)
1	อุบลราชธานี	พิบูลมังสาหาร	104.65	55.2
2	อุบลราชธานี	สิรินธร	45.33	75.1
3	อุบลราชธานี	นาเยี่ย	22.26	32.4
4	อุบลราชธานี	เดชอุดม	151.49	จุดตั้ง
5	อุบลราชธานี	ทุ่งศรีอุดม	23.63	30.3
6	อุบลราชธานี	นาจะหลวย	47.58	46.2
7	อุบลราชธานี	สำโรง	43.73	57.5
8	อุบลราชธานี	บุณฑริก	77.58	48.5
รวม			516.26	

ตาราง 18 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และระยะทางจากแต่ละอำเภอถึงจุดตั้ง ของกลุ่มที่ 5

ที่	จังหวัด	อำเภอ	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน)	ระยะทางถึงจุดตั้ง (km)
1	อุบลราชธานี	น้ำยืน	56.79	76.5
2	อุบลราชธานี	น้ำขุ่น	27.00	27.2
3	ศรีสะเกษ	กันทรลักษ์	120.00	จุดตั้ง
4	ศรีสะเกษ	เบญจลักษ์	21.40	26.9
5	ศรีสะเกษ	ศรีรัตนะ	31.57	44.7
6	ศรีสะเกษ	ขุนหาญ	63.39	42.2
7	ศรีสะเกษ	ไพรบึง	28.02	54.1
8	ศรีสะเกษ	ขุขันธ์	88.75	68.2
9	ศรีสะเกษ	ภูสิงห์	32.65	91.4
10	ศรีสะเกษ	ปรางค์กู่	39.21	92.7
รวม			508.78	

ตาราง 19 ตารางแสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และระยะทางจากแต่ละอำเภอถึงจุดตั้ง ของกลุ่มที่ 6

ที่	จังหวัด	อำเภอ	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน)	ระยะทางถึงจุดตั้ง (km)
1	ยโสธร	มหาชนะชัย	45.74	70.2
2	ยโสธร	ค้อวัง	20.62	40.2
3	ศรีสะเกษ	ศีลาลาด	11.69	64.6
4	ศรีสะเกษ	ราษีไศล	47.06	48.6
5	ศรีสะเกษ	บึงบูรพ์	6.18	45.1
6	ศรีสะเกษ	โพธิ์ศรีสุวรรณ	14.02	38.4
7	ศรีสะเกษ	ยางชุมน้อย	21.24	23.8
8	ศรีสะเกษ	อุทุมพรพิสัย	61.90	26.8
9	ศรีสะเกษ	เมืองศรีสะเกษ	81.67	จุดตั้ง
10	ศรีสะเกษ	กันทรารมย์	58.92	40.6
11	ศรีสะเกษ	ห้วยทับทัน	25.07	46.5
12	ศรีสะเกษ	วังหิน	30.15	25.6
13	ศรีสะเกษ	พยุห์	20.70	22.5
14	ศรีสะเกษ	น้ำเกลี้ยง	26.46	45.3
15	ศรีสะเกษ	โนนคูณ	23.42	59.3
16	ศรีสะเกษ	เมืองจันทร์	10.52	43.6
รวม			505.36	

#### 4.6 เทคโนโลยีในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ

จากข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์ข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาเลือกเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอยแบบตะกรับ (Stoker-Fired Incinerator) ซึ่งเป็นเตาที่ได้รับการออกแบบมาให้มีคุณสมบัติสอดคล้องกับลักษณะของขยะที่จะทำการเผา นั่นคือเรื่องความชื้นที่ค่อนข้างสูง มีค่าความร้อนที่แปรผันได้ การเผาไหม้จะต้องมีการควบคุมที่ดีเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดมลพิษและการรบกวนต่อสิ่งแวดล้อม เตาเผาแบบตะกรับมีประสิทธิภาพในการเผาขยะได้มากกว่า 6 ตันต่อชั่วโมง รูปแบบการเผาคือให้ความร้อนจากด้านล่าง มวลขยะจะเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีความร้อนและเกิดการเผาไหม้ทั้งหมด ก๊าซร้อนจะไหลขึ้นด้านบนพร้อมกับนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตพลังงานต่อไป

#### 4.7 ขนาดของระบบและกำลังการผลิตไฟฟ้า

การกำหนดขนาดระบบผลิตพลังงานและประมาณการกำลังการผลิตไฟฟ้า ใช้หลักการประมาณการจากค่าความร้อนขั้นต่ำ (LHV) ของขยะและปริมาณขยะที่เผากำจัด ดังแสดงในตาราง ตาราง 20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนของขยะและปริมาณขยะที่เข้าสู่เตาเผา

ค่าความร้อนขั้นต่ำ (LHV) ของขยะ (Kcal/kg)	ปริมาณขยะที่เข้าสู่เตาเผา (ตันต่อวัน)	ไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด (MW)
1,300	500	7.04
1,440	500	7.79
1,700	500	9.35
1,800	500	9.75
2,300	392	9.75

ที่มา : รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาและจัดทำข้อมูลการลงทุนด้านพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

จากข้อมูลการคำนวณค่าความร้อนในตารางที่ 7 - ตารางที่ 10 ผู้วิจัยจึงพิจารณาใช้ค่าความร้อนของขยะที่ใช้ในการออกแบบอยู่ที่ 1,800 Kcal/kg เหมาะสมในการสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยแบบเตาเผา ขนาด 9.75 MW ปริมาณขยะที่เข้า 500 ตันต่อวัน จำนวน 6 แห่ง

#### 4.8 การประมาณราคาก่อสร้างและค่าดำเนินการบำรุงรักษา

##### 4.8.1 ราคาในการก่อสร้าง

ในการประมาณราคาในการก่อสร้างจะแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. งานโยธาโครงสร้าง
2. งานเครื่องจักรกล
3. งานไฟฟ้าและระบบควบคุม

##### 4.8.2 ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบกำจัดขยะมูลฝอย

1. ค่าจ้างบุคลากร กำหนดค่าจ้างตามมาตรฐานบุคลากร แบ่งตามตำแหน่งหน้าที่
2. ค่าบำรุงรักษา มี 3 ส่วนได้แก่ งานเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ งานอาคาร และงานทาง
3. ค่าไฟฟ้า
  - อัตราค่าไฟฟ้า คิดในอัตรา 3.7 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
  - ค่า FIT ระยะเวลาสนับสนุน 20 ปี
4. ค่าสารเคมีที่ใช้ในระบบ

- ค่าคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค

- ค่าโพลีเมอร์

ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการบำรุงรักษา ผู้วิจัยไม่ได้นำค่า Factor F ของงานก่อสร้าง ภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%) และราคาที่ดิน มาคำนวณร่วมด้วย ข้อมูลแสดงดังตาราง ตาราง 21 แสดงตารางการประมาณราคาค่าก่อสร้างระบบเตาเผาขยะมูลฝอย 500 ตันต่อวัน

ลำดับ	รายการ	ปริมาณงาน	หน่วย	อัตราต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวนเงิน (บาท) (กรณีก่อสร้าง 6 แห่ง)
<b>ส่วนที่ 1 หมวดงานอาคาร</b>						
<b>1. งานอาคารภายนอก</b>						
1.1	งานถมดินและปรับระดับพื้นที่	47,000	ลบ.ม.	220	10,340,000	62,040,000
1.2	ระบบประปาโครงการ	1	ระบบ	2,000,000	2,000,000	12,000,000
1.3	งานระบบสุขาภิบาล	37,000	ตร.ม.	100	3,700,000	22,200,000
1.4	งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างและสื่อสาร	10,000	ตร.ม.	100	1,000,000	6,000,000
1.5	งานถนน คสล.	8,000	ตร.ม.	400	3,200,000	19,200,000
1.6	งานแทนเครื่อง คสล.	1	ชุด	80,000	80,000	480,000
1.7	บ่อเก็บน้ำดิบ	4,000	ตร.ม.	200	800,000	4,800,000
1.8	งานรั้ว (ลวดหนาม)	1,200	เมตร	250	300,000	1,800,000
1.9	งานรั้ว (ตาข่าย) ประตู	250	เมตร	1,600	400,000	2,400,000
1.1	งานจัดภูมิทัศน์	3,000	ตร.ม.	250	750,000	4,500,000
<b>รวม</b>					<b>22,570,000</b>	<b>135,420,000</b>
<b>2. งานก่อสร้างอาคาร</b>						
2.1	อาคารป้อมยาม	12	ตร.ม.	11,000	132,000	792,000
2.2	อาคารสำนักงาน	500	ตร.ม.	11,000	5,500,000	33,000,000
2.3	อาคารเครื่องชั่ง	78	ตร.ม.	16,000	1,248,000	7,488,000
2.4	อาคารซ่อมบำรุง	170	ตร.ม.	16,000	2,720,000	16,320,000
2.5	อาคารรับขยะและควบคุมเตาเผา	2,300	ตร.ม.	22,300	51,290,000	307,740,000
2.6	อาคารพักขยะ	1,200	ตร.ม.	32,300	38,760,000	232,560,000
2.7	อาคารเตาเผา	3,400	ตร.ม.	26,300	89,420,000	536,520,000
2.8	อาคารเครื่องผลิตไฟฟ้ากังหันไอน้ำ	1,400	ตร.ม.	22,300	31,220,000	187,320,000
<b>รวม</b>					<b>220,290,000</b>	<b>1,321,740,000</b>
<b>3. งานก่อสร้างบ่อฝังกลบเถ้า</b>						
3.1	บ่อที่ 1	22	ไร่	1,625,000	35,750,000	214,500,000

3.2	บ่อที่ 2	16	ไร่	1,625,000	26,000,000	156,000,000
<b>รวม</b>					61,750,000	370,500,000
4	งานก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสีย	3	ไร่	1,200,000	3,600,000	21,600,000
5	งานก่อสร้างบ่อตรวจติดตามคุณภาพน้ำ	3	บ่อ	56,000	168,000	1,008,000
<b>รวมหมวดงานอาคาร</b>					308,378,000	1,850,268,000
<b>ส่วนที่ 2 หมวดงานระบบเฉพาะ</b>						
1	ระบบเตาเผาเพื่อผลิตพลังงาน	2	ชุด	881,300,000	1,762,600,000	10,575,600,000
2	อุปกรณ์ระบบประปาโครงการ	1	เหมา	300,000	300,000	1,800,000
3	อุปกรณ์ขังน้ำหนักร	1	ชุด	907,500	907,500	5,445,000
<b>รวมหมวดงานระบบเฉพาะ</b>					1,763,807,500	10,582,845,000
<b>รวมส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2</b>					2,072,185,500	12,433,113,000
<b>ส่วนที่ 3 งานควบคุมก่อสร้าง</b>						
	งานควบคุมก่อสร้าง	1	เหมา	65,464,040	65,464,040	392,784,240
<b>รวมราคาก่อสร้างทั้งหมด</b>					2,137,649,540	12,825,897,240

หลังจากก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยแล้วเสร็จ ในกระบวนการผลิตไฟฟ้ายังคงมีต้นทุนค่าจ้างบุคลากรรายเดือนเพื่อปฏิบัติงานภายในโรงไฟฟ้าอีกหนึ่งส่วน (ในการประมาณราคาค่าจ้างบุคลากรควรพิจารณาแนวโน้มของอัตราเงินเฟ้อในช่วงนั้น ๆ ร่วมด้วย) รายละเอียดแสดงดังตาราง



ตาราง 22 ตารางการประมาณราคาค่าดำเนินงานและบำรุงรักษาระบบ (บุคลากร)

ลำดับ	ตำแหน่ง	เจ้าหน้าที่ (คนต่อเดือน)	อัตรา (บาท)	เป็นเงิน (บาท)	จำนวนเงิน (บาท) (กรณี 6 แห่ง)
<b>1. งานบุคลากรบริหาร-งานธุรการ</b>					
1.1	ผู้จัดการโรงงาน	1	85,000	85,000	510,000
1.2	ผู้จัดการฝ่ายธุรการ	1	85,000	85,000	510,000
1.3	ผู้จัดการปฏิบัติการ	1	85,000	85,000	510,000
1.4	วิศวกรเครื่องกล	1	85,000	85,000	510,000
1.5	วิศวกรไฟฟ้าและเครื่องมือ	1	68,000	68,000	408,000
1.6	เจ้าหน้าที่อาชีวอนามัยและความปลอดภัย	1	40,000	40,000	240,000
1.7	ธุรการสำนักงาน	1	25,000	25,000	150,000
1.8	เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย	3	20,000	60,000	360,000
1.9	เจ้าหน้าที่ทำความสะอาด	1	15,000	15,000	90,000
<b>รวม</b>				548,000	3,288,000
<b>2. บุคลากรปฏิบัติการระบบผลิตพลังงานแบบความร้อน</b>					
2.1	platform observer	2	52,000	104,000	624,000
2.2	เจ้าหน้าที่ขับรถตักขี้เถ้า	8	52,000	416,000	2,496,000
2.3	หัวหน้ากะ	4	52,000	208,000	1,248,000
2.4	เจ้าหน้าที่ควบคุมเครน	4	52,000	208,000	1,248,000
2.5	เจ้าหน้าที่ควบคุมเตาเผา/หม้อต้มไอน้ำ	12	52,000	624,000	3,744,000
2.6	Mechanical Equipment Management staff	4	58,000	232,000	1,392,000
2.7	E & I Equipment Management staff	4	58,000	232,000	1,392,000
2.8	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	2	58,000	116,000	696,000
2.9	พนักงานคัดแยกขยะขนาดใหญ่บนลานรับขยะ และควบคุมเครื่องย่อย	2	15,000	30,000	180,000
<b>รวม</b>				2,170,000	13,020,000
<b>รวมทั้งหมด</b>				<b>2,718,000</b>	<b>16,308,000</b>

การประมาณราคาค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการบำรุงรักษาโครงการสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยแบบเตาเผา ขนาด 9.75 MW ปริมาณขยะที่เข้า 500 ตันต่อวัน จำนวน 6 แห่ง รวมมูลค่าโครงการทั้งสิ้น เท่ากับ 12,842,205,240 บาท (หนึ่งหมื่นสองพันแปดร้อยสี่สิบล้านสองแสนห้าพันสองร้อยสี่สิบบาทถ้วน)

#### 4.9 การจำหน่ายไฟฟ้า

นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff หรือ FiT คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่ง ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เพื่อจูงใจให้ผู้ประกอบการเอกชนเข้ามาลงทุนในธุรกิจโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน

(เนื่องจาก การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนมีต้นทุนค่อนข้างสูง) ซึ่งอัตรา FIT จะอยู่ในรูปแบบ อัตรารับซื้อไฟฟ้าคงที่ตลอดอายุโครงการ (มีการปรับเพิ่มสำหรับกลุ่มที่มีการใช้เชื้อเพลิง) โดยอัตรา FIT จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตาม ค่าพลังงานและค่า Ft ทำให้มีราคาที่ชัดเจนและเกิดความเป็นธรรม

เนื่องจากระยะเวลาการสนับสนุนของ FIT กำหนดไว้ 20 ปี และไม่สามารถทราบถึงนโยบาย การสนับสนุนของภาครัฐภายหลังจากสิ้นสุดระยะเวลาดังกล่าว ดังนั้น เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ความ เป็นไปได้ในการลงทุนของโครงการ จึงกำหนดให้อายุของโครงการเป็นระยะเวลา 20 ปี ให้สอดคล้อง กับระยะเวลา การสนับสนุน FIT และจากประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่อง ประกาศ รับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชน พ.ศ. 2565 ได้กำหนดอัตรารับซื้อไฟฟ้าจากขยะชุมชน ในรูปแบบ FIT ดังนี้

ตาราง 23 โครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชนในรูปแบบ FIT สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) ที่มีกำลังผลิตติดตั้ง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 MW สำหรับปี 2565

กำลังผลิต (เมกะวัตต์) (MW)	FIT (บาท/หน่วย)			ระยะเวลาสนับสนุน (ปี)	FIT Premium 8 ปีแรก (บาท/หน่วย)
	FiT <sub>F</sub>	FiT <sub>v,2560</sub>	FiT		
น้อยกว่าหรือเท่า 10 MW	2.39	2.69	5.08	20	0.70

จากตารางที่ 23 จะสามารถคำนวณอัตรารับซื้อไฟฟ้า ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{อัตรารับซื้อไฟฟ้าในปีที่ 1-8} &= \text{FiT}_F + \text{FiT}_{v,2560} + \text{FIT Premium} \\ &= 2.39 + 2.69 + 0.70 \\ &= 5.78 \text{ บาทต่อหน่วย} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตรารับซื้อไฟฟ้าในปีที่ 9-20} &= \text{FiT}_F + \text{FiT}_{v,2560} \\ &= 2.39 + 2.69 \\ &= 5.08 \text{ บาทต่อหน่วย} \end{aligned}$$

โดยที่  $\text{FiT}_F$  คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนคงที่

$\text{FiT}_v$  คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน

FIT premium คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบพิเศษ

จากการคำนวณอัตราการรับซื้อไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าระยะเวลาโครงการ 20 ปี ในช่วง 8 ปีแรก จะมีอัตราการรับซื้อไฟฟ้า 5.78 บาทต่อหน่วย และปีถัดไป (ปีที่ 9-20) มีอัตราการรับซื้อไฟฟ้าอยู่ที่ 5.08 บาทต่อหน่วย ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้พิจารณากำหนดวันทำการของโรงไฟฟ้าที่ 300 วัน ซึ่งจะคิดเวลาทำการเป็นชั่วโมง ได้ 7,200 ชั่วโมง กำหนดค่าธรรมเนียมการกำจัดขยะเท่ากับ 500 บาทต่อขยะที่นำเข้ามากำจัด 1 ตัน ทั้ง 6 แห่ง ซึ่งจะคิดรายได้จากการกำจัดขยะต่อปีได้ 540 ล้านบาท และรวมรายได้จากการขายขยะจนสิ้นสุดระยะเวลาโครงการ 20 ปีจะอยู่ที่ 10,800 ล้านบาท ตาราง 24 แสดงรายได้สุทธิของโรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 9.75 MW จำนวน 6 แห่ง คิดอัตรารับซื้อไฟฟ้าแบบ FiT คิดจากมูลค่าลงทุนก่อสร้าง 12,825,897,240 บาท

ปีที่	รายรับขายไฟฟ้า	รายรับค่ากำจัดขยะ	ต้นทุนค่าจ้างบุคลากร	ต้นทุนซ่อมบำรุง	รวม	ภาษี 20%	กำไร
0	(12,825,897,240.00)	-	-	-	-	ยกเว้น	
1	1,825,902,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	2,170,206,000.00	ยกเว้น	2,170,206,000.00
2	1,825,902,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	2,170,206,000.00	ยกเว้น	2,170,206,000.00
3	1,825,902,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	2,170,206,000.00	ยกเว้น	2,170,206,000.00
4	1,825,902,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	2,170,206,000.00	ยกเว้น	2,170,206,000.00
5	1,825,902,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	1,923,884,586.00	246,321,414.00	ยกเว้น	246,321,414.00
6	1,825,902,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	2,170,206,000.00	ยกเว้น	2,170,206,000.00
7	1,825,902,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	2,170,206,000.00	ยกเว้น	2,170,206,000.00
8	1,825,902,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	2,170,206,000.00	ยกเว้น	2,170,206,000.00
9	1,604,772,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	1,949,076,000.00	389,815,200.00	1,559,260,800.00
10	1,604,772,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	1,923,884,586.00	25,191,414.00	5,038,282.80	20,153,131.20
11	1,604,772,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	1,949,076,000.00	389,815,200.00	1,559,260,800.00
12	1,604,772,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	1,949,076,000.00	389,815,200.00	1,559,260,800.00
13	1,604,772,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	1,949,076,000.00	389,815,200.00	1,559,260,800.00
14	1,604,772,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	1,949,076,000.00	389,815,200.00	1,559,260,800.00
15	1,604,772,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	1,923,884,586.00	25,191,414.00	5,038,282.80	20,153,131.20
16	1,604,772,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	1,949,076,000.00	389,815,200.00	1,559,260,800.00
17	1,604,772,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	1,949,076,000.00	389,815,200.00	1,559,260,800.00
18	1,604,772,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	1,949,076,000.00	389,815,200.00	1,559,260,800.00
19	1,604,772,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	1,949,076,000.00	389,815,200.00	1,559,260,800.00
20	1,604,772,000.00	540,000,000.00	195,696,000.00	-	1,949,076,000.00	389,815,200.00	1,559,260,800.00
<b>รวม</b>	<b>33,864,480,000.00</b>	<b>10,800,000,000.00</b>	<b>3,913,920,000.00</b>	<b>5,771,653,758.00</b>	<b>34,978,906,242.00</b>	<b>3,908,228,565.60</b>	<b>31,070,677,676.40</b>

จากตารางที่ 24 จะเห็นว่าโครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะ ขนาด 9.75 MW จำนวน 6 แห่ง มีรายได้ 2 ส่วน คือ รายได้จากจำหน่ายไฟฟ้า ประมาณ 33,000 ล้านบาท และรายได้จากค่าธรรมเนียมการกำจัดขยะ ประมาณ 10,000 ล้านบาท ซึ่งในส่วนของรายได้จากค่าธรรมเนียมการกำจัดขยะจะจัดเก็บจากหน่วยงาน (อปท.) ที่ส่งขยะเข้ามากำจัด

รายได้สุทธิจะได้จากการรวมรายได้ทั้งสองส่วน และหักรายจ่ายต่าง ๆ ก่อนจึงจะนำรายได้ส่วนที่เหลือมาคำนวณภาษี โดยการคำนวณภาษีจะคิดแบบภาษีนิติบุคคลที่ร้อยละ 20 ซึ่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ระบุว่า โรงไฟฟ้าขยะจะได้รับการยกเว้นภาษี 8 ปีแรก นับจากวันที่เริ่มเดินระบบ

#### 4.10 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ เพื่อหาความคุ้มค่าของการลงทุนในโครงการ จะพิจารณาในส่วน of มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR), และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ความคุ้มค่า การคำนวณหาค่าดังกล่าวจะต้อง ทราบข้อมูลของ เงินที่ใช้ลงทุน ครั้งแรก รายได้ รายจ่าย โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางต่อไปนี้ ตาราง 25 แสดงการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ข้อมูล	มูลค่า	หน่วย
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าหลังหักต้นทุนและภาษี ปีที่ 1-8	15,437,763,414.00	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าหลังหักต้นทุนและภาษี ปีที่ 9-20	15,632,914,262.40	บาท
รายได้จากค่าธรรมเนียมกำจัดขยะในระยะเวลา 20 ปี (500 บาท/ตัน)	10,800,000,000.00	บาท
ต้นทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ	12,825,897,240.00	บาท
ต้นทุนการบำรุงรักษาทุก 5 ปี (15% ของต้นทุนก่อสร้าง)	5,771,653,758.00	บาท/ครั้ง
ต้นทุนการดำเนินงาน ค่าจ้างบุคลากร	3,913,920,000.00	บาท/ปี
อายุโครงการ	20.00	ปี
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	14,377,789,994.48	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	7.63	เปอร์เซ็นต์
ระยะเวลาคืนทุน	6.80	ปี

จากตารางที่ 25 จะเห็นได้ว่า ผลจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนในโครงการก่อสร้างโรงผลิตไฟฟ้าจากขยะ ขนาด 9.75 MW จำนวน 6 แห่ง โดยคิดค่าอัตราการผลิตไฟฟ้าแบบ FiT พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ประมาณ 14,000 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าร้อยละ 7.63 ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 6.80 ปี และหากคำนวณระยะเวลาคืนทุนแบบ Dynamic จะเท่ากับ 17.84 ปี โดยคิดจากอัตราคิดลดที่ ร้อยละ 10 จากอายุโครงการ 20 ปี

#### 4.11 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint)

โดยจะคำนวณออกมาในรูปของ คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สามารถทำได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Co}_2 \text{ emission} = \text{Activity data} \times \text{Emission factor}$$

โดยที่  $\text{Co}_2$  emission คือ ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Activity data คือ ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Emission factor คือ ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity data ให้เป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ตาราง 26 แสดงค่า Emission factor ที่ใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ที่	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kgCO <sub>2eq</sub> /หน่วย)
1	การจัดเก็บรวบรวมและขนถ่ายขยะมูลฝอยชุมชน	kg	0.0143
2	การกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนแบบเทกอง	kg	1.0388
3	การฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล	kg	0.7933
4	ไฟฟ้า	kWh	0.5986

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ค่า Emission factor ฉบับอัปเดต กรกฎาคม 2565 (บังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2566 เป็นต้นไป)

ตาราง 27 แสดงปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการจัดการขยะ คำนวณจากปริมาณขยะที่เกิดขึ้น 3,037 ตันต่อวัน หรือ 1,108,505,000 kg ต่อปี

ประเภทขยะ	จำนวน (kg/ปี)	Emission factor	คาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อย (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ ปี)
การกำจัดขยะมูลฝอยชุมชน แบบเทกอง	1,108,505,000	1.0388	1,151,514.994
การฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน แบบถูกหลักสุขาภิบาล	1,108,505,000	0.7933	879,377.017

หากพิจารณา ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมดของกลุ่มภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 นำมาจัดการแบบเทกองทั้งหมด จะก่อให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ 1,151,514.994 tCO<sub>2eq</sub>/ปี และถ้านำมาฝังกลบทั้งหมด จะก่อให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ 879,377.017 tCO<sub>2eq</sub>/ปี

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ระบุว่าในการกำจัดขยะโดยใช้เตาเผา หากมีการนำพลังงานที่มีอยู่กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Energy recovery) เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้า หรือใช้สำหรับ การผลิตพลังงานความร้อน ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกรณีดังกล่าวจะนำไปคิดรวมในภาคพลังงาน ซึ่งข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจะมีค่า Emission factor แสดงดังตาราง

ตาราง 28 แสดงปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า พิจารณา กำหนดวันทำการของโรงไฟฟ้าที่ 300 วัน ซึ่งจะคิดเวลาทำการเป็นชั่วโมง 7,200 ชั่วโมง

กำลังการผลิต	ชั่วโมงการผลิตต่อปี	ผลการผลิต (kWh/ปี)	Emission factor	คาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อย (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)
ขนาด 9.75 MW	7,200	70,200,000	0.5986	42,021.720
ขนาด 9.75 MW × 6 แห่ง	7,200	70,200,000	0.5986	252,130.32

หากพิจารณาจากการสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยแบบเตาเผา ขนาด 9.75 MW จำนวน 6 แห่ง จะก่อให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ เท่ากับ 252,130.32 tCO<sub>2eq</sub>/ปี

เมื่อนำข้อมูลของปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการจัดการขยะแบบเทกอง และปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า จำนวน 6 แห่ง เปรียบเทียบ กันจะเห็นได้ว่า สามารถลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศได้ 899,384.674 tCO<sub>2eq</sub>/ปี และถ้าคิดจากปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการจัดการขยะแบบฝังกลบ เปรียบเทียบกับปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า (จำนวน 6 แห่ง) จะเห็นได้ว่า สามารถลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศได้ 627,246.697 tCO<sub>2eq</sub>/ปี จากการเปรียบเทียบข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การจัดการขยะแบบวิธีการเทกองสามารถลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศ ได้มากกว่าวิธีการฝังกลบ

พหุ ประ โท ชี เว

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขยะมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้ทราบถึงวิธีการคิดต้นทุน ผลประโยชน์ ระยะเวลาคืนทุน และประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยขอบเขตในการศึกษานี้ คือ พื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 ประกอบไปด้วย 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดอำนาจเจริญ จังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดยโสธร ตามรายงานข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของจังหวัด ปี 2566 ของกรมควบคุมมลพิษ กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 มีขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นรวม 3,037 ตันต่อวัน แบ่งเป็น ขยะมูลฝอยที่ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ 1,612 ตันต่อวัน ขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดถูกต้อง 718 ตันต่อวัน และขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดไม่ถูกต้อง 707 ตันต่อวัน ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะมูลฝอยส่งผลให้ไม่สามารถกำจัดได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ส่งผลให้มีขยะมูลฝอยตกค้างสะสมมากถึง 132,464 ตัน

การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะ โดยวิเคราะห์จากอัตราค่าจำหน่ายไฟฟ้าแบบ Feed-in Tariff หรือ FiT ภายใต้เงื่อนไข กำลังการผลิตสูงสุด 9.75 MW ปริมาณขยะที่เข้า 500 ตันต่อวัน จำนวน 6 แห่ง รวมมูลค่าโครงการทั้งสิ้น เท่ากับ 12,842,205,240 บาท (ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการบำรุงรักษา ผู้วิจัยไม่นำค่า Factor F ของงานก่อสร้าง และภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%) มาคำนวณรวมด้วย) อายุโครงการ 20 ปี อัตราคิดลดร้อยละ 10 ได้รับสิทธิ์ยกเว้นภาษี 8 ปี พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ประมาณ 14,000 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าร้อยละ 7.63 ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 6.80 ปี (6 ปี 10 เดือน) และหากคำนวณระยะเวลาคืนทุนแบบ Dynamic จะเท่ากับ 17.84 ปี (17 ปี 10 เดือน) ผู้วิจัยเห็นว่ามีมูลค่าเหมาะสมต่อการลงทุน

การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หากพิจารณาปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมดของกลุ่มภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 นำมาจัดการแบบเทกองทั้งหมด จะก่อให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ 1,151,514.994 tCO<sub>2eq</sub>/ปี และถ้านำมาฝังกลบทั้งหมด จะก่อให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ 879,377.017 tCO<sub>2eq</sub>/ปี จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการดำเนินงานกำจัดขยะทั้ง 2 รูปแบบ มีส่วนก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ และถ้าหากนำขยะมูลฝอยดังกล่าวมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า จะมีกำลังการผลิต 9.75 MW จำนวน 6 แห่ง และมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ เท่ากับ 252,130.320 tCO<sub>2eq</sub>/ปี และเมื่อนำข้อมูลของปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการจัดการขยะ

แบบเทกอง และปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า จำนวน 6 แห่ง เปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า สามารถลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศได้ 899,384.674 tCO<sub>2eq</sub>/ปี และถ้าคิดจากปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการจัดการขยะแบบฝังกลบ เปรียบเทียบกับปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า จำนวน 6 แห่ง จะเห็นได้ว่า สามารถลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศได้ 627,246.697 tCO<sub>2eq</sub>/ปี

การก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย ในพื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 ขนาด 9.75 MW จำนวน 6 แห่ง มีความเหมาะสมในการลงทุนเนื่องจากมีผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่คุ้มค่า และการนำขยะมูลฝอยมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้ายังช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ เมื่อเทียบกับการกำจัดขยะแบบอื่น เป็นอีกทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาขยะ อีกทั้งยังเป็นการสร้างความมั่นคงด้านพลังงานอีกทางหนึ่งด้วย

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

การก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย ในพื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 ขนาด 9.75 MW จำนวน 6 แห่ง มีข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 การพิจารณาพื้นที่ที่จะดำเนินการก่อสร้างโรงไฟฟ้าต้องปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน กฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร กฎหมายว่าด้วยการผังเมือง หรือกฎหมายว่าด้วยการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ตามมาตราที่ 48 แห่งพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 รวมทั้งควรพิจารณาราคาที่ดิน และอัตราเงินเฟ้อในช่วงนั้น ๆ ประกอบด้วย

5.2.2 ศึกษาอัตราการรับซื้อไฟฟ้าในแต่ละปี เพื่อให้เป็นไปตามประกาศของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน

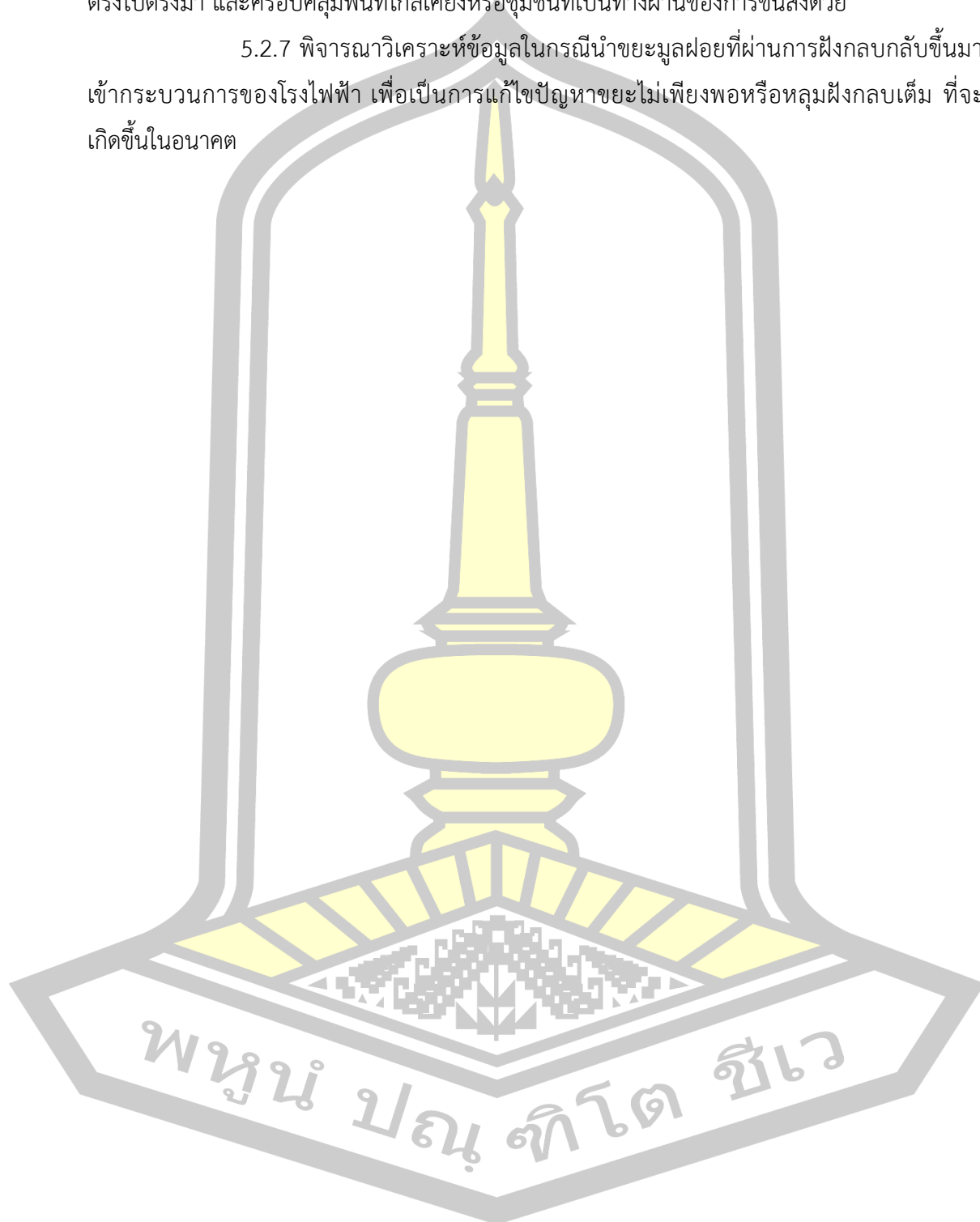
5.2.3 พิจารณาใช้ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ที่เป็นปัจจุบัน และสืบค้นข้อมูลค่าการปลดปล่อยคาร์บอนในขั้นตอนการก่อสร้างและการขนส่งเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แม่นยำ เนื่องจากในประเทศไทย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ยังไม่ได้มีการกำหนดค่า Emission factor ของขั้นตอนดังกล่าวไว้

5.2.4 ราคาวัสดุก่อสร้างอาจมีการเปลี่ยนแปลงทุก ๆ ปี ผู้ลงทุนควรวิเคราะห์และประเมินต้นทุนในการก่อสร้างให้เป็นปัจจุบัน ตามแหล่งพื้นที่ที่จะก่อสร้าง อีกทั้งควรพิจารณาค่า Factor F ของการก่อสร้างในปีนั้น ๆ ประกอบด้วย

5.2.5 นอกจากต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าแล้ว ต้องพิจารณาในส่วนของค่าจ้างบุคลากรรายเดือนเพื่อปฏิบัติงานภายในโรงไฟฟ้าอีกหนึ่งส่วน ซึ่งในการประมาณราคาต้องพิจารณาแนวโน้มของอัตราเงินเฟ้อในช่วงนั้น ๆ ร่วมด้วย

5.2.6 จำเป็นต้องสร้างกระบวนการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนอย่างตรงไปตรงมา และครอบคลุมพื้นที่ใกล้เคียงหรือชุมชนที่เป็นทางผ่านของการขนส่งด้วย

5.2.7 พิจารณวิเคราะห์ข้อมูลในกรณีนำขยะมูลฝอยที่ผ่านการฝังกลบกลับขึ้นมาเข้ากระบวนการของโรงไฟฟ้า เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาขยะไม่เพียงพอหรือหลุมฝังกลบเต็ม ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

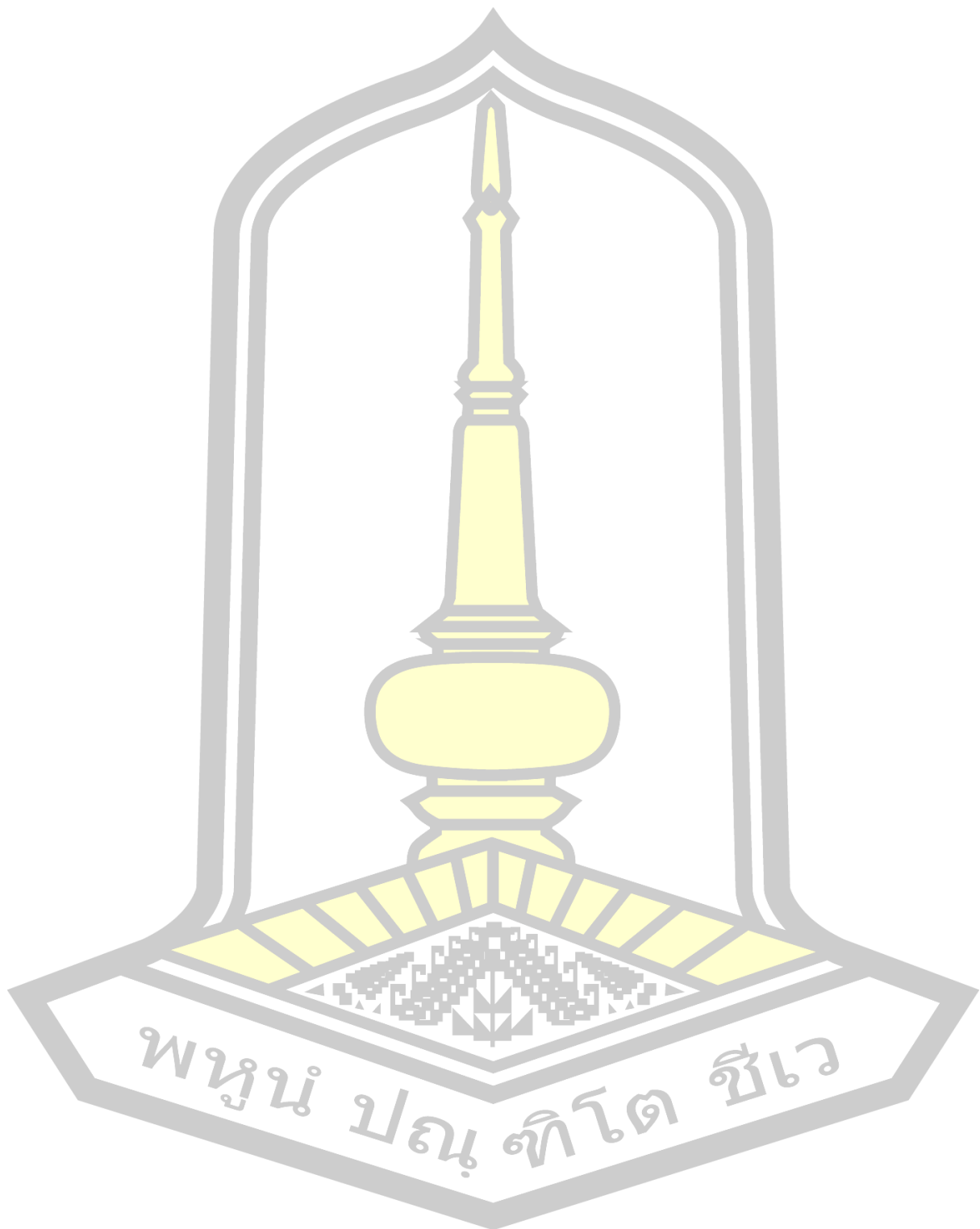


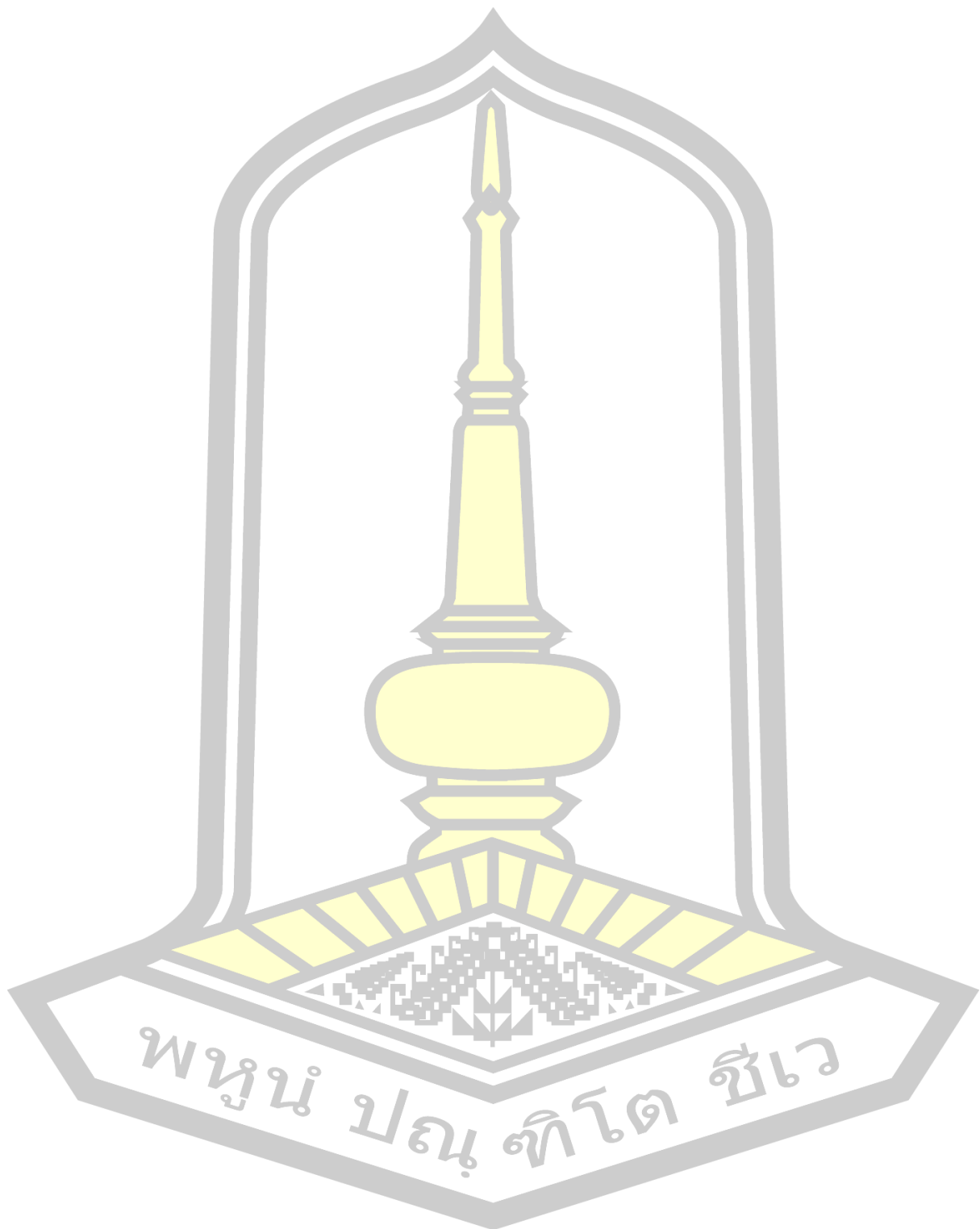
## บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2558. การศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration). โครงการศึกษาและจัดทำข้อมูลการลงทุนด้านพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2554. คู่มือการพัฒนาและการลงทุนพลังงานทดแทน ชุดที่ 6 พลังงานขยะ. กระทรวงพลังงาน
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2559. รายงานการศึกษาและจัดทำข้อมูลการลงทุนโครงการพัฒนาการผลิตพลังงานจากขยะ. กระทรวงพลังงาน
- คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. 2565. ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่องประกาศรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชน พ.ศ. 2565
- กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ. 2566. รายงานสถานการณ์สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2566. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2566. สถานการณ์พลังงาน (รายไตรมาส) ครึ่งปีแรกของปี 2566. กระทรวงพลังงาน
- สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 (อุบลราชธานี). 2564. รายงานผลการศึกษาองค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่รับผิดชอบสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 (อุบลราชธานี) (มุกดาหาร โยโสธร ศรีสะเกษ อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี). กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- กรมควบคุมมลพิษ. 2545. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2556. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคการจัดการของเสียในปี พ.ศ. 2556 (Greenhouse Gas Emissions from Waste Sector in 2013)
- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลธิศ เอี่ยมวรวิฑูริกุล ,ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต มณีศรี ,ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนภัทร พรหมวัฒน์ภักดี และวัฒนา เจนการ. 2560. แนวทางการประเมินค่าดัชนีพลังงานจำเพาะสำหรับกระบวนการขนส่ง. บทความวิชาการ. ศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

- สหรัฐ เสียมวิบูล. 2564. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานขยะมูลฝอยในเขตเมืองโยโสธร. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- ทศวรรณ ใจเที่ยง. 2555. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นและดัชนีความยั่งยืนจากการผลิตเชื้อเพลิงขยะในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงาน. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- พัฒนสรณ์ไชย และ ยศกร บุญสิทธิ์. 2561. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม็กเนโตไฮโดรไดนามิคด้วยความร้อนจากการเผาขยะ.ปริญญาานิพนธ์ วศ.บ มหาสารคาม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- พิมพ์พรรณ กาเยนนท์. 2557. การศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิต ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ดวงตา สราญรมย์. 2560. การประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานจากขยะ กรณีศึกษา เทศบาลนครนนทบุรี.วารสารบัณฑิตศึกษา. มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์
- อรทัย วรรณวิสันต์. 2552. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้โครงการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์. การศึกษาเฉพาะบุคคลบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริการธุรกิจ. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
- บริษัท อัลไลแอนซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด. 2561.รายงานประมวลหลักการปฏิบัติ (Code of Practice:CoP) และรายงานการศึกษามาตรการป้องกัน แก้ไขผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย. โครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชน ขนาด 6 เมกะวัตต์ ในรูปแบบ Feed-In Tariff (FIT) จังหวัดกระบี่
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2565. ค่า Emission Factor,สืบค้นเมื่อ 4 สิงหาคม 2567 (ออนไลน์), แหล่งที่มา : <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=YjNkbllXNXBlbUYwYVc5dVgyVnRhWE56YVc5dQ>
- สมัชชัญ สมบัติพาณิชย์. กลุ่มจังหวัด,สืบค้นเมื่อ 4 สิงหาคม 2567 (ออนไลน์), แหล่งที่มา : <http://wiki.kpi.ac.th/index.php?title=%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%AB%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94>
- สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. 2567. สถิติประชากรทางการทะเบียนราษฎร(รายเดือน),สืบค้นเมื่อ 4 สิงหาคม 2567 (ออนไลน์), แหล่งที่มา : <https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statMONTH/statmonth/#/mainpage>

## บรรณานุกรม





## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายอริยะ มาลัย
วันเกิด	วันที่ 30 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	จังหวัดยโสธร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่181/15 ถนนวารีราชเดช ตำบลในเมือง อำเภอเมืองยโสธร จังหวัดยโสธร
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	วิศวกรปฏิบัติการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานพลังงานจังหวัดยโสธร
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2553 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนคำเขื่อนแก้วชนูปถัมภ์ พ.ศ. 2556 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโคราชพิทยาคม พ.ศ. 2560 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) ภาควิชาไฟฟ้า คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2565 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย มหาสารคาม พ.ศ. 2568 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและ คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูนัน ปณฺ ทิโต ชีเว