รหัสโครงการ 59-02-02

รายงานวิจัยสถาบัน

เรื่อง

ความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Cost Effectiveness of Integrated Solid Waste Sorting Plant, Suranaree University of Technology

นางภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเสฏฐ์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยสถาบันจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กรกฎาคม 2560

รหัสโครงการ 59-02-02

รายงานวิจัยสถาบัน

เรื่อง

ความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Cost Effectiveness of Integrated Solid Waste Sorting Plant, Suranaree University of Technology

ที่ปรึกษาโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญกมล ดอนขวา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เผด็จ เผ่าละออ

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

นางภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเสฏฐ์

หน่วยสิ่งแวดล้อม ส่วนอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยสถาบันจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กรกฎาคม 2560

คำนำ

การวิจัยสถาบันมีความสำคัญและจำเป็นต่อการพัฒนางานของหน่วยงาน เพื่อนำผลการวิจัยมาพัฒนา และปรับปรุงงานประจำให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ตลอดจนช่วยลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของมหาวิทยาลัย หน่วยสิ่งแวดล้อม ส่วนอาคารสถานที่จึงได้ทำการวิจัยสถาบัน เรื่อง ความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีขึ้น โดยดำเนินการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนเพื่อประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งครอบคลุมถึงการประเมินความคุ้มค่าทางด้านสิ่งแวดล้อมและสังคม ตลอดจนการประเมินความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในการรองรับการจัดการขยะของมหาวิทยาลัยในอนาคต ดังนั้น การศึกษาความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จึงมีความจำเป็นและมีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งจะได้เป็นแนวทางในการพัฒนา ปรับปรุง การบริหารจัดการโรงจัดการขยะแบบครบวงจรต่อไป และงานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณอุดหนุนการวิจัยสถาบันจากมหาวิทยาลัยในปีงบประมาณ 2559 และจักได้เผยแพร่ผลการวิจัยสถาบันให้กับผู้สนใจทั่วไปภายใต้ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยต่อไป

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะอนุกรรมการวิจัยสถาบันที่รับรองรายงานฉบับสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญกมล ดอนขวา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เผด็จ เผ่าละออ และหัวหน้าส่วนอาคารสถานที่ ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นในการดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายด้วยดี

ผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อ 1) วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร 2) ประเมินความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในการรองรับขยะมูลฝอยในอนาคต 3) ประเมินความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร และ 4) วิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensibility) ของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร กรณีต้นทุนและผลตอบแทนไม่เป็นไปตามปกติหรือมีความไม่แน่นอน โดยได้ทำการศึกษาข้อมูลปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย องค์ประกอบของขยะมูลฝอย การแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน ค่าใช้จ่าย และรายได้ของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ เดือนธันวาคม 2556 ถึง กรกฎาคม 2559 (32 เดือน) เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน วิเคราะห์ความอ่อนไหว ตลอดจนนำผลการศึกษามาวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านสิ่งแวดล้อมและสังคม

ผลการวิจัยพบว่า การลงทุนโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีมีความคุ้มค่า จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 2,555,585 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุน (B/C Ratio) เท่ากับ 0.92 อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 15.47% ระยะเวลาคืนทุน (PB) เท่ากับ 13.79 ปี

ผลการวิเคราะห์ค่าความอ่อนไหว (Sensibility) กรณีผลตอบแทนไม่เป็นไปตามปกติ พบว่าหากเพิ่มค่าใช้จ่าย 10% และผลตอบแทนลดลง 8% และ 10% การลงทุนจะไม่คุ้มค่า แต่หากมีการปรับแผนดำเนินงานโดยการหารายได้จากการรับกำจัดขยะมูลฝอยจากภายนอกในช่วงที่ปริมาณขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยมีปริมาณน้อยกว่าขนาดรองรับของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร พบว่าการลงทุนให้ผลคุ้มค่า

ผลการประเมินความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในการรองรับขยะมูลฝอยในอนาคต พบว่าในปีงบประมาณ 2570 จะมีปริมาณขยะเข้าโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ประมาณ 10 ตันต่อวัน ซึ่งจะเต็มขนาดรองรับของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรตามที่ได้ออกแบบไว้

ผลการประเมินความคุ้มค่าด้านสิ่งแวดล้อม สามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ จำนวน 16,033 tCO_2e หรือ 5.93 tCO_2e/ตัน-ขยะรวม และประเมินเป็นรายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต เป็นจำนวนเงิน 489,912 บาท หรือ 181 บาท/ตัน-ขยะรวม ส่วนความคุ้มค่าด้านสังคมนั้น การมีโรงจัดการขยะแบบครบวงจรภายในมหาวิทยาลัยช่วยส่งผลดีด้านภาพลักษณ์ในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม ตลอดจนเป็นแหล่งศึกษาดูงานและเผยแพร่ความรู้แก่ชุมชน

ABSTRACT

This research studied about Cost Effectiveness of Integrated Solid waste Sorting Plant, Suranaree University of Technology. The objectives of research were 1) analyze cost and benefit of Integrated Solid waste Sorting Plant 2) assess the ability of Integrated Solid waste Sorting Plant in the future 3) assess cost effectiveness and 4) analyze sensibility of Integrated Solid waste Sorting Plant in case, cost and return are unusual or unstable.

We needs to consider several things include : the quantity of solid waste generation, waste composition, waste possessing and benefit of Integrated Solid waste Sorting Plant. The period of studies was occurred during 2013, December to 2016, July (32 months) according to bring the data to analyze cost-benefit, sensibility and cost effectiveness of environment and society.

The result indicates that investment in Integrated Solid waste Sorting Plant project is worth investment. The result from cost- benefit analysis has Net Present Value (NPV) about 2,555,585 TH baht, Benefit-Cost Ratio (B/C Ratio) is 0.92, Internal Rate of Return (IRR) is around 15.47% and Payback period (PB) is around 13.79 years.

The result of sensibility analysis in case of unusual benefit indicates that if we pay more cost about 10% and decrease benefit about 8% and 10% an investment won't be worth investment; on the other hand, if we change the plan by increasing income from eliminating solid waste for outside during the solid waste in university is less than capacity of plant, it will be worth investment.

The result of ability of Integrated Solid waste Sorting Plant assessment in the future shows that, in 2027 Annual will have solid waste to full capacity of plant about 10 tons per day.

The result of value environment assessment indicates that it can reduce greenhouse gas emission about 16,033 tCO_2e or 5.93 tCO_2e per total of solid waste. Moreover, Income assessment from selling carbon credit is about 489,912 TH baht or 181.23 TH baht per total of solid waste. The result of value society assessment, Integrated Solid waste Sorting Plant, Suranaree University of Technology can present an environmentally responsible public image. Furthermore, it can use for education and dissemination knowledge to the community.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญกมล ดอนขวา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เผด็จ เผ่าละออ หัวหน้าส่วนอาคารสถานที่ และ ดร.สาธิต เนียมสุวรรณ (ผู้จัดการ) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน) ที่กรุณาให้ข้อมูลและข้อคิดเห็นในการดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายด้วยดี

ผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

คำนำ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ญ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 5

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 สถานการณ์และการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศไทยในปัจจุบัน 6

2.2 เทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน 8

2.3 กรณีศึกษาการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานในประเทศไทย 18

2.4 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 24

2.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensibility Analysis) 26

2.6 โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme, LESS) 26

2.7 โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) 30

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	**43**
	3.1 บทนำ	43
	3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	44
	3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	44
4	**ผลการศึกษา**	**48**
	4.1 ผลการศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	48
	4.1.1 รูปแบบถังขยะ	48
	4.1.2 รูปแบบรถเก็บขนขยะ	49
	4.1.3 ปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย	50
	4.1.4 องค์ประกอบขยะมูลฝอย	52
	4.1.5 กิจกรรมลดปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย	56
	4.1.6 กองทุนสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	60
	4.1.7 กระบวนการจัดการขยะมูลฝอยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร	61
	4.1.8 ผลผลิตและผลพลอยได้	66
	4.1.9 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	67
	4.1.10 รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้	68
	4.1.11 การประหยัดค่าใช้จ่าย	70
	4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	71
	4.2.1 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร	71
	4.2.2 ผลการประเมินความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในอนาคต	72
	4.2.3 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน	74
	4.2.4 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensibility)	77
	4.2.5 ผลการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก	79
	4.2.6 ผลการประเมินรายได้จากคาร์บอนเครดิต	81
	4.2.7 ผลการประเมินข้อดีของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร	82
5	**สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**	**91**
	5.1 สรุปผลการวิจัย	91
	5.2 อภิปรายผล	95
	5.3 ข้อเสนอแนะ	96

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
รายการอ้างอิง	**98**
ภาคผนวก	**101**
ภาคผนวก ก องค์ประกอบขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัย	102
ภาคผนวก ข ประเมินปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยในอนาคต	105
ภาคผนวก ค ประเมินค่าใช้จ่ายของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร	108
ภาคผนวก ง ประเมินรายได้ของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร	113
ภาคผนวก จ ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร	117
ภาคผนวก ฉ รายงานผลการประเมินการลดก๊าซเรือนกระจก (LESS Summary Report)	122
ภาคผนวก ช การเผยแพร่ผลงานวิจัย	127
ประวัติผู้วิจัย	**130**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบถูกต้องปี พ.ศ. 2558	7
2.2	คุณลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงขยะ (มูลฝอย) แต่ละชนิดและระบบการเผาไหม้	10
2.3	ประเภทวัตถุดิบและผลผลิตน้ำมันที่ได้	13
2.4	เปรียบเทียบข้อดี-ข้อด้อย ของเทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน	15
2.5	ประเภทกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกของ LESS	29
2.6	สถิติการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก ของโครงการ T-VER	33
2.7	ธุรกรรมคาร์บอนเครดิตของโครงการ T-VER	34
2.8	สรุปผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	41
4.1	ความสามารถของรถเก็บขนขยะมูลฝอย	50
4.2	อัตราการเกิดขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2559	51
4.3	เปรียบเทียบอัตราการเกิดขยะมูลฝอยจากแหล่งต่าง ๆ	52
4.4	กิจกรรมลดปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยภายในมหาวิทยาลัย	57
4.5	ผลดำเนินงานกิจกรรมลดการเกิดขยะมูลฝอยภายในมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2559	59
4.6	วงเงินสนับสนุนทุนจากกองทุนสิ่งแวดล้อม	60
4.7	ปริมาณผลผลิตและผลพลอยได้	66
4.8	การบริหารจัดการผลผลิตและผลพลอยได้	67
4.9	ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้นของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร	67
4.10	ค่าใช้จ่ายของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร	68
4.11	รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้	69
4.12	รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้แยกรายชนิด	69
4.13	ต้นทุนต่อหน่วยของการส่งขยะมูลฝอยไปฝังกลบภายนอกมหาวิทยาลัย	70
4.14	ประเมินการประหยัดค่าใช้จ่ายในการส่งขยะมูลฝอยไปฝังกลบ	70
4.15	ต้นทุนต่อหน่วยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร	71
4.16	เปรียบเทียบต้นทุนต่อหน่วยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรและการฝังกลบ	71
4.17	ประเมินค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนจากโรงจัดการขยะแบบครบวงจร	75
4.18	สรุปผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน	76
4.19	ค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน (กรณีวิเคราะห์ความอ่อนไหว)	77

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.20	สรุปผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (กรณีวิเคราะห์ความอ่อนไหว)	78
4.21	ข้อมูลประกอบการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก	79
4.22	ผลการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก	80
4.23	ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยขยะรวมของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร	80
4.24	รายได้จากคาร์บอนเครดิตของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ตั้งแต่ ธ.ค.56 – ก.ค.59	81
4.25	ผลผลิต-กิจกรรม ประจำปีงบประมาณ 2560	82
4.26	ผลผลิต-ตัวชี้วัด ประจำปีงบประมาณ 2560	82
4.27	ทุนสนับสนุนงานวิจัย โครงการ และกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม ประจำปีงบประมาณ 2559	85
4.28	การเผยแพร่เทคโนโลยีการจัดการขยะแบบครบวงจรไปยังหน่วยงานภายนอก	87
4.29	การเข้าร่วมโครงการด้านสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัย	88
4.30	ผลดำเนินงานการเข้าร่วมโครงการด้านสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัย	89
5.1	ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	91
5.2	ผลการประเมินความคุ้มค่าทางด้านสิ่งแวดล้อม	92
5.3	ผลการประเมินความคุ้มค่าทางด้านสังคม	93
5.4	ผลการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ (กรณีวิเคราะห์ความอ่อนไหว)	94
5.5	ต้นทุนต่อหน่วยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร กรณีมีรายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต	96

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 สัดส่วนการนำขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ ปี พ.ศ. 2558 7
2.2 ตะกรับภายในห้องเผาและการเคลื่อนที่ 8
2.3 เตาเผาแบบ Rotary Kiln 9
2.4 ขั้นตอนในการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นเชื้อเพลิง 11
2.5 ระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย 12
2.6 การผลิตก๊าซชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนจากขยะมูลฝอยอินทรีย์ 12
2.7 เตาปฏิกรณ์พลาสมาอาร์ค 14
2.8 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย เทศบาลนครนครราชสีมา 19
2.9 โรงงานผลิตเชื้อเพลิงทดแทนจากขยะมูลฝอย โรงปูนซีเมนต์ ทีพีไอ โพลีน จำกัด (มหาชน) 21
2.10 การบำบัดขยะเชิงกล – ชีวภาพ (Mechanical Biological Waste Treatment : MBT) เทศบาลนครพิษณุโลก 22
2.11 โรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่ 23
2.12 ขั้นตอนการขอรับรองผลการประเมินก๊าซเรือนกระจก 28
2.13 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ T-VER 32
3.1 ขั้นตอนดำเนินการศึกษาความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร 43
3.2 แผนผังการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วย 44
3.3 แผนผังการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน 45
4.1 ถังขยะมูลฝอยภายในและภายนอกอาคาร 49
4.2 รูปแบบรถเก็บขนขยะภายในมหาวิทยาลัย 49
4.3 ปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยประจำปีงบประมาณ 2557 – 2559..... 51
4.4 ขั้นตอนการหาองค์ประกอบขยะมูลฝอยด้วยวิธีแบ่งสี่ (Quartering) 54
4.5 องค์ประกอบขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 55
4.6 ร้อยละการเกิดขยะมูลฝอยแยกรายประเภทในแต่ละวัน 56
4.7 กิจกรรมลดปริมาณการเกิดขยะภายในมหาวิทยาลัย 58
4.8 ตำแหน่งที่ตั้งของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร 62
4.9 โรงจัดการขยะแบบครบวงจร 62
4.10 การปฏิบัติงานภายในโรงจัดการขยะแบบครบวงจร 63
4.11 ผลผลิตและผลพลอยได้จากโรงจัดการขยะแบบครบวงจร 63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.12 สัดส่วนการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร 64

4.13 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร 65

4.14 ประเมินปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยในอนาคต 20 ปี 73

4.15 ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร 81

4.16 สภาพปัญหาสิ่งแวดล้อมของสถานฝังกลบขยะมูลฝอยของ เทศบาลเมืองนครนครราชสีมา 84

4.17 การศึกษาดูงานโรงจัดการขยะแบบครบวงจร 86

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

RDF	=	Refuse Derived Fuel	=	เชื้อเพลิงขยะ
PB	=	Payback period	=	ระยะเวลาคืนทุน
NPV	=	Net Present Value	=	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
B/C Ratio	=	Benefit cost Ratio	=	อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย
IRR	=	Internal Rate of Return	=	อัตราผลตอบแทนของโครงการ
LESS	=	Low Emission Support Scheme	=	โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก
T-VER	=	Thailand Voluntary Emission Reduction Program	=	โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานประเทศไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีได้ประกาศนโยบายมหาวิทยาลัยเขียวสะอาด (Green and Clean University) ในปี พ.ศ. 2536 ตั้งแต่มหาวิทยาลัยเริ่มเปิดดำเนินการ ภายใต้แนวคิด เขียวคือชีวิต สะอาดคือจิตใจ สะอาดกาย สบายใจ มีการดำเนินงานตามนโยบายมาอย่างต่อเนื่อง ตลอดระยะเวลากว่า 20 ปี ส่งผลให้ในปี พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยได้รับการจัดอันดับให้เป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวโลกจาก UI Green Metric World University Ranking 2016 ได้อันดับที่ 2 ของประเทศไทย และอันดับที่ 102 ของโลก เกณฑ์การจัดอันดับของการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวโลก ถือเป็นเกณฑ์มาตรฐานหนึ่งที่ได้รับการยอมรับทั่วโลก เป็นเกณฑ์ชี้วัดที่แสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่นของมหาวิทยาลัยในการบริหารจัดการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวนี้สอดคล้องกับนโยบายเขียวสะอาดของมหาวิทยาลัย โดยมีเกณฑ์การประเมิน 6 ด้าน ประกอบด้วย 1) ที่ตั้งและโครงสร้างพื้นฐาน 2) การจัดการพลังงานและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ 3) การจัดการของเสีย 4) การใช้น้ำ 5) การขนส่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และ 6) ความสามารถในการให้การศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม จะเห็นได้ว่าการจัดการขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยถือเป็นหนึ่งในเกณฑ์ประเมินที่มีความสำคัญในด้านการจัดการของเสีย (Greenmetric.ui.ac.id, 2559)

การจัดการขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยในช่วงเริ่มต้นได้ใช้วิธีการเก็บขนและนำไปทิ้งที่หลุมฝังกลบขยะของเอกชนที่อยู่ใกล้เคียง ต่อมามีการยกเลิกหลุมฝังกลบขยะของเอกชนทำให้ต้องขนย้ายขยะมูลฝอยไปกำจัดยังหลุมฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองนครนครราชสีมา ซึ่งมีระยะทางค่อนข้างไกลและมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งไปกำจัดเพิ่มมากขึ้นจากเดิมหลายเท่าตัว จึงได้มีการก่อสร้างศูนย์คัดแยกและแปรสภาพขยะมูลฝอยขึ้นเพื่อเป็นสถานที่จัดการขยะมูลฝอยโดยการเผาทำลายในเตาเผาขยะ แต่การจัดการดังกล่าวนี้ยังไม่สามารถจัดการขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นให้หมดได้ในแต่ละวัน ทำให้ต้องขนย้ายขยะมูลฝอยส่วนที่จัดการไม่ได้ไปทิ้งที่หลุมฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองนครนครราชสีมาเช่นเดิม กอรปกับเตาเผาขยะมูลฝอยเมื่อใช้งานมาได้ระยะหนึ่งมีการชำรุดจนไม่สามารถใช้งานได้ มหาวิทยาลัยจึงได้แก้ไขปัญหาในระยะสั้นโดยการขอใช้พื้นที่ของศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ เป็นการชั่วคราวสำหรับกำจัดขยะมูลฝอยโดยการแปรรูปเป็นปุ๋ยอินทรีย์และแท่งเชื้อเพลิง แต่เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวอยู่ในบริเวณของฟาร์มมหาวิทยาลัยจึงไม่เหมาะสมเป็น

สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยและได้รับข้อร้องเรียนจากผู้ใช้อาคารของฟาร์มมหาวิทยาลัยเรื่องของกลิ่นจากขยะมูลฝอย

มหาวิทยาลัยได้สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการก่อสร้างโรงจัดการขยะแบบครบวงจรขึ้นซึ่งเป็นงบลงทุนที่ค่อนข้างสูง โดยใช้เทคโนโลยีเชิงกลชีวภาพ (Mechanical Biological Treatment) โดยเริ่มดำเนินงานมาแล้วเป็นระยะเวลา 2 ปี 8 เดือน (ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2556 จนถึงเดือนกรกฎาคม 2559 จากผลดำเนินงานที่ผ่านมาสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งขยะมูลฝอยไปกำจัดที่หลุมฝังกลบขยะของเทศบาลฯ ทำให้เกิดผลผลิตและผลพลอยได้เพื่อนำไปจำหน่ายเป็นรายได้เข้ากองทุนสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยอย่างต่อเนื่อง แต่ผลจากการดำเนินการดังกล่าวยังไม่มีการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนที่ชัดเจน และยังไม่มีการประเมินความคุ้มค่าจากโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ดังนั้น การศึกษาความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร โดยดำเนินการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน เพื่อประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการประเมินค่าทางด้านสิ่งแวดล้อมและสังคม ตลอดจนการประเมินความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในการรองรับการจัดการขยะของมหาวิทยาลัยในอนาคต จึงมีความจำเป็นและมีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งจะได้เป็นแนวทางในการพัฒนา ปรับปรุง การบริหารจัดการโรงจัดการขยะแบบครบวงจร และเป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผน การกำหนดนโยบาย และการจัดสรรงบประมาณในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

1.2.2 เพื่อประเมินความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในอนาคต

1.2.3 เพื่อประเมินความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

1.2.4 เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensibility) ของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรกรณีต้นทุนและผลตอบแทนไม่เป็นไปตามปกติหรือมีความไม่แน่นอน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตด้านตัวแปร

- ต้นทุนลงทุนเริ่มต้น (Investment Cost) : ค่าก่อสร้างอาคาร ค่าก่อสร้างถนน ค่าเครื่องจักร ค่าติดตั้งระบบสาธารณูปโภค และค่าติดตั้งเครื่องจักร เป็นต้น
- ต้นทุนดำเนินงาน (Operation Cost) : ค่าจ้างแรงงานและเจ้าหน้าที่ ค่าไฟฟ้าและน้ำประปา ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมบำรุงรักษา และค่าวัสดุสิ้นเปลือง เป็นต้น

- ผลตอบแทนทางตรง : รายได้ที่เกิดจากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้จากโรงจัดการขยะแบบครบวงจร รายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิตและการประหยัดค่าใช้จ่าย (Cost saving) ในการนำขยะไปทิ้งที่หลุมฝังกลบขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองนครนครราชสีมา

- ราคารับซื้อผลผลิตและผลพลอยได้ ประกอบด้วย เชื้อเพลิงขยะเกรด A และ B ปุ๋ยอินทรีย์ วัสดุปรับปรุงดิน และขยะรีไซเคิล ให้เป็นไปตามบันทึกข้อตกลงการรับซื้อผลพลอยได้จากโรงจัดการขยะแบบครบวงจรกับศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โดยมีการปรับราคาทุก ๆ 2 ปี ส่วนราคาจำหน่ายขยะรีไซเคิลให้เป็นไปตามราคารับซื้อของธนาคารวัสดุรีไซเคิล มทส. ซึ่งจะมีการปรับทุก ๆ 2 เดือน

- ปริมาณขยะ : ปริมาณขยะของมหาวิทยาลัยที่เก็บรวบรวมจากอาคารต่าง ๆ และส่งเข้ามาจัดการภายในโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

1.3.2 ขอบเขตด้านสถานที่

โรงจัดการขยะแบบครบวงจร ส่วนอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

1.3.3 ขอบเขตด้านระยะเวลา

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาข้อมูลการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2556 ถึง กรกฎาคม 2559 (32 เดือน)

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 โรงจัดการขยะแบบครบวงจร หมายถึง สถานที่ดำเนินการจัดการขยะที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อนำขยะมาแปรรูปเป็นปุ๋ยอินทรีย์และเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ด้วยเทคโนโลยีเชิงกล-ชีวภาพ (MBT : Mechanical and Biological Treatment) หรือเทคโนโลยีการหมัก (Composting) เพื่อยุบกองและลดกลิ่น ซึ่งเทคโนโลยีนี้เป็นงานวิจัยของศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.4.2 ต้นทุน หมายถึง งบประมาณในการลงทุนเริ่มต้น (Investment Cost) และงบประมาณในการดำเนินงาน (Operation Cost) ของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

1.4.3 ผลผลิตและผลพลอยได้ หมายถึง ส่วนที่ได้จากการแปรรูปขยะทำให้เกิดผลผลิตหลัก คือ เชื้อเพลิงขยะเกรด A เชื้อเพลิงขยะเกรด B และเกิดผลพลอยได้ คือ ปุ๋ยอินทรีย์ วัสดุปรับปรุงดิน และขยะรีไซเคิล

1.4.4 ความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร หมายถึง ผลตอบแทนที่เป็นตัวเงินและไม่เป็นตัวเงิน

1.4.5 ผลตอบแทนที่เป็นตัวเงิน หมายถึง รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้จากโรงจัดการขยะแบบครบวงจร รายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต และการประหยัดค่าใช้จ่าย (Cost saving) ในการนำไปทิ้งที่หลุมฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองนครนครราชสีมา

1.4.6 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost-Benefit Analysis) หมายถึง การวิเคราะห์ 1) ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback period) 2) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value : NPV) 3) อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (Benefit cost ratio : B\C Ratio) และ 4) อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (Internal rate of return : IRR)

1.4.7 ผลตอบแทนที่ไม่เป็นตัวเงิน หมายถึง ผลตอบแทนด้านสิ่งแวดล้อมและสังคม ประกอบด้วยการประเมิน 2 ส่วน คือ

1) การประเมินปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ซึ่งรายการคำนวณเป็นไปตามโครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme, LESS) ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

2) การประเมินข้อดีของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร โดยทำการประเมินในเชิงพรรณนา

1.4.8 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensibility Analysis) หมายถึง การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนกรณีต้นทุนและผลตอบแทนไม่เป็นไปตามที่วิเคราะห์จากกรณีปกติ เช่น ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 10% หรือ ผลตอบแทนลดลง 5% เป็นต้น

1.4.9 โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme, LESS) หมายถึง โครงการที่สร้างความตระหนักเพื่อให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และยกย่องผู้ทำความดีโดยการมอบใบประกาศเกียรติคุณ (Letter of Recognition : LOR) เพื่อให้ได้รับการยอมรับ โดยผ่านกระบวนการวิเคราะห์และประเมินทางเทคนิควิชาการ ทำให้เกิดเป็น Low Emission Support Scheme หรือ LESS ซึ่งโครงการนี้จัดขึ้นโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

1.4.10 ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก (Certified Emission Reductions, CERs) หมายถึง ปริมาณการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการยอมรับโดยผ่านกระบวนการวิเคราะห์และประเมินทางเทคนิค และถือเป็นสินค้าชนิดหนึ่ง เรียกว่า คาร์บอนเครดิตซึ่งสามารถนำไปซื้อ-ขายให้กับประเทศพัฒนาแล้วที่ต้องการลดแก๊สเรือนกระจกให้ได้ตามพันธกรณี

1.4.11 โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program T-VER) หมายถึง โครงการลดก๊าซเรือนกระจกที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ทุก

ภาคส่วน มีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศโดยความสมัครใจ และสามารถนำปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ที่เรียกว่า คาร์บอนเครดิต ซึ่งภายใต้โครงการ T-VER นี้เรียกว่า "TVERs" ไปขายในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจในประเทศได้

4.1.12 นักศึกษาสมมูล หมายถึง จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนทั้งหมด

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.5.1 ผลการศึกษาที่ได้จะนำไปสู่แนวทางปรับปรุง พัฒนา โรงจัดการขยะแบบครบวงจร ตลอดจนเป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผน การกำหนดนโยบาย และการจัดสรรงบประมาณในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัย

1.5.2 ได้ข้อมูลปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร สำหรับยื่นขอการรับรองและใบประกาศเกียรติคุณตามโครงการ LESS ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) และเป็นการเตรียมความพร้อมในการพัฒนากิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกไปสู่ระดับสามารถซื้อ-ขายเครดิตได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในช่วงเดือน ธันวาคม 2556 ถึง กรกฎาคม 2559 ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

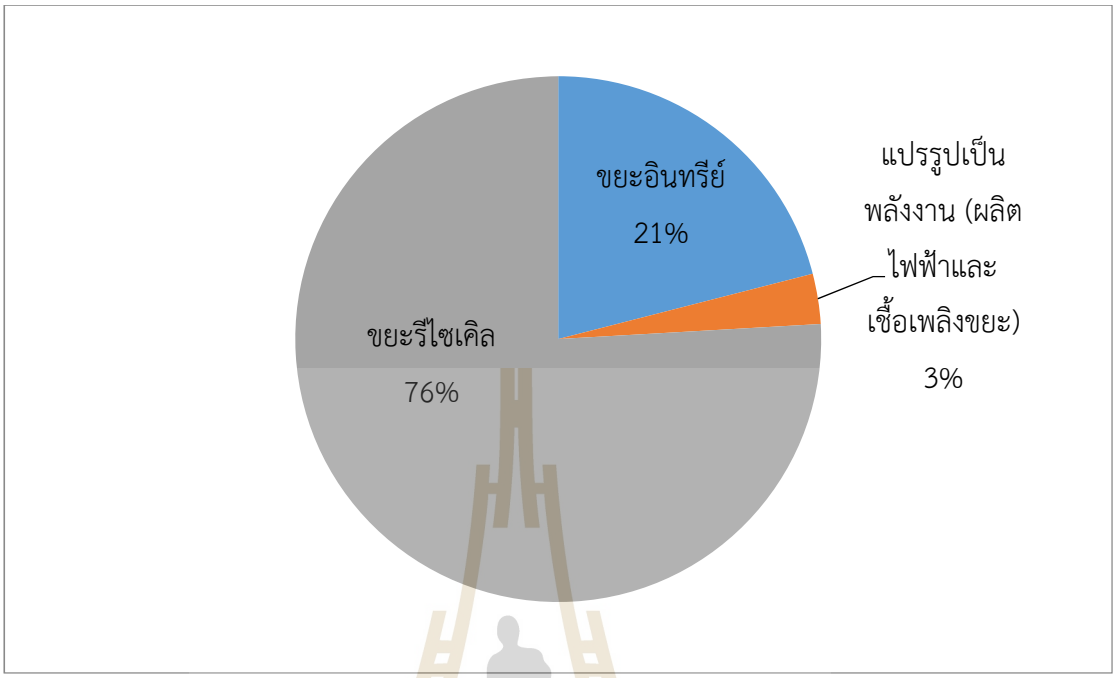
1. สถานการณ์และการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศไทยในปัจจุบัน
2. เทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน
3. กรณีศึกษาการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานในประเทศไทย
4. การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์
5. โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก
6. โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์และการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศไทยในปัจจุบัน

กรมควบคุมมลพิษ (2558) ได้รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ประจำปี พ.ศ. 2558 พบว่าประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 26.85 ล้านตัน (73,560 ตันต่อวัน) เป็นขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานคร ร้อยละ 16 และจังหวัดอื่น ๆ ร้อยละ 84 และจังหวัดที่มีปริมาณขยะมูลฝอยมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ กรุงเทพมหานคร ชลบุรี นครราชสีมา สมุทรปราการ และขอนแก่น ตามลำดับ และพบว่าประเทศไทยมีอัตราการเกิดขยะมูลฝอยเท่ากับ 1.13 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.80 จากปี พ.ศ. 2557 (1.11 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน)

2.1.1 การคัดแยกและใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอย

ปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีการนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ จำนวน 4.94 ล้านตัน หรือร้อยละ 18.39 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยมีการใช้ประโยชน์จากขยะรีไซเคิลมากที่สุด ร้อยละ 75.91 รองลงมาคือ การใช้ประโยชน์จากขยะอินทรีย์ ร้อยละ 21 และการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน (นำมาผลิตกระแสไฟฟ้าและแท่งเชื้อเพลิงขยะ) ร้อยละ 3.04 ตามลำดับ ดังภาพที่ 2.1 ทั้งนี้ มีการนำขยะมูลฝอยมาแปรรูปเป็นพลังงาน จำนวน 2 แห่ง คือ เทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต ขนาด 14 เมกะวัตต์ และเทศบาลนครหาดใหญ่จังหวัดสงขลา ขนาด 7 เมกะวัตต์ และมีอีกหลายแห่งที่กำลังดำเนินการก่อสร้างคาดว่าจะผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มได้อีก 11 เมกะวัตต์



ภาพที่ 2.1 สัดส่วนการนำขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ ปี พ.ศ. 2558

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2558

2.1.2 การจัดการและกำจัดขยะมูลฝอย

ในปี พ.ศ. 2558 พบว่ามีจำนวนสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ดำเนินการอย่างถูกต้อง จำนวน 448 แห่ง ซึ่งลดลงจากปี พ.ศ. 2557 จำนวน 32 แห่ง (480 แห่ง) เนื่องจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ดำเนินการไม่ถูกต้องได้ให้หยุดดำเนินการและให้ขนส่งขยะมูลฝอยไปกำจัดยังสถานที่ที่กำจัดขยะมูลฝอยถูกต้อง โดยมีการจัดการแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลมากที่สุด ร้อยละ 90 รองลงมาคือ ระบบคัดแยกและหมักทำปุ๋ย ร้อยละ 5 และเตาเผาที่มีระบบกำจัดมลพิษ ร้อยละ 4 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบถูกต้องปี พ.ศ. 2558

ลำดับ	ระบบกำจัดขยะมูลฝอย	จำนวน (แห่ง)	ร้อยละ
1	ฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะ	405	90
2	เตาเผาที่มีระบบกำจัดมลพิษ	18	5
3	ระบบคัดแยก และทำปุ๋ย	23	4
4	แบบเชิงกล-ชีวภาพ	2	1
	รวม	448	100

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2558

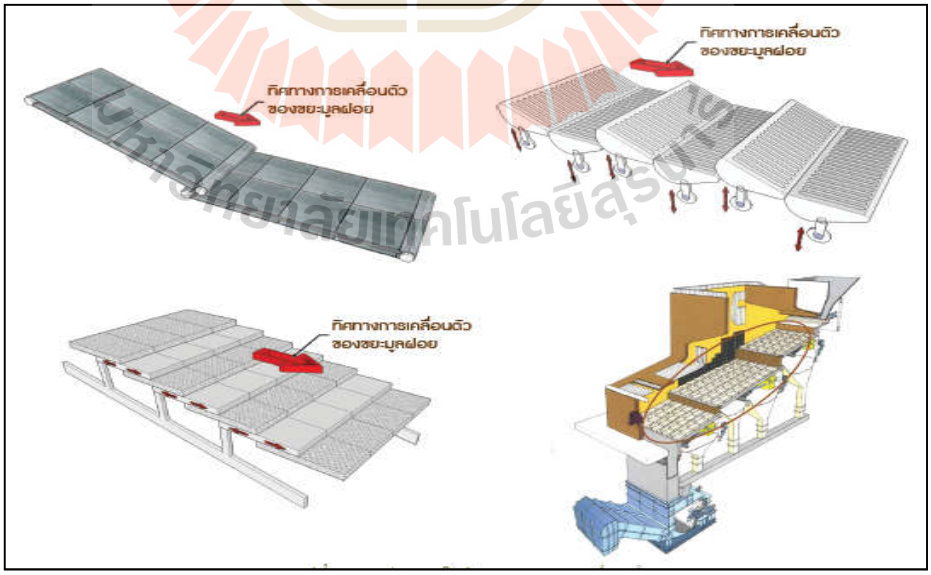
2.2 เทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน

การแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงานเป็นหนึ่งในกระบวนการ 3R (Reduce, Reuse, Recycle) โดยทั่วไปขยะมูลฝอยสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ 5 วิธี คือ

2.2.1 การเผาในเตาเผา (Incineration)

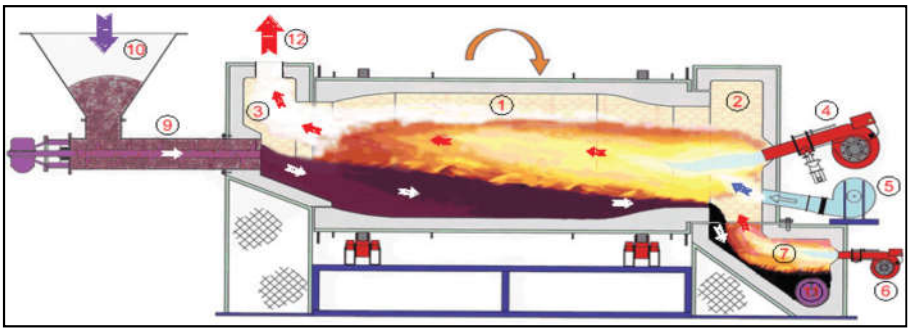
การกำจัดขยะมูลฝอยโดยใช้เตาเผา (Incinerator) เป็นการใช้หลักการการเผาไหม้ (Combustion) ในการทำลายหรือเปลี่ยนสภาพขยะมูลฝอยที่อยู่ในรูปของแข็งให้กลายเป็นก๊าซ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไอน้ำ (H_2O) รวมทั้งของแข็งที่ไม่มีการติดไฟอีกต่อไป เช่น เถ้าหนัก (Bottom Ash) เถ้าลอย (Fly Ash) และสุดท้ายคือพลังความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ขยะมูลฝอย นอกจากจะกำจัดขยะมูลฝอยแล้วการเผาในเตาเผายังสามารถนำพลังงานความร้อนกลับไปใช้ประโยชน์ เช่น การผลิตน้ำร้อน ไอน้ำ หรือแม้แต่พลังงานไฟฟ้า

เตาเผาขยะมูลฝอยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ เตาเผาแบบตะกรับที่เคลื่อนที่ (Moving Grate Incinerator) เตาเผาแบบหมุน (Rotary Klin Incinerator) และเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized-bed Incinerator) โดยเทคโนโลยีเตาเผาแบบตะกรับที่เคลื่อนที่ (Moving Grate Incinerator) มีการใช้แพร่หลายมากที่สุดและได้รับการทดสอบแล้วมีสมรรถนะทางเทคนิคที่ยอมรับได้และสามารถรองรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและค่าความร้อนที่หลากหลายได้ ดังตัวอย่างภาพที่ 2.2 และเตาเผาที่ได้รับความนิยมตามมาคือเตาเผาแบบหมุน (Rotary Klin Incinerator) ดังตัวอย่างภาพที่ 2.3 โดยการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเตาเผาขยะมูลฝอยแต่ละประเภท ดังตารางที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ตะกรับภายในห้องเผาและการเคลื่อนที่

ที่มา: คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และเทคโนโลยีการแปรรูปมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น. กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554



ภาพที่ 2.3 เตาเผาแบบ Rotary Kiln

ที่มา: คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และเทคโนโลยีการแปรรูปมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น. กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554

การนำความร้อนมาใช้ประโยชน์หลักที่ได้รับจากการเผาไหม้ขยะมูลฝอยในเตาเผา ได้แก่ การนำเอาพลังงานที่มีอยู่ในขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยการเผาทำลายขยะมูลฝอยในเตาเผาสามารถลดปริมาณการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากหลุมฝังกลบ และสามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ นอกจากนี้ยังเป็นการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมด้วย

แก๊สร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ในเตาเผาจะมีพลังงานที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่ในตัวด้วย มันจะถูกทำให้เย็นตัวลงในหม้อน้ำก่อนที่จะไหลเข้าสู่อุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศ ชนิดของหม้อน้ำที่ติดตั้งขึ้นอยู่กับว่าต้องการพลังงานในรูปของน้ำร้อนเพื่อใช้กับระบบน้ำร้อน หรือไอน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรม หรือเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ประสิทธิภาพที่ได้จากการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่สำหรับการใช้พลังงานแต่ละประเภทเทียบกับความร้อนที่ใส่เข้าไป

2.2.2 แท่งเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel, RDF)

แท่งเชื้อเพลิงขยะ (มูลฝอย) เป็นเชื้อเพลิงในรูปของแข็งที่ผลิตจากขยะมูลฝอยชุมชน โดยจะต้องมีการคัดแยกขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ออกก่อนจะมีการนำขยะมูลฝอยไปบดหรือหั่นและผสมด้วยตัวผสานก่อนจะทำให้แห้งและอัดเป็นก้อนหรือแท่ง นอกจากนั้น ยังมีการนำเศษพลาสติกเก่ามาหลอมรวมกันทำเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้เช่นกัน วัสดุที่เหมาะสมนำมาใช้ทำเป็นแท่งเชื้อเพลิง ได้แก่ กระดาษ กระดาษแข็ง พลาสติก ไม้และผ้า ซึ่งมีค่าความร้อนต่ำสุด (LHV) ประมาณ 11-17 เมกะจูล/กก. โดยอาจผลิตออกมาเป็นเม็ด ก้อนหรือแท่ง

แท่งเชื้อเพลิงสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ชนิด ตามมาตรฐาน ASTM E-75 ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการจัดการที่ใช้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงขยะ (มูลฝอย) แต่ละชนิดและระบบการเผาไหม้

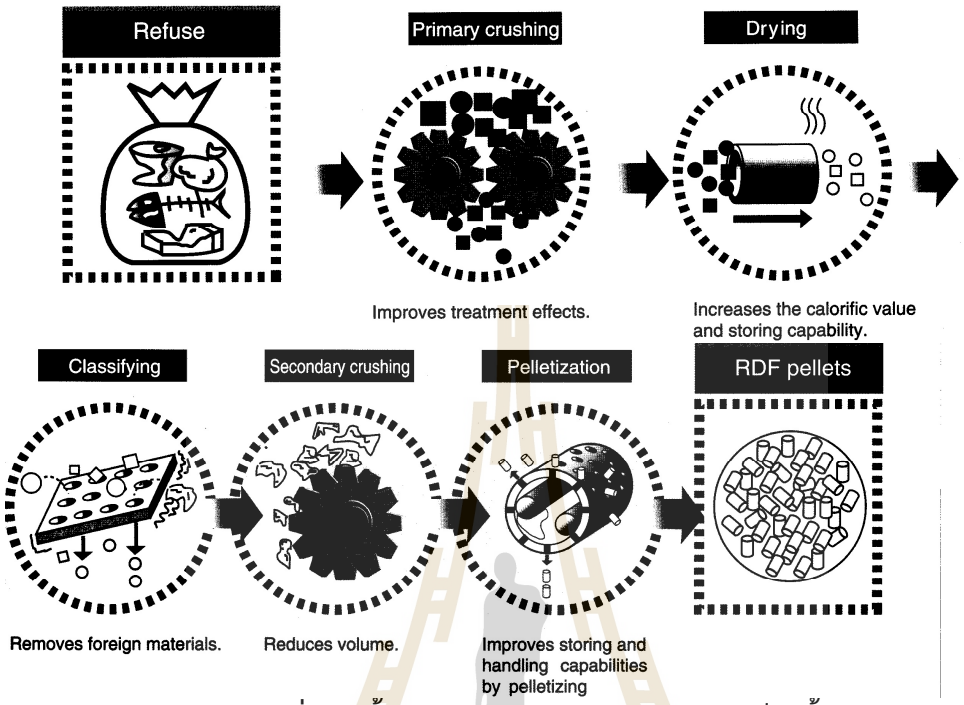
ประเภท RDF	รูปแบบ	คุณลักษณะ	ระบบการเผาไหม้
RDF-1	Raw (MSW)	เป็นขยะอยู่ในรูปของขยะที่ได้รับมาโดยตรงจากผู้ทิ้ง โดยไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ	Stoker
RDF-2	Coarse (c-RDF)	เป็นขยะที่ผ่านการคัดแยกเอาโลหะเหล็กออกไป และทำให้มีขนาดลดลงแบบหยาบ ๆ	FBC, MFC
RDF-3	Fluff (f-RDF)	เป็นขยะที่ผ่านกระบวนการบดจนเหลือเพียงวัสดุที่เผาไหม้ได้เท่านั้นจนได้ขยะที่ 95% โดยน้ำหนักของขยะสามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 50 ตารางมิลลิเมตรได้	Stoker
RDF-4	Powder	เป็นขยะจำพวกวัสดุที่เผาไหม้ได้เท่านั้น โดยที่ 95% โดยน้ำหนักของขยะสามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2.5 ตารางมิลลิเมตรได้	FBC, PF
RDF-5	Dandified (d-RDF)	เป็นขยะที่ผ่านกระบวนการบดจนเหลือเพียงวัสดุที่เผาไหม้ได้ที่นำมาอัดให้อยู่ในรูปแบบของอัดเม็ด อัดแท่งหรือก้อนเท่านั้น	FBC, MFC
RDF-6	Liquid	เป็นขยะจำพวกวัสดุที่เผาไหม้ได้ในลักษณะของเชื้อเพลิงเหลวเท่านั้น	Swirl burner
RDF-7	Gas	เป็นขยะจำพวกวัสดุที่เผาไหม้ได้ในลักษณะของเชื้อเพลิงประเภทแก๊สเท่านั้น	Burner, IGCC.

ที่มา: ASTM standard E856-83 (2006)

หลักการทำงานของเทคโนโลยีแท่งเชื้อเพลิงขยะ เริ่มจากการคัดแยกขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ เช่น โลหะ แก้ว เศษหิน โลหะ ขยะอันตราย และขยะรีไซเคิลออกจากขยะมูลฝอยรวม จากนั้นจึงป้อนขยะมูลฝอยไปเข้าเครื่องบดเพื่อลดขนาด อาจมีการป้อนเข้าเตาอบเพื่อลดความชื้นของขยะมูลฝอยโดยการใช้ความร้อนจากไอน้ำหรือลมร้อนเพื่ออบขยะมูลฝอยให้แห้งซึ่งจะทำให้น้ำหนักลดลง 50% (ความชื้นเหลือไม่เกิน 15%) และสุดท้ายจะส่งไปเข้าเครื่องอัดเม็ด (Pellet) หรือทำเป็นแท่งเพื่อทำให้ได้เชื้อเพลิงขยะอัดเม็ดหรือเป็นแท่งที่มีขนาดและความหนาแน่นเหมาะสมต่อการขนส่งหรือการใช้งาน ทั้งนี้การใช้ประโยชน์จากแท่งเชื้อเพลิงมีหลากหลายวิธี ดังนี้

1. ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยร่วมกับอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนเป็นพลังงาน เช่น เตาเผา
2. เผาไหม้ร่วมกับเชื้อเพลิงอื่น เช่น ถ่านหินหรือชีวมวล
3. เผาไหม้ในเตาผลิตปูนซีเมนต์

โดยขั้นตอนในการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นเชื้อเพลิง ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ขั้นตอนในการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นเชื้อเพลิง

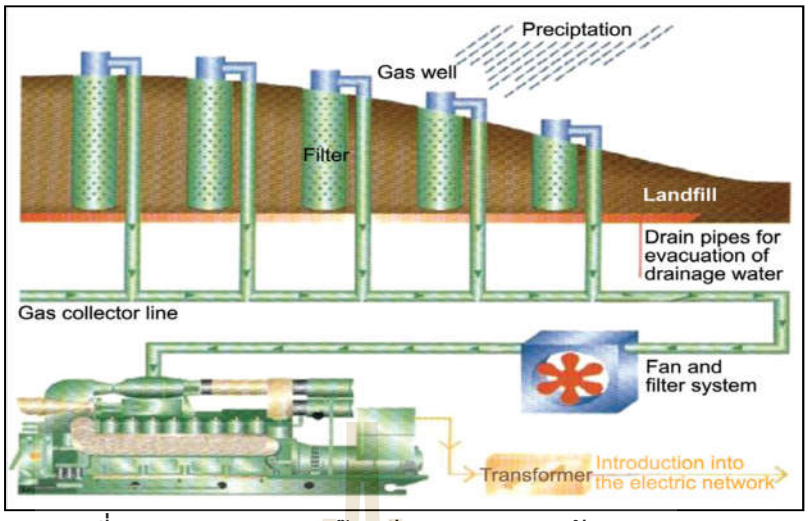
ที่มา: คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และเทคโนโลยีการแปรรูปมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น. กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554

2.2.3 การผลิตก๊าซชีวภาพโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน (Biogas Production by Anaerobic Digestion)

เป็นกระบวนการหมักขยะมูลฝอยประเภทสารอินทรีย์ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนเพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพ (Biogas) สำหรับใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อน ส่วนกากที่เหลือจากการหมักสามารถนำไปใช้ในการเพาะปลูกพืชได้อีก

การผลิตก๊าซชีวภาพโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

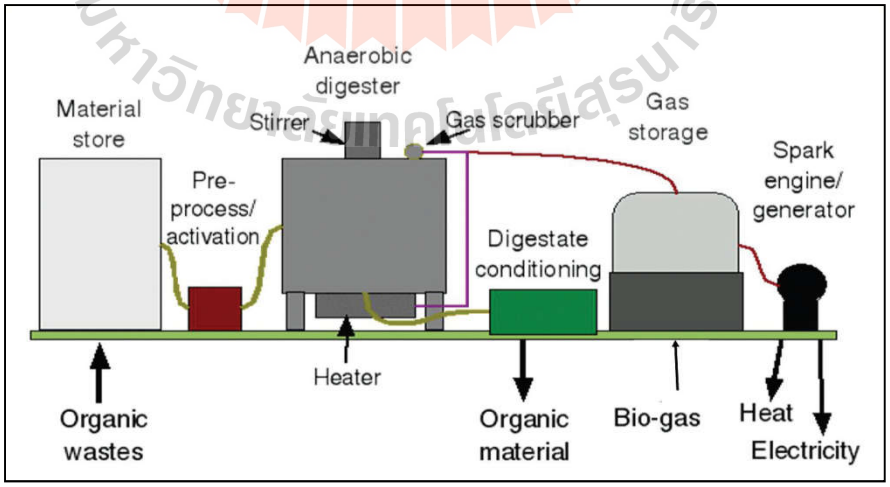
1) การผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยหรือ Sanitary Landfill Gas โดยในหลุมฝังกลบจะมีขยะมูลฝอยทุกประเภทรวมอยู่แต่กลุ่มที่ให้ก๊าซ คือ ขยะมูลฝอยประเภทสารอินทรีย์จากนั้นมีการวางท่อเพื่อระบายและรวบรวมก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นนำไปใช้ประโยชน์ก๊าซที่ติดไฟที่นำไปใช้ประโยชน์คือก๊าซมีเทน (CH_4) ตัวอย่างของหลุมฝังกลบที่ดำเนินการแบบนี้ได้แก่หลุมฝังกลบขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี หรือหลุมฝังกลบมูลฝอยของบริษัท ไพโรจน์สมพงษ์จำกัด ที่อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่สามารถรวบรวมก๊าซชีวภาพไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือใช้ประโยชน์อย่างอื่น ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย

ที่มา: คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และเทคโนโลยีการแปรรูปมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น. กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554

2) การคัดแยกเฉพาะขยะมูลฝอยอินทรีย์และนำไปหมักในถังหมักเฉพาะเพื่อให้เกิดก๊าซชีวภาพโดยเฉพาะมีเทน (CH_4) ตัวอย่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ดำเนินการด้วยวิธีนี้ เช่น เทศบาลนครระยอง จังหวัดระยอง โดยทั้ง 2 ระบบให้ก๊าซชีวภาพที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนประกอบของก๊าซส่วนใหญ่ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยอาจจะมีก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) รวมทั้งไอน้ำ (H_2O) เกิดขึ้นด้วยแต่การคัดแยกเฉพาะสารอินทรีย์ และนำไปหมักในถังหมักเฉพาะจะให้สัดส่วนของก๊าซมีเทนมากกว่าการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การผลิตก๊าซชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนจากขยะมูลฝอยอินทรีย์

ที่มา: คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และเทคโนโลยีการแปรรูปมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น. กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554

2.3.4 การแปรรูปขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกเป็นน้ำมัน

ขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเช่นเดียวกับน้ำมัน เพียงแต่น้ำมันมีจำนวนคาร์บอนน้อยกว่าพลาสติก เช่น ดีเซลจะมีคาร์บอน 12 - 20 ตัว เบนซิน 6 - 12 ตัว แต่พลาสติกจะเป็นโซ่ยาวมาก มีคาร์บอนเป็นจำนวนมาก โดยจำนวนคาร์บอนขึ้นอยู่กับชนิดของโพลิเมอร์นั้น ๆ การที่จะเปลี่ยนให้เป็นน้ำมันได้จะต้องตัดโซ่ให้สั้นลงพลาสติกทั่วไปมีหลายประเภทที่สามารถนำมาผลิตน้ำมันได้ แต่อาจให้ผลผลิตและปริมาณที่ต่างกัน โดยน้ำมันที่ได้จากขวดใสและถุงอาหารทั่วไปจะให้ดีเซลสีขุ่นดำ แต่หากใช้วัตถุดิบประเภทถุงพลาสติกใหม่จะได้น้ำมันเหลืองใสโดยประเภทพลาสติกแปรรูปเป็นน้ำมันได้ ดังตารางที่ 2.3

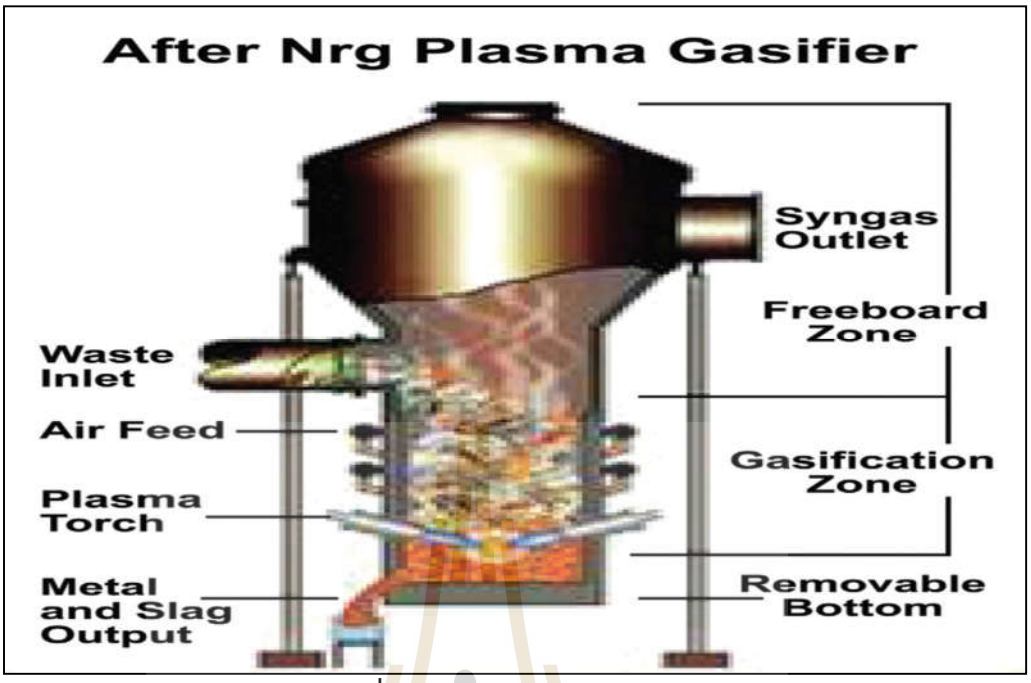
ตารางที่ 2.3 ประเภทวัตถุดิบและผลผลิตน้ำมันที่ได้

ประเภทของพลาสติก	ผลผลิตที่ได้
โพลีเอทิลีน (Polyetylene, PE)	ดีมาก
โพลีโพพีลีน (Polypropylene, PP	ดีมาก
โพลิสไตรีน (Polystylene, PS)	ดีมาก
เอบีเอสเรซิน (ABS Resin)	ดี
โพลียูริเทน (Polyurethane)	พอใช้
โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride, PVC)	ไม่เหมาะสม

ที่มา: http://oknation.nationtv.tv/blog/energyclinic/2008/10/14/

2.3.5 เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ค (Plasma Arc)

เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ค (Plasma Arc) เป็นเทคโนโลยีด้านพลังงานขั้นสูงที่ใช้ในการกำจัดมูลฝอยได้หลายลักษณะ หลักการคือ การป้อนขยะมูลฝอยเข้าไปใน plasma arc field ซึ่งมีอุณหภูมิสูงประมาณ 5,000 - 15,000 องศาเซลเซียส โดยตรง อุณหภูมิที่สูงระดับนี้จะสามารถแยกอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของขยะมูลฝอยออกได้ ทำให้ขยะมูลฝอยถูกความร้อนเผาทำลายลงหมด ความร้อนที่ได้สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยใช้เป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำและนำไอน้ำมาผลิตเป็นพลังงานกระแสไฟฟ้าต่อไป โดยเทคโนโลยีพลาสมาอาร์คประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ เครื่องปฏิกรณ์พลาสมา (Plasma Reactor) ระบบควบคุมด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Control) และระบบผลิตพลังงาน (Power Generation Unit) ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 เตาปฏิกรณ์พลาสมาอาร์ค

ที่มา: คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และเทคโนโลยีการแปรรูปมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น. กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554

ทั้งนี้ แต่ละเทคโนโลยีมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกัน ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีของการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานนั้นจะมีความเหมาะสมกับแต่ละท้องถิ่นไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย ลักษณะขยะมูลฝอย ลักษณะพื้นที่ ตลอดจนนโยบายในการจัดการขยะมูลฝอยของแต่ละท้องถิ่น โดยการเปรียบเทียบข้อดี-ข้อด้อย ของเทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานด้วยวิธีต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อด้อย ของเทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน

เทคโนโลยี	ข้อดี	ข้อด้อย
1. เตาเผา	- สามารถกำจัดขยะมูลฝอยได้หลากหลายประเภท - สามารถทำลายขยะมูลฝอยได้สูงถึง 90% - สามารถนำพลังงานที่เกิดจากการเผาไหม้ไปใช้ประโยชน์ - มีของเสียเหลือจากการเผาไหม้น้อย	- ต้องมีระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ และระบบบำบัดน้ำเสียรองรับ - องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต้องมีผู้ดูแลที่มีความรู้ ความชำนาญเพราะใช้เทคโนโลยีในการดำเนินการ - ราคาค่าลงทุนและค่าดำเนินการสูง
2. แท่งเชื้อเพลิงขยะ	- มีค่าความร้อนสูงเมื่อเทียบกับขยะมูลฝอยที่รวบรวมได้ - การจัดเก็บ การขนส่ง และการจัดการต่าง ๆ สะดวกปลอดภัยและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย - ได้แท่งเชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงานความร้อน - ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีไพโรไลซิสและก๊าซซิฟิเคชั่นได้ - ใช้พื้นที่ระบบน้อย โรงกำจัดมีขนาดเล็ก สามารถสร้างกระจายไปตามจุดต่าง ๆ ณ แหล่งกำเนิดมูลฝอยได้ - เชื้อเพลิงที่ได้ไม่จำเป็นต้องผลิตเป็นพลังงานทันทีเก็บไว้ผลิตเมื่อใดก็ได้	- ต้องมีระบบการคัดแยกขยะมูลฝอยก่อนเข้าสู่ระบบ ทำให้ต้องใช้เงินลงทุนในส่วนนี้เพิ่มเติม - มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งแท่งเชื้อเพลิงขยะไปยังระบบอื่น ๆ เพราะต้องขนส่งโดยพาหนะเท่านั้น - เป็นเทคโนโลยีที่ยังไม่สิ้นสุดจะต้องมีระบบคอยรองรับเพื่อนำแท่งเชื้อเพลิงขยะที่ได้ไปเปลี่ยนเป็นพลังงานอีกครั้ง - มีผลกระทบต่อหม้อต้มไอน้ำและระบบท่อลำเลียงมากกว่าการใช้เชื้อเพลิงประเภทอื่น ๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

เทคโนโลยี	ข้อดี	ข้อด้อย
3. การผลิตก๊าซชีวภาพโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน		
3.1 จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย	- สามารถกำจัดขยะมูลฝอยได้ทุกประเภท - ไม่จำเป็นต้องมีระบบอื่นๆ เช่น การคัดแยกขยะมูลฝอยรองรับก่อนเริ่มทำการหมัก	- ได้สัดส่วนปริมาณก๊าซมีเทนปริมาณที่น้อยกว่ามากหากเทียบกับการผลิตก๊าซชีวภาพโดยกระบวนการย่อยสลายได้แบบไร้ออกซิเจนจากการคัดแยกเฉพาะขยะมูลฝอยอินทรีย์และนำไปหมักในถังหมัก - ใช้พื้นที่จำนวนมากในการฝังกลบ
3.2 การคัดแยกเฉพาะขยะอินทรีย์และนำไปหมักในถังหมัก	- เป็นการหมุนเวียนขยะมูลฝอยประเภทขยะอินทรีย์กลับมาใช้ใหม่ในรูปของก๊าซชีวภาพและกากที่สามารถนำไปใช้เป็นสารปรับสภาพดิน - สามารถใช้บำบัดขยะอินทรีย์ - สามารถหมักร่วมกับของเสียอินทรีย์ ประเภทอื่น เช่น วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร มูลสัตว์ต่าง ๆ - มีศักยภาพในการผลิตพลังงานขยะอินทรีย์ ซึ่งขยะมูลฝอยประเภทนี้ไม่เหมาะสำหรับการเผาเพื่อผลิตพลังงาน	- ไม่สามารถย่อยสลายขยะมูลฝอยบางประเภท เช่น ขยะอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของแข็ง (เศษไม้ พลาสติก ลิกนิน) ต้องนำไปฝังกลบแทน - ค่าก่อสร้างระบบสูง ต้องลงทุนในส่วนการคัดแยกขยะมูลฝอยด้วย - เป็นระบบที่มีกลิ่น - ผลพลอยได้ที่ได้เป็นเพียงสารปรับปรุงดินต้องมีการเติมธาตุอาหารเพื่อนำไปเป็นปุ๋ย - ต้องมีระบบความปลอดภัยสูงเพื่อป้องกันการระเบิดของก๊าซที่ผลิตได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

เทคโนโลยี	ข้อดี	ข้อด้อย
4. การแปรรูปขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกเป็นน้ำมัน	- กำจัดขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกซึ่งย่อยสลายได้ยาก - สามารถผลิตเป็นน้ำมันที่นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงต้นได้ดี	- กำจัดขยะมูลฝอยได้เฉพาะพลาสติกเท่านั้น - มีเฉพาะพลาสติกบางประเภทที่เหมาะสมจะนำมาแปรรูปเป็นน้ำมัน - ค่าก่อสร้างระบบสูง ต้องลงทุนในส่วนการคัดแยกขยะมูลฝอย - มีมลภาวะจากการแปรรูป เช่น น้ำเสียจากการล้างพลาสติก หากมีการนำพลาสติกเก่ามาใช้ หรือกากตะกอนที่เหลือจากการแปรรูป - ต้องมีการดูแลระบบเรื่องระบบความปลอดภัยในการผลิตเป็นอย่างดี
5. เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ค	- มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูง - กำจัดขยะมูลฝอยได้ทุกประเภท โดยทำให้ของแข็งทุกชนิดกลายเป็น Slag นำไปใช้ในการก่อสร้างได้ - ได้พลังงานจากก๊าซร้อน	- ใช้อุณหภูมิสูงถึง 5,000-15,000 องศาเซลเซียส ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการดำเนินการ - ราคาค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการสูง

ที่มา: คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และเทคโนโลยีการแปรรูปมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น. กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3 กรณีศึกษาการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานในประเทศไทย

2.3.1 ระบบผลิตปุ๋ยอินทรีย์ และกระแสไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย เทศบาลนครนครราชสีมา จ. นครราชสีมา

สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ของเทศบาลนครนครราชสีมาสามารถรองรับขยะมูลฝอย 230 ตัน/วัน ดำเนินการจัดการขยะโดยระบบผลิตปุ๋ยอินทรีย์และผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนี้

1) ระบบคัดแยกขยะอินทรีย์ : ขยะมูลฝอยจะถูกส่งเข้าสู่ระบบสายพาน และผ่านเครื่องฉีกถุง และเครื่องร่อนโดยขยะมูลฝอยที่มีขนาดเล็ก จะตกลงสู่สายพานด้านล่าง ซึ่งจะมีเครื่องแยกโลหะ ดูดวัสดุที่เป็นเหล็กออกจากขยะมูลฝอย และจะคัดแยกขยะอินทรีย์ด้วยน้ำ เพื่อเตรียมส่งเข้าสู่ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนขยะมูลฝอยที่มีขนาดใหญ่ จะคัดแยกโดยแรงงานคน แบ่งเป็นขยะรีไซเคิล ขยะ RDF และ ขยะที่ไม่มีประโยชน์ ซึ่งจะถูกนำไปกำจัดโดยระบบฝังกลบ

2) ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (การแปรรูปขยะอินทรีย์เป็นก๊าซชีวภาพ) : ขยะอินทรีย์ที่ถูกคัดแยกด้วยน้ำ จะถูกส่งเข้าสู่เครื่องย่อยขยะอินทรีย์เหลว และถังปรับสภาพก่อนหมัก ซึ่งกระบวนการหมัก เพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพ โดยจะต้องผ่านเครื่องทำความสะอาดก๊าซชีวภาพ (Wet Scrubber) ก่อนที่ก๊าซจะถูกส่งเข้าสู่เครื่องปั่นไฟเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ผลิตไฟฟ้าได้ 210.38 MW-hr/ปี

3) ระบบหมักปุ๋ยจากกากตะกอน และกิ่งไม้ใบไม้ กากตะกอน และกิ่งไม้ใบไม้ จะถูกแยกออกมาทำปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหมักกลับกองกลางแจ้ง ใช้เวลา ประมาณ 40 – 45 วัน ในการกลับกองแต่ละครั้ง

4) ระบบผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่งขยะ RDF ที่ถูกคัดแยกออกมา จะแบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 แบบ คือ RDF 1 แบบชิ้น ที่ผ่านการคัดแยก RDF 2 แบบย่อยหยาบ ที่ผ่านการคัดแยกและสับแบบหยาบ และ RDF 3 แบบแท่ง ที่ผ่านคัดแยก สับแบบหยาบ และอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง ปัจจุบันสามารถผลิต RDF ได้ประมาณ 4 ตันต่อวัน โดยในแต่ละเดือนจะมีบริษัทเอกชนเข้ามาประมูล RDF ประมาณ 100 ตัน ไปใช้ในอุตสาหกรรม

5) ระบบฝังกลบขยะมูลฝอยที่เหลือจากการคัดแยกอย่างถูกหลักสุขาภิบาลปัจจุบัน ขยะมูลฝอยที่เข้าสู่สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ของเทศบาลนครราชสีมา ประมาณ 300 – 400 ตันต่อวัน ซึ่งตามสัญญาที่มูลนิธิเพื่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและพลังงานทำไว้กับเทศบาลนครนครราชสีมา จะดูแลระบบผลิตปุ๋ยอินทรีย์และกระแสไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย ซึ่งรองรับขยะมูลฝอย 230 ตันต่อวัน โดยขยะมูลฝอยที่ถูกส่งเข้ามาเกินในแต่ละวัน จะถูกส่งไปกำจัดยังระบบฝังกลบขยะมูลฝอยที่เทศบาลนครนครราชสีมาเป็นผู้ดำเนินการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาพที่ 2.8 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย เทศบาลนครนครราชสีมา

ที่มา: รายงานการฝึกอบรมและศึกษาดูงานเกี่ยวกับเทคโนโลยีและการจัดการขยะมูลฝอย. กรมควบคุมมลพิษ, 2557

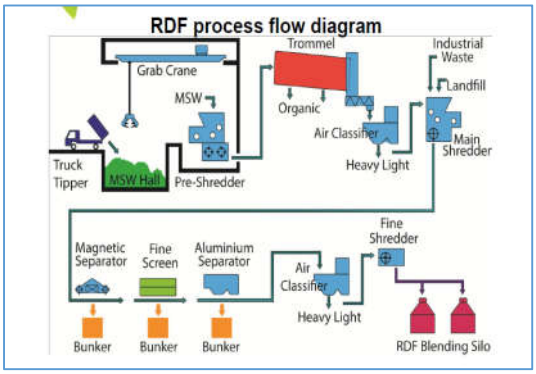
2.3.2 โรงงานผลิตเชื้อเพลิงทดแทนจากขยะมูลฝอย โรงปูนซีเมนต์ ทีพีไอ โพลีน จำกัด (มหาชน)

1) ขยะมูลฝอย จะถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องฉีกสับ (Pre Shredder) ผ่านเครื่องร่อน (Trommel) เพื่อแยกขยะหนัก (ขยะมูลฝอยอินทรีย์) ให้ตกลงสู่ด้านล่าง ส่วนขยะเบา (ขยะพลาสติก) จะเข้าสู่เครื่องแยกด้วยลม (Air Classifier) เพื่อแยกพลาสติกชิ้นเล็กและพลาสติกชิ้นใหญ่ โดยพลาสติกชิ้นใหญ่ จะผ่านเข้าสู่เครื่องฉีกสับ (Main Shredder) ทำการคัดแยก โดยผ่านเครื่องแยกโลหะ (Magnetic Separator) เครื่องกรองฝุ่น (Fine Screen) และเครื่องแยกอะลูมิเนียม (Aluminium Separator) และทำความสะอาดด้วยเครื่องแยกด้วยลม (Air Classifier) อีกครั้ง ก่อนจะเข้าสู่เครื่องฉีกสับ (Fine Shredder) อีกครั้ง เพื่อตัดขยะพลาสติกให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นขยะทั้งหมดจะถูกป้อนเข้าสู่ RDF Blending Silo เพื่อปรับสภาพให้ RDF มีค่าความร้อนเท่ากันโดยการกวนผสม มีการควบคุมค่าความร้อน ความชื้นและสารเคมี ให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม ก่อนป้อนเข้าสู่โรงงาน

2) โรงงานไพโรไลซิส เพื่อผลิตน้ำมัน จำนวน 2 โรง มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เข้าสู่ระบบ 8,000 ตันต่อปี กำลังผลิตน้ำมันรวม 2.5 ล้านลิตรต่อปี โดยน้ำมันที่ผลิตได้ ส่วนหนึ่งจะผ่านหอกลั่นเพื่อแปรรูปเป็นน้ำมันดีเซล และอีกส่วนหนึ่ง (15%) จะถูกนำไปผสมกับน้ำมันในท้องตลาดเพื่อใช้ในโรงงาน (ปัจจุบันโรงงานไพโรไลซิส ปิดปรับปรุง เนื่องจากการดำเนินงานไม่คุ้มค่าเดินระบบ)

3) โรงงานผลิตปุ๋ยชีวะอินทรีย์ขยะมูลฝอยอินทรีย์ ที่ผ่านการคัดแยกจากโรงงาน RDF จะเข้าสู่กระบวนการหมัก โดยการเติมอากาศและจุลินทรีย์ ควบคุมค่าความเป็นกรด อุณหภูมิและออกซิเจน โดยใช้เทคโนโลยี Autothermal Thermophilic Aerobic Digestion (ATAD) เพื่อให้ได้ผลผลิต 3 แบบ คือ สารออแกนิค สารปรับปรุงดิน และปุ๋ยอินทรีย์เม็ด

4) เกณฑ์การรับซื้อขยะ ขยะมูลฝอยที่มีค่าความร้อน ต่ำกว่า 1,500 kcal/kg บริษัทจะเก็บค่ากำจัด ในราคา 300 บาท/ตัน ขยะมูลฝอยที่มีค่าความร้อน ระหว่าง 1,500 – 2,500 kcal/kg บริษัทจะรับกำจัดฟรี ขยะมูลฝอยที่มีค่าความร้อน มากกว่า 2,500 kcal/kg บริษัทจะรับซื้อในราคา 22 สตางค์/ตัน



โรงงานผลิตเชื้อเพลิงทดแทนจากขยะ

โรงงาน Pyrolysis

โรงงานผลิตปุ๋ยชีวะอินทรีย์ขยะมูลฝอยอินทรีย์

ภาพที่ 2.9 โรงงานผลิตเชื้อเพลิงทดแทนจากขยะมูลฝอย โรงปูนซีเมนต์ ทีพีไอ โพลีน จำกัด (มหาชน)
ที่มา: รายงานการฝึกอบรมและศึกษาดูงานเกี่ยวกับเทคโนโลยีและการจัดการขยะมูลฝอย.
กรมควบคุมมลพิษ, 2557

2.3.3 การบำบัดขยะเชิงกล – ชีวภาพ (Mechanical Biological Waste Treatment : MBT) เทศบาลนครพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก

การบำบัดขยะเชิงกล – ชีวภาพ (MBT) มีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะลดพื้นที่และลดปัญหาผลกระทบจากการฝังกลบขยะมูลฝอย ขั้นตอนการบำบัดขยะเริ่มต้นที่การคัดแยกวัสดุรีไซเคิลออก รวมถึงวัตถุที่มีขนาดใหญ่ หลังจากนั้นใช้รถโม่ผสมขยะมูลฝอยให้เข้ากันตามกรรมวิธีเชิงกล แล้วจะถูกนำไปก่อเป็นกองหมัก และปกคลุมด้วยวัสดุกรองกลิ่นตามธรรมชาติ มีการตรวจสอบและควบคุมกองหมักเป็นเวลาประมาณ 9 เดือน สารอินทรีย์จากอาหารตามบ้านเรือนหรือตลาดสดจะถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์แบบใช้อากาศกลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์หรือสารปรับปรุงดิน ซึ่งจะนำมาร่อนเพื่อคัดแยกเป็นปุ๋ยอินทรีย์และเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ต่อไป

ภาพที่ 2.10 การบำบัดขยะเชิงกล – ชีวภาพ (Mechanical Biological Waste Treatment : MBT) เทศบาลนครพิษณุโลก

ที่มา: รายงานการฝึกอบรมและศึกษาดูงานเกี่ยวกับเทคโนโลยีและการจัดการขยะมูลฝอย. กรมควบคุมมลพิษ, 2557

2.3.4 โรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่

เป็นโรงงานกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนและแปรรูปขยะเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี Gasification Ash Melting ที่ผ่านการรับรองคุณภาพมาตรฐานชั้นสูงของยุโรปที่มีความเหมาะสมและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นโครงการก่อสร้างและบริหารจัดการระบบกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนแห่งแรกของประเทศไทย ที่เกิดขึ้นจากความร่วมมือระหว่างหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และชุมชนโดยรอบพื้นที่ สามารถกำจัดขยะได้ไม่น้อยกว่าวันละ 250 ตัน และแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 6 เมกะวัตต์

ขยะมูลฝอยในแต่ละวันจะถูกทำการคัดแยกขยะมูลฝอยที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Recycle) โดยคนงาน ขยะมูลฝอยที่ถูกคัดแยกแล้วจะนำมาบดตัดด้วยเครื่องบดย่อย และถูกลำเลียงโดยสายพานผ่านโรงอบขยะมูลฝอยด้วยความร้อน 800 องศาเซลเซียส ซึ่งจะนำความร้อนที่ได้มาผลิตไฟฟ้า เพื่อลดความชื้นของขยะมูลฝอยก่อนเข้าสู่ระบบนำขยะมูลฝอยที่ผ่านการอบ เข้าสู่กระบวนการเผาด้วยเตาเผาขยะมูลฝอยแบบ Ash Melting Gasification ที่อุณหภูมิประมาณ 1,300 องศาเซลเซียส ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาจะถูกส่งต่อไป เพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ (Boiler) ในการผลิตไอน้ำที่มีความร้อนสูง และส่งต่อไปผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ส่วนที่เป็นน้ำที่เกิดจากขยะมูลฝอยจะถูกส่งไปเก็บยังบ่อบำบัดน้ำเสียของโครงการ

ภาพที่ 2.11 โรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่

ที่มา: http://www.mnre.go.th/ewt_news.php?nid=3477

2.4 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

โดยใช้หลักการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost-Benefit Analysis) ด้วยดัชนีตัวชี้วัด 4 ตัว (ขวัญกมล ดอนขวา, 2556 และ Bennet P. Lienty and Kathryn P. Rea. 1995)

2.4.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period)

หมายถึง ช่วงระยะเวลาที่รายได้ที่เกิดขึ้นจากโครงการจะคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายที่ลงทุนไปในโครงการนั้น หรืออาจมีความหมายถึงระยะเวลาที่ผลตอบแทนจากการดำเนินงานมักมีค่าเท่ากับค่าการลงทุนของโครงการ โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

2.4.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value หรือ NPV)

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

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

กรณีมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก (K_0) สูตรในการคำนวณจะเป็นดังนี้

$$NPV = -K_0 + \frac{b_1 - c_1}{(1+i)} + \frac{b_2 - c_2}{(1+i)^2} + \ldots \frac{b_n - c_n}{(1+i)^n}$$

โดยที่ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

b_t คือ ผลตอบแทนของโครงการในปีที่ 1, 2, ... , n

c_t คือ ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ 1, 2, ... , n (ซึ่งอาจจะรวม K_0 ด้วย)

i คือ อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของทุน

t คือ ปีที่ของโครงการ คือ ปีที่ 1, 2, ... , n

n คือ อายุของโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจ : NPV > 0 โครงการนั้นมีความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจหรือโครงการนั้นน่าลงทุน และ NPV < 0 โครงการนั้นไม่น่าลงทุน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4.3 อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (Benefit cost ratio): B/C Ratio หรือ BCR

สูตร B/C Ratio = $\frac{\text{มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน (PV of Benefits)}}{\text{มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PV of Costs)}}$

$$= \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

เกณฑ์การตัดสินใจ : B/C Ratio > 1 ควรตัดสินใจลงทุน คือ มีความเป็นไปได้ในเชิงธุรกิจ

B/C Ratio < 1 โครงการนั้นไม่น่าจะตัดสินใจลงทุน

2.4.4 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) เป็นอัตราที่จะทำให้ผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายที่ได้ คิดลดเป็นมูลค่าปัจจุบันแล้วเท่ากัน หรือเป็นอัตราความสามารถของเงินลงทุนที่จะทำให้ NPV = 0

สูตร IRR หรือ r (อัตราส่วนลด) ที่ทำให้ $\sum_{t=1}^{n} \left[\frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \right] = 0$

เกณฑ์การตัดสินใจ : IRR > ค่าเสียโอกาส (i) จะตัดสินใจลงทุนในโครงการดังกล่าว

IRR < ค่าเสียโอกาส (i) จะไม่ตัดสินใจลงทุนในโครงการดังกล่าว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensibility Analysis)

เป็นการพิจารณาผลกระทบของโครงการมาจากความเสี่ยงและความไม่แน่นอน (Risk and Uncertainty) โดยพิจารณาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ 3 ตัวแปร (ขวัญกมล ดอนขวา, 2557)

1. การเปลี่ยนแปลงราคา
2. การเปลี่ยนแปลงผลผลิต
3. การเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่าย

โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการดังนี้

1. กำหนดตัวแปรทุกตัวซึ่งมูลค่ามีความไม่แน่นอน
2. ระบุขอบเขตของมูลค่าที่เป็นไปได้สำหรับตัวแปรแต่ละตัว
3. คำนวณค่า NPV สำหรับแต่ละกรณี โดยให้มูลค่าของตัวแปรอื่นทั้งหมดคงที่ ณ ระดับค่าเหตุการณ์ปกติ : best guess values or base case ซึ่งจะทำให้เห็นความสัมพันธ์ของ NPV กับตัวแปรแต่ละตัว

2.6 โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme, LESS)

โครงการ LESS เป็นโครงการส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก และยกย่องผู้ทำความดีโดยการมอบใบประกาศเกียรติคุณ (Letter of Recognition: LOR) เพื่อให้ผู้ดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกได้รับการยอมรับ โดยผ่านกระบวนการวิเคราะห์และประเมินทางเทคนิควิชาการ และเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกไปสู่ระดับที่สามารถซื้อ-ขาย เครดิตได้ ทั้งนี้ การประเมินการลดก๊าซเรือนกระจกจากโครงการ LESS เป็นการประเมินเบื้องต้นเพื่อประกาศเกียรติคุณจึงยังไม่สามารถซื้อ-ขายเครดิตได้ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2559)

2.6.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ LESS

1) เพื่อประกาศเกียรติคุณและยกย่องผู้ทำความดี
2) เพื่อส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกในระดับชุมชน เช่น ชุมชน โรงเรียน มหาวิทยาลัย เป็นต้น
3) เพื่อเตรียมความพร้อมในการพัฒนาโครงการไปสู่ระดับการซื้อขายคาร์บอนเครดิตได้

2.6.2 ประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินโครงการ LESS

1) องค์กรมีกิจกรรมที่แสดงความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม (CSR) ผ่านการดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก

2) ชุมชนมีโอกาสได้รับการสนับสนุนทั้งทางด้านเงินทุน เทคโนโลยี และการพัฒนาศักยภาพ ในการดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก

3) ก่อให้เกิดการสร้างงานและรายได้จากการดำเนินกิจกรรมที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจก

4) สนับสนุนให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีการลดก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศ

5) ช่วยฟื้นฟูและรักษาสมดุลของระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

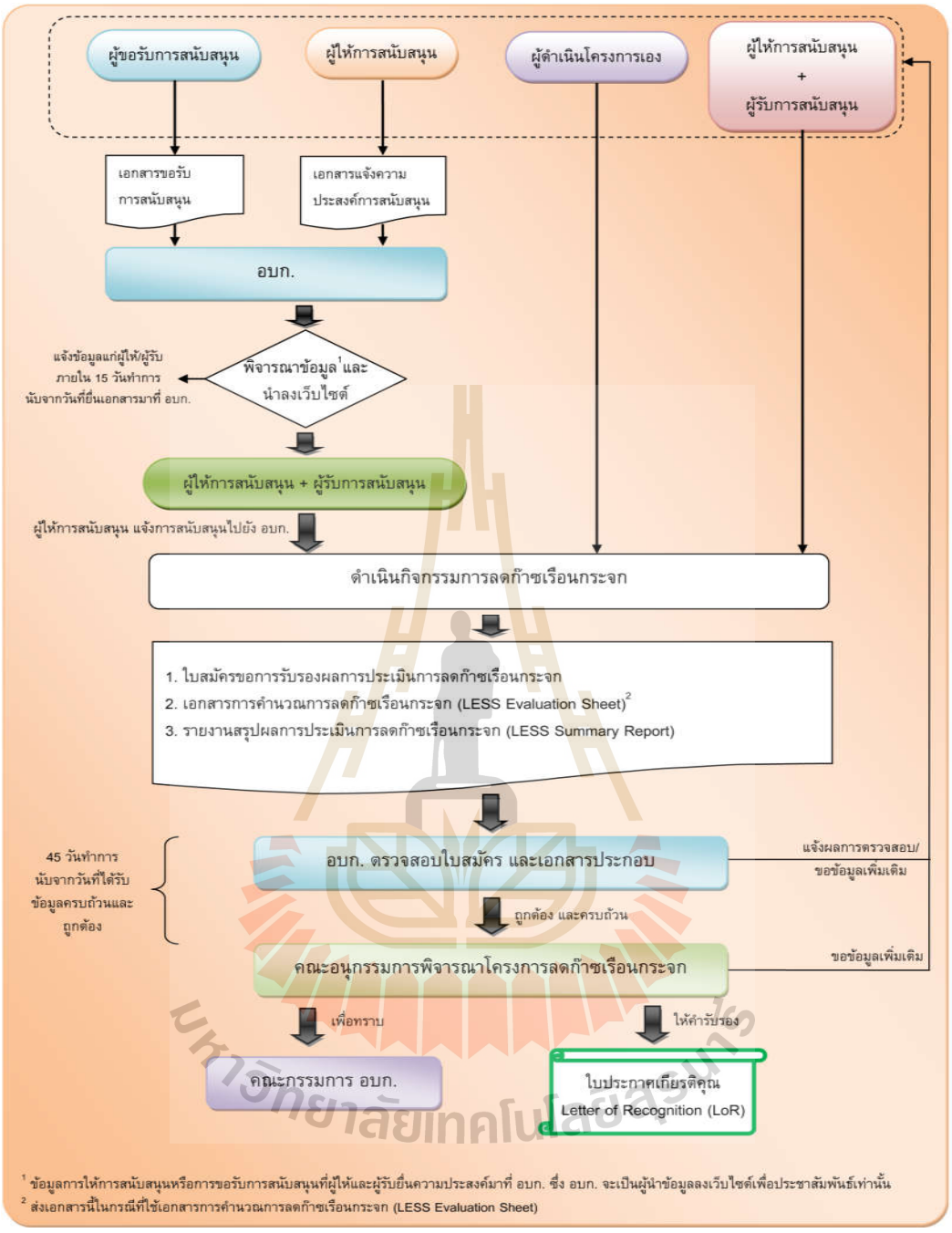
6) สร้างความตระหนักให้แก่ตนเอง องค์กร หน่วยงาน และชุมชน ในการมีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจก และดำเนินกิจกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2.6.3 แนวทางการดำเนินโครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก

ผู้พัฒนาโครงการ/เจ้าของโครงการจะเป็นผู้ประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากโครงการหรือกิจกรรม และจัดทำเป็นรายงานสรุปผลการประเมินการลดก๊าซเรือนกระจก (LESS Summary Report) พร้อมใบสมัคร ส่งไปยังองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. เพื่อขอการรับรองผลการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ โดยไม่ต้องผ่านการทวนสอบจากผู้ประเมินภายนอกหรือบุคคลที่สาม ซึ่ง อบก. จะเป็นผู้รับรองผลการประเมินปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก และมอบใบประกาศเกียรติคุณ (Letter of Recognition : LoR) ให้ผู้ที่ดำเนินโครงการ/กิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก โดยจะมอบให้ใน 2 รูปแบบของการดำเนินการ ดังนี้

1. กรณีดำเนินโครงการ/กิจกรรมด้วยตนเอง อบก. จะมอบใบประกาศเกียรติคุณให้กับผู้ที่ดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกด้วยตนเอง โดยผู้ดำเนินกิจกรรมด้วยตนเองจะต้องยื่นใบสมัคร เอกสารการคำนวณ และรายงานสรุปผลการประเมินการลดก๊าซเรือนกระจก มายัง อบก. โดยจะใช้เวลาพิจารณา 45 วัน ในการตรวจสอบเอกสารก่อนให้คำรับรอง

2. กรณีมีการสนับสนุนการดำเนินโครงการ/กิจกรรม อบก. จะมอบใบประกาศเกียรติคุณให้กับผู้ให้การสนับสนุน และผู้ที่ได้รับการสนับสนุน ซึ่งร่วมกันในการดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก โดยให้ผู้ให้การสนับสนุน และผู้รับการสนับสนุน ส่งเอกสารเช่นเดียวกับกรณีดำเนินกิจกรรมด้วยตนเอง ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 ขั้นตอนการขอรับรองผลการประเมินก๊าซเรือนกระจก

ที่มา: โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2560

2.6.4 ประเภทกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกของ LESS

กิจกรรมที่สามารถดำเนินการขอรับรองผลการประเมินก๊าซเรือนกระจกของ LESS มีจำนวน 7 ประเภทกิจกรรม ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ประเภทกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกของ LESS

ลำดับ	ประเภทกิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม
1	การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	การติดตั้ง/เปลี่ยนหลอดไฟหรืออุปกรณ์ประหยัดพลังงาน อาคารประหยัดพลังงาน
2	การพัฒนาพลังงานทดแทน	การพัฒนาโครงการจากพลังงานชีวมวล การพัฒนาโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ การพัฒนาโครงการพลังงานจากก๊าซชีวภาพ
3	การจัดการขยะและของเสีย	ธนาคารขยะ และการจัดการขยะถูกวิธี การจัดการของเสีย
4	การพัฒนาระบบการเดินทางที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การพัฒนาระบบขนส่งมวลชน การพัฒนาทางจักรยาน
5	การเพิ่มพื้นที่การดูดซับก๊าซเรือนกระจก	การปลูกป่า การฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรม การเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเมือง
6	การเกษตรที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การทำการเกษตรที่ลดการใช้ปุ๋ยเคมี
7	ภาคอุตสาหกรรม	การลดการใช้พลังงานไฟฟ้า การลดการใช้ มาตรการอื่น ๆ

ที่มา: โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2560

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.7 โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER)

คือ โครงการลดก๊าซเรือนกระจกที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ทุกภาคส่วน มีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศโดยความสมัครใจ และสามารถนำปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ที่เรียกว่า คาร์บอนเครดิต ซึ่งภายใต้โครงการ T-VER นี้เรียกว่า "TVERs" ไปขายในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจในประเทศได้

2.7.1 ประโยชน์ของโครงการ T-VER

1) ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน
2) เพิ่มแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจก มีรายได้เพิ่มจากการซื้อ- ขาย
3) มีรายได้เพิ่มจากการซื้อ-ขายปริมาณการลด/ดูดซับก๊าซเรือนกระจก
4) สร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อองค์กร

2.7.2 รูปแบบของการดำเนินโครงการ

ลักษณะการดำเนินโครงการ T-VER สามารถดำเนินการได้ 3 รูปแบบ ได้แก่

1) โครงการเดี่ยว

โครงการที่ดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกในที่ตั้งแห่งเดียว

2) โครงการแบบควบรวม

โครงการที่ดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกเช่นเดียวกันโดยมีที่ตั้งหลายแห่งและมีช่วงระยะเวลาในการคิดคาร์บอนเครดิตเหมือนกันผู้พัฒนาโครงการสามารถใช้เอกสารข้อเสนอโครงการฉบับเดียวในการยื่นขอขึ้นทะเบียนโครงการ โดยมีข้อกำหนด ดังนี้

- ผู้พัฒนาโครงการต้องระบุรายละเอียดของโครงการย่อยทุกโครงการในเอกสารข้อเสนอโครงการ เช่น จำนวนโครงการย่อย ที่ตั้งของแต่ละโครงการย่อย เทคโนโลยีที่ใช้กำลังการผลิตติดตั้ง เป็นต้น
- ไม่จำกัดขนาดของโครงการเมื่อนำขนาดของโครงการทั้งหมดรวมกันแล้วต้องไม่เกินข้อกำหนดของระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกที่เลือกใช้
- กรณีที่ขนาดรวมของโครงการทั้งหมดเข้าข่ายโครงการขนาดใหญ่ โครงการต้องผ่านการพิสูจน์การดำเนินงานเพิ่มจากการดำเนินงานตามปกติ (Additionality)

3) โครงการแบบกลุ่ม

โครงการที่ดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกโดยใช้เทคโนโลยีเดียวกัน ในที่ตั้งหลายแห่ง และเริ่มดำเนินการไม่พร้อมกัน ผู้พัฒนาโครงการสามารถเพิ่มโครงการย่อยได้ภายในระยะเวลา 3 ปีนับตั้งแต่โครงการได้รับการขึ้นทะเบียนโดยที่วันที่เริ่มต้น และสิ้นสุดระยะเวลาในการคิดคาร์บอนเครดิตของแต่ละโครงการไม่จำเป็นต้องพร้อมกัน ผู้พัฒนาโครงการสามารถใช้เอกสาร

ข้อเสนอโครงการฉบับเดียวกันในการยื่นขอขึ้นทะเบียนโครงการ โดยเอกสารข้อเสนอโครงการต้องระบุกรอบแผนงานอย่างชัดเจน และเมื่อผู้พัฒนาโครงการต้องการเพิ่มเติมโครงการย่อยให้ยื่นเอกสารแจ้งการเพิ่มเติมมายัง อบก. โดยไม่จำเป็นต้องให้ผู้ประเมินภายนอกตรวจสอบความใช้ได้ (Validation) เอกสารของโครงการย่อยที่เพิ่มเติม โดยมีข้อกำหนด ดังนี้

- เมื่อนำขนาดของโครงการทั้งหมดรวมกันแล้วต้องเป็นโครงการขนาดเล็ก (Small Scale) หรือเล็กมาก (Micro Scale)
- ทุกโครงการที่เพิ่มมานั้นต้องใช้ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจเดียวกัน และใช้แผนการติดตามผลการดำเนินโครงการวิธีเดียวกันตามที่ระบุไว้ในเอกสารข้อเสนอโครงการฉบับที่ได้ขึ้นทะเบียน

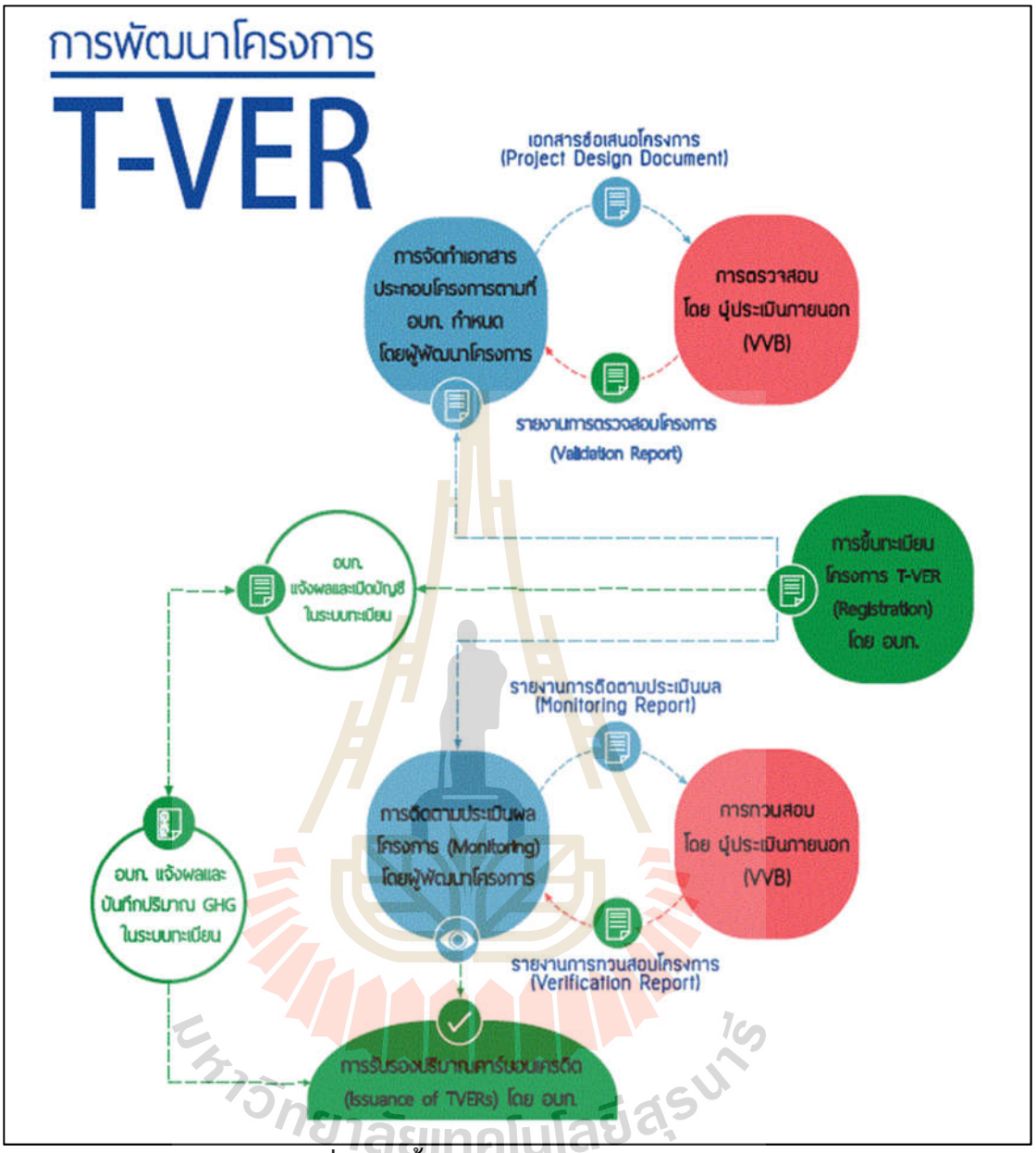
2.7.3 โครงการที่สามารถเข้าร่วมดำเนินโครงการ T-VER

เช่นเดียวกับประเภทกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกของ LESS เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน พลังงานทดแทน การจัดการของเสีย การจัดการในภาคขนส่ง ป่าไม้และพื้นที่สีเขียวและการเกษตร เป็นต้น

2.7.4 ขั้นตอนการพัฒนาโครงการ T-VER

การพัฒนาโครงการ T-VER ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นตอนการขึ้นทะเบียนโครงการ T-VER และขั้นตอนการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยผู้พัฒนาโครงการจะต้องจัดทำเอกสารประกอบการพิจารณาโครงการT-VER ยื่นมายัง อบก. เพื่อขอขึ้นทะเบียนหรือรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกรายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาโครการ T-VER ในภาพรวม ดังรูปภาพที่ 2.13

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 2.13 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ T-VER

ที่มา: โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program : T-VER) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2560

2.7.5 สถิติโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (T-VER)

จากข้อมูลของ อบก. มีโครงการที่เข้าร่วมโครงการ T-VER ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2557 ถึง ปีงบประมาณ 2559 มีจำนวน 22 โครงการ มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง จำนวน 589.149 tCO_2e ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 สถิติการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก ของโครงการ T-VER

ปีงบประมาณ	การขึ้นทะเบียนโครงการ		การรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก	
	จำนวนโครงการ	ปริมาณที่คาดว่าจะลดได้ (tCO_2e)	จำนวนโครงการ	ปริมาณที่ได้รับการรับรอง (tCO_2e)
2557	9	114,237	-	-
2558	11	590,175	7	339,537
2559	19	378,122	15	249,612
รวม	**39**	**1,082,534**	**22**	**589,149**

ที่มา: โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program : T-VER) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2560

2.7.6 การทำธุรกรรมคาร์บอนเครดิตของโครงการ T-VER

จากข้อมูลของ อบก. มีโครงการที่ทำธุรกรรมคาร์บอนเครดิต จำนวน 3 โครงการ รวมจำนวน 5,969 tCO_2e คิดเป็นจำนวนเงิน 559,946 บาท โดยราคาขายอยู่ในช่วง 30 – 160 บาท/tCO_2e ดังตารางที่ 2.7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.7 ธุรกรรมคาร์บอนเครดิตของโครงการ T-VER

ลำดับ	ชื่อโครงการ	ผู้พัฒนาโครงการ	ผู้ซื้อ	จำนวน (tCO_2e)	ราคา (บาท)
1	MitPhol Bio-Power (Danchang)-Block 2	บริษัทมิตรผล ไบโอเพาเวอร์ (ด่านช้าง) จำกัด	บริษัท สยามพิวรรธน์ จำกัด	3,000	90,000
2	Methane recovery in MAE TA P.D.CO.,LTD. Swine Wastement Project	บริษัทแม่ทาพีดี	หน่วยวิจัยเพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐนิเวศ สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	566	85,466
3	Nareasuan Hydropower Project	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ (กลต.)	2,403	384,480
		รวม		**5,969**	**559,946**

ที่มา: โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program : T-VER) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2560

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รัชนี โพธิรัตน์ (2546) ศึกษาการกำจัดขยะชุมชนด้วยการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงทดแทน ได้ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนโรงงานกำจัดขยะชุมชนด้วยการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงทดแทนโดยมีการเติมเศษยางเพื่อเพิ่มพลังงานความร้อน ขนาดกำลังการผลิต 150 ตัน RDF ต่อวัน ผลิต RDF ที่มีค่าความร้อน 4,000 kcal/kg โดยพื้นที่ศึกษา ได้แก่ กรุงเทพมหานคร จากการศึกษาพบว่าโรงงานที่ดึงดูดการลงทุนจากผู้ลงทุนขนาดใหญ่ คือโรงงานผลิต RDF-4 ซึ่งประกอบด้วยสถานี T-HS-MS-S-M-T สามารถกำจัดขยะชุมชนได้สูงสุด 451 ตันต่อวัน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 109.62 ล้านบาท IRR เท่ากับ 24% ด้วยระยะคืนทุน 4 ปี โดยมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้งหมด 109.25 ล้านบาท ใช้เศษยางเท่ากับ 35 ตันต่อวัน ความเสี่ยงและความไม่แน่นอนของโครงการพบมูลค่าปัจจุบันสุทธิในทางบวกทุกโครงการ ส่วนโรงงานที่ดึงดูดการลงทุนจากผู้ลงทุนขนาดเล็ก คือโรงงานผลิต RDF-3 ซึ่งประกอบด้วยสถานี S-T โดยสามารถกำจัดขยะชุมชนได้ 196 ตันต่อวัน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 43.73 ล้านบาท IRR เท่ากับ 28% ด้วยระยะคืนทุนเท่ากับ 4 ปี โดยมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้งหมด 35.8 ล้านบาท ใช้เศษยางเท่ากับ 62 ตันต่อวัน การศึกษาความเสี่ยงและความไม่แน่นอนของโครงการ พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิอยู่ในทางบวก 24 จาก 27 โอกาส และตัวแปรที่มีผลกระทบต่อโครงการซึ่งต้องมีการควบคุมมิให้อยู่ในระดับที่ให้ผลตอบแทนต่ำสุด คือ ราคารับซื้อเศษยาง

ศรีสกุล แก้วกระจ่าง (2550) ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงพลังงานจากขยะชุมชนด้วยวิธีเชิงกลชีวภาพโดยทำการศึกษาการนำขยะมูลฝอยที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีเชิงกลชีวภาพเป็นเวลา 9 เดือน ที่มีขนาดมากกว่า 40 มิลลิเมตร มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงพลังงานโดยใช้สภาวะในการอัด ทั้งการอัดโดยให้ความร้อนและการอัดแบบไม่ใช้ความร้อน ซึ่งนอกจากการใช้สภาวะการอัดที่แตกต่างกันแล้วยังได้ทดลองการอัดทั้งการใช้สารประสาน คือ แป้งเปียก (แป้งมันสำปะหลัง) โมลาส และการไม่ใช้สารประสานในการอัดด้วย เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง และต้นทุนในการผลิตต่อหน่วย จากผลการทดลองพบว่าการอัดโดยไม่ใช้ความร้อน และใช้สารประสาน 12 คือแป้งเปียกและโมลาส โดยปริมาณขยะพลาสติกต่อสารประสานที่ใช้ คือ 100:100 นั้น ให้ประสิทธิภาพการให้ความร้อนที่ร้อยละ 99.57 แต่การอัดโดยที่ใช้สารประสานเป็นแป้งเปียกมีความหนาแน่นสูงกว่า คือ 0.267 กรัม/มิลลิลิตร ต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า คือ 5.46 บาท ส่วนการอัดโดยใช้ความร้อนและไม่ใช้สารประสานนั้น ติดไฟอุณหภูมิสูงกว่า 200 องศาฟาเรนไฮต์ ความหนาแน่น 1.031 กรัมต่อมิลลิลิตร และมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วย เท่ากับ 2.70 บาท

วีรชัย อาจหาญ (2553) ศึกษาแนวทางการการบริหารจัดการขยะชุมชนเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนแบบครบวงจร (ระดับชุมชน) ประกอบด้วย 3 โครงการย่อย สรุปได้ดังนี้

1. โครงการที่ 1 : พัฒนาการเตรียมเชื้อเพลิงขยะ (RDF) จากชุมชนเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนผลการศึกษาได้ออกแบบเครื่องจักรและประเมินประสิทธิภาพเครื่องจักรของการเตรียมเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ประกอบด้วย 4 หน่วยปฏิบัติการ ดังนี้

- หน่วยปฏิบัติการที่ 1 : ประกอบด้วยชุดสายพานลำเลียง (Belt conveyors) และชุดเครื่องสับ ขยะ (Shedder Machine) ผลการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพเครื่องจักรพบว่าสมรรถนะของเครื่องจักรอยู่ในช่วง 0.7 - 3 ตันต่อชั่วโมง

- หน่วยปฏิบัติการที่ 2 : ประกอบด้วยโรงงานบำบัดทางกลและชีวภาพ (Mechanical and Biological Treatment, MBT) ขยะจากหน่วยปฏิบัติการที่ 1 จะถูกลำเลียงเข้าโรงงาน MBT เพื่อปรับเสถียรให้เกิดปฏิกิริยาย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศซึ่งมีการติดใบกวนเพื่อช่วยให้ปฏิกิริยามีประสิทธิภาพมากขึ้น

- หน่วยปฏิบัติการที่ 3 : ประกอบด้วยชุดเครื่องคัดแยกแบบตะแกรงหมุน (Trommel Separator) โดยขยะที่ผ่านการหมักในระยะเวลา 1 เดือน จะถูกนำไปร่อนโดยชุดคัดแยกแบบตะแกรงหมุน ซึ่งอินทรียวัตถุขนาดเล็กที่ผ่านตะแกรงจะถูกนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ส่วนที่เหลือคือเชื้อเพลิงขยะ (RDF-4)

- หน่วยปฏิบัติการที่ 4 : ประกอบด้วยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงขยะ (Briquetting Machine) โดยเชื้อเพลิงขยะ (RDF-4) ที่ได้ผ่านเครื่องร่อนแบบตะแกรงหมุนจะถูกลำเลียงมาอัดแท่ง (RDF-5) ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ ประเภท RDF-4 และ RDF-5 มีค่าเท่ากับ 40 MJ/Kg และ 25 MJ/Kg ตามลำดับ และมีต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF-5) เท่ากับ 2.425 บาท/Kg ทั้งนี้ ต้นทุนที่สูงที่สุด คือกระบวนการอัดแท่ง คิดเป็นร้อยละ 50 ของต้นทุนทั้งหมด

2. โครงการที่ 2 : ศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะโดยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นผลการประเมินประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะของระบบ สรุปได้ว่าอัตราการไหลของแก๊สเชื้อเพลิงเฉลี่ย 170 m^3/hr ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 65 KW อย่างมีเสถียรภาพต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง โดยแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าความร้อนเฉลี่ย 6.03 MJ/Nm^3 ทั้งนี้ หากเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทอื่น ๆ ได้ค่าใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงจากกากตะกอนน้ำเสีย แสดงให้เห็นว่าแก๊สเชื้อเพลิงขยะสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อผลิตพลังงานได้

3. โครงการที่ 3 : ศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น

ผลการศึกษาต้นทุนรวมในการผลิตกระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 8.55 บาทต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ และวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้ค่า อัตราผลตอบแทน (IRR) = -0.48 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) = 7.16 ล้านบาท และไม่สามารถประเมินระยะเวลาคืนทุนได้ (PP) เมื่อเทียบกับระยะเวลาของโครงการ 30 ปี ต้นทุนเงินลงทุน (WACC) เท่ากับร้อยละ 10 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงการนี้ไม่สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากค่าใช้จ่ายที่สูงกว่างบประมาณ ซึ่งมาจากปริมาณขยะเข้าสู่กระบวนการมีปริมาณไม่เหมาะสมกับขนาดของโรงงาน MBT โดยสามารถรองรับขยะได้ถึง 10 ตัน/วัน แต่รับขยะ 5 ตัน/วัน ทำให้การผลิตเชื้อเพลิง (RDF-5) เพื่อป้อนเข้าสู่โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้ามีปริมาณน้อยตามไปด้วย นอกจากนี้ยังได้ประเมินค่าการลดการปลอดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ CDM โครงการจัดการขยะด้วยกระบวนการ MBT แล้วนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 7,680.28 tCO_2eq ต่ออายุโครงการ 10 ปี

จิรวัฒน์ ชินมณี (2554) ศึกษาการนำขยะชุมชนมาผลิตเชื้อเพลิงพลังงานในประเทศไทย ผลการศึกษา พบว่า เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบฝังกลบขยะ (Land Gas to Energy) ของเทศบาลเชียงใหม่ที่อำเภอฮอด ได้ต้นทุนค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยตลอดอายุโครงการ 1.768 บาท/KWH เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) โดยศึกษาจากโครงการของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบบูรณาการเทศบาลตำบลท่าโขลงที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้า 2.701 บาท/KWH และโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิตพลังงานของเทศบาลนครภูเก็ต ที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้า 5.058 บาท/KWH สำหรับการผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติกศูนย์กำจัดขยะเทศบาลวารินชำราบ มีต้นทุนในการผลิตน้ำมัน 12.46 บาท/ลิตร

ภมร แสนสิ่ง (2555) การวิเคราะห์พลังงานและต้นทุนของการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะของเสียในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผลการศึกษา พบว่า ขยะในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่มีขยะเกิดขึ้นเฉลี่ย 4.28 ตัน/วัน มีปริมาณของขยะที่สามารถนำมาผลิตเชื้อเพลิง RDF ได้ ประมาณ 2.09 ตัน/วัน ได้มีการศึกษาปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ด้วย โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าในการผลิตเชื้อเพลิงดังกล่าวจำเป็นต้องใช้พลังงานโดยเฉลี่ยในอัตรา 3.16 MJ/kg RDF-5 ซึ่งจะถูกใช้ในกระบวนการอัดแท่งเชื้อเพลิงมากที่สุด เท่ากับ 1.69 MJ/kg คิดเป็น 53.4% ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด รองลงมาคือกระบวนการลดขนาดขยะจำพวกพลาสติก ที่มีปริมาณการใช้เท่ากับ 0.695 MJ/kg คิดเป็น 21.96 % ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด ดังนั้น เมื่อประเมินปริมาณพลังงานความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงเทียบต่อพลังงานที่ต้องใช้ในกระบวนการผลิตพบว่าจะมีสัดส่วนเฉลี่ยอยู่ที่ 1.59 และเมื่อพิจารณาต้นทุนในการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 พบว่ามีต้นทุนการผลิตมีค่าเท่ากับ 4.21 บาท/kg RDF-5 หรือเทียบเท่ากับ 0.143 บาท/MJ

กฤตภาส มงคลธำรงกุล และประพิธาริ์ ธนารักษ์ (2555) การประเมินโครงการแปรรูปขยะเป็นพลังงานในเขตกรุงเทพมหานคร ได้เปรียบเทียบโครงการแปรรูปขยะเป็นไฟฟ้าจากเทคโนโลยีฝัง

กลบแบบถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล และโครงการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันจากเทคโนโลยีไพโรไรซีส ด้วยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน กำหนดระยะเวลาโครงการ 15 ปี ตั้งแต่ปี 2550 -2564 นอกจากนี้แล้วยังมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ผลการวิเคราะห์ พบว่า โครงการแปรรูปขยะเป็นไฟฟ้าสามารถลงทุนได้แต่ให้ผลตอบแทนเท่ากับ 9.22% ซึ่งน้อยกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด คือ 10% สำหรับโครงการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันมีผลการวิเคราะห์ที่คุ้มค่าต่อการลงทุน โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 116,360,849.09 บาท ผลตอบแทนต่อทุนเท่ากับ 1.84 EIRR เท่ากับ 32.38% และระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 1.99 เดือน อย่างไรก็ตามการเกิดขึ้นของโครงการแปรรูปขยะเป็นไฟฟ้าและโครงการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันจะยิ่งเพิ่มความเป็นไปได้ในการลดปัญหาการกำจัดขยะของประเทศสูงขึ้น ซึ่งรัฐบาลและเอกชนควรมีส่วนร่วมในการตัดสินใจดำเนินโครงการเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นและเพื่อใช้เงินทุนที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพสูง

สุพจน์ ตั้งสกุลประเสริฐ (2555) การวิเคราะห์โครงการใช้ขยะเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตซีเมนต์ ผลการศึกษาวิเคราะห์ทางด้านการเงินและผลตอบแทน พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 110,345,140 บาท อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ 183.015 ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 12.5 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อทุน (B/C ratio) มีค่าเท่ากับ 3.50 และระยะเวลาคืนทุน 1.32 ปี สรุปได้ว่า โครงการใช้ขยะเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตซีเมนต์คุ้มค่าแก่การลงทุน ส่วนผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ พบว่า ถ้าคุณภาพขยะให้ค่าความร้อนต่ำกว่า 595 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม หรือปริมาณขยะจากกรุงเทพมหานครส่งให้โรงปูนซิเมนต์น้อยกว่า 22 ตันต่อวัน โครงการนี้จะไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

รุจธิเวศน์ สำเนียงดี (2556) ศึกษาความเป็นไปได้การลงทุนกำจัดขยะด้วยวิธีการนำกลับไปใช้ใหม่ ตำบลนนทรี อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ผลการศึกษา พบว่า วิธีการกำจัดขยะเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ด้วยเครื่องร่อนขยะและคัดแยกขยะออกมาทีละประเภท จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า ผลจากการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค พบว่า โครงการตั้งอยู่บนพื้นที่ 10 ไร่ ประกอบไปด้วยพื้นที่สำหรับติดตั้งเครื่องจักรสำหรับคัดแยกขยะ โดยเริ่มจากการคัดแยกขยะ เช่น โลหะ แก้ว เศษหิน และขยะ รีไซเคิลออกจากขยะรวม จากนั้นจึงป้อนขยะมูลฝอยเข้าเครื่องร่อนและคัดแยกขยะอินทรีย์ ผ่านเครื่องล้างหยาบ เครื่องล้างละเอียด จากนั้นส่งต่อเข้าระบบคัดแยกด้วยลมสะบัดแห้งการร่อนคัดแยกขยะ 80 ตันต่อวัน สามารถผลิตผลพลอยได้เป็นเศษพลาสติกที่ล้างสะอาดได้ถึง 5 ตัน นำมาคัดเป็นพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนอัดเป็นก้อนเพื่อจำหน่ายสู่โรงหลอมพลาสติก และเศษพลาสติกชิ้นเล็ก ๆ เรียกว่าเชื้อเพลิงขยะก็รวบรวมเพื่อจำหน่ายไปยังโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ ผลการวิเคราะห์ด้านการเงินตลอดอายุโครงการ 10 ปี โดยมีต้นทุนทางการเงินถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 9.68 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 51,884,004 บาท อัตราผลตอบแทนภายในโครงการร้อยละ 45.26 และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการที่มีการปรับค่าแล้วร้อยละ 23.57 อัตราส่วน

ระหว่างผลตอบแทนสุทธิต่อการลงทุน 3.71 เท่า สรุปได้ว่าโครงการนี้ มีความคุ้มค่าในการลงทุน ส่วนการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน ผลตอบแทนลดลงได้ต่ำสุดร้อยละ 38.06 ต้นทุนรวมเพิ่มได้สูงสุดร้อยละ 61.45 โครงการมีความเสี่ยงในการลงทุนต่ำมาก

กรกมล สราญรมย์ (2557) ศึกษาความเป็นไปได้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง : กรณีศึกษา เทศบาลนครนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ผลการศึกษา พบว่า พื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี มีขยะที่สามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของเชื้อเพลิงขยะทั้งสิ้น 289.41 ตันต่อวัน โดยเลือกเศษอาหาร พลาสติก กระดาษ และไม้ เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ ซึ่งจะใช้ปูนขาวเป็นตัวประสานในการอัดแท่ง ทั้งนี้ โดยมีอัตราส่วน 30: 35: 4 :1 :1 ตามลำดับ เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง 8 ขั้นตอนแล้ว สามารถคำนวณกำลังการผลิต เท่ากับ 172.84 ตันต่อวัน ซึ่งให้ค่าความร้อน เท่ากับ 26.66 MJ/KG จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยจะเลือกใช้ทางเลือกที่ดีที่สุด คือ การใช้ฮีทปั๊ม ในขั้นตอนที่ 5 การอบไล่ความชื้น พบว่า ที่อัตราคิดลด 10 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าปัจจุบัน 396.79 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน เท่ากับ 55.47 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะเวลาคืนทุน 2.11 ปี อายุโครงการ 15 ปี การวิเคราะห์ความไว ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนของโครงการ ได้แก่ ปริมาณขยะต่อวัน ราคาเชื้อเพลิงขยะ ต้นทุนเครื่องจักร และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะโดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์และลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อนขยะ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงมากกว่าปัจจัยต้นทุนเครื่องจักร เมื่อปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อนขยะ มีการเปลี่ยนแปลงลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 2.63 ปี และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 1.60 ปี

กมลรัญชน์ กุคำใส (2557) ศึกษาความคุ้มทุนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นเชื้อเพลิงเหลวโดยกระบวนการไพโรไลซิสของบ่อขยะเขตอุตสาหกรรมนวนคร จังหวัดปทุมธานี ผลการศึกษาพบว่า โครงการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันด้วยกระบวนการไพโรไลซิส ขนาดกำลังการผลิต 10 ตันขยะพลาสติกต่อวัน ผลิตน้ำมันที่มีสมบัติใกล้เคียงน้ำมันดีเซลได้ 6,000 ลิตรต่อวัน เมื่อคิดผลตอบแทนการลงทุนที่คุ้มค่ากับการลงทุน ให้ผลตอบแทนภายในที่ 24.83% และ 25.33% เมื่อใช้เครื่องจักรจากผู้ผลิตในประเทศและเครื่องจักรที่นำเข้าจากประเทศจีน ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนที่แท้จริงต่อหน่วยการผลิตที่ IRR=0 พบว่า ต้นทุนการผลิตน้ำมันสังเคราะห์จากขยะพลาสติกที่ใช้เครื่องจักรจากผู้ผลิตในประเทศหรือนำเข้าจากต่างประเทศมีความแตกต่างกันไม่มากนัก

จากผลการศึกษางานวิจัยที่ได้นำเสนอไปแล้วข้างต้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาสรุปผลการศึกษาต้นทุนต่อหน่วยของการนำขยะมาแปรรูปเป็นพลังงาน การประเมินความคุ้มค่าในการแปรรูปขยะเป็นพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ โดยทำการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน ประกอบด้วย 1) ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback period : PB) 2) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value : NPV) 3) อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (Benefit cost ratio : B\C Ratio) และ 4) อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (Internal rate of return : IRR) ดังนี้

ตารางที่ 2.8 สรุปผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลำดับ	ชื่อ – สกุล ผู้วิจัย	ประเภทขยะ	ต้นทุน	การแปรรูปขยะเป็นพลังงาน						กระบวนการเพิ่มเติม	เงินลงทุน (ล้านบาท)	ความสามารถกำจัดขยะ (ตัน/วัน)	ต้นทุนและผลตอบแทน			
				การนำกลับไปใช้ใหม่	ผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF)	ผลิตไฟฟ้าจาก RDF	ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ	ผลิตไฟฟ้าจากเตาเผาขยะ	แปรรูปขยะเป็นน้ำมัน				PB (ปี)	NPV (ล้านบาท)	B/C Ratio	IRR (%)
1	รัชนี โพธิรัตน์ (2545)	ขยะชุมชน	-		✓					เติมเศษยางเพื่อเพิ่มค่าความร้อน	109.25	451	4	109.62		24
											35.80	196	4	43.75		28
2	ศรีสกุล แก้วกระจ่าง (2550)	ขยะที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีเชิงกลชีวภาพ เวลา 9 เดือน ขนาดมากกว่า 90 มม.	2.70 บาท/กก.		✓					การอัด +ความร้อน						
			5.46 บาท/กก.							การอัด+สารประสาน (แป้งและโมลาส)						
3	วีรชัย อาจหาญ (2553)	ขยะชุมชน	2.425 บาท/กก.		✓							5				
			8.55 บาท/Kwh			✓						5		7.16		- 0.48
4	จิรวัฒน์ ชินมณี (2554)	ขยะชุมชน	1.768 บาท/Kwh				✓									
			2.701 บาท/Kwh		✓	✓										
			5.058 บาท/Kwh					✓								
			12.46 บาท/ลิตร						✓							
5	ภมร แสนสิ่ง (2555)	ขยะชุมชน	4.21 บาท/กก.RDF-5									4.28				

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.8 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ – สกุล ผู้วิจัย	ประเภทขยะ	ต้นทุน	การแปรรูปขยะเป็นพลังงาน						กระบวนการเพิ่มเติม	เงินลงทุน (ล้านบาท)	ความสามารถกำจัดขยะ (ตัน/วัน)	ต้นทุนและผลตอบแทน			
				การนำกลับไปใช้ใหม่	ผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF)	ผลิตไฟฟ้าจาก RDF	ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ	ผลิตไฟฟ้าจากเตาเผาขยะ	แปรรูปขยะเป็นน้ำมัน				PB (ปี)	NPV (ล้านบาท)	B/C Ratio	IRR (%)
6	กฤตภาส มงคลธำรงกุลและประพิธาร์ ธนารักษ์ (2555)	ขยะชุมชน	-			✓					-					9.22
			-						✓		-		3 .17	116.36	1.84	32.38
7	สุพจน์ ตั้งสกุลประเสริฐ (2555)	ขยะชุมชน	-		✓						-		1.32	110.345	3.50	183
8	รุจธิเวศน์ สำเนียงดี (2556)	ขยะชุมชน	-	✓							-	80		51.88		45.26
9	กรกมล สราญรมย์ (2557)	ขยะชุมชน	-							ปูนขาว+ฮีทปั๊ม	-	289.41	2.11	369.79		55.46
10	กมลรัชน์ กุคำใส (2557)	พลาสติก	-						✓		-	10				24.83[1]
			-								-	10				25.33[2]

หมายเหตุ :

1 หมายถึง เครื่องจักรภายในประเทศ

2 หมายถึง เครื่องจักรนำเข้าจากประเทศจีน

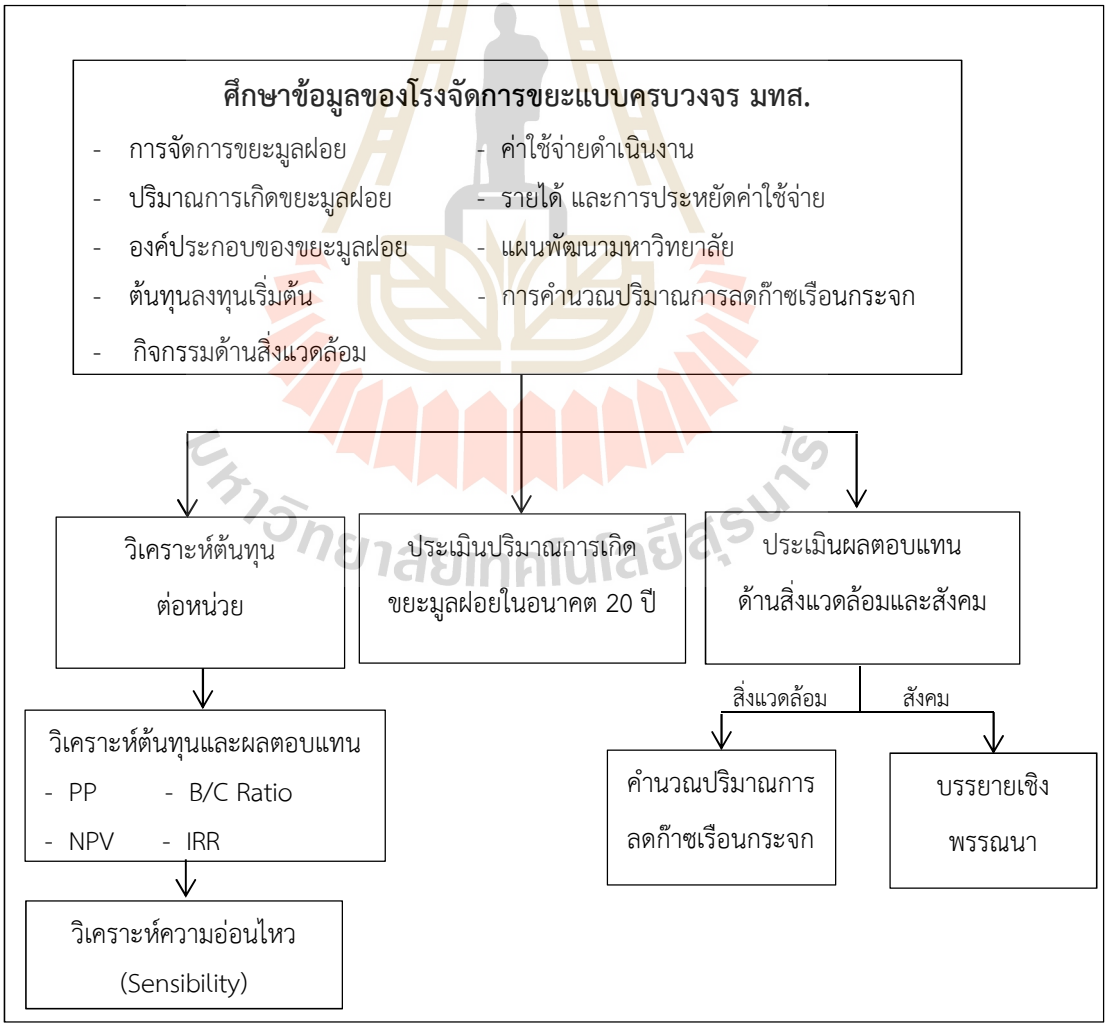
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

การศึกษาความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรได้กำหนดขั้นตอนการศึกษา โดยเริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร เช่น ปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย องค์ประกอบของขยะมูลฝอย การแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน ค่าใช้จ่าย และรายได้ของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนธันวาคม 2556 ถึง กรกฎาคม 2559 (32 เดือน) เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน วิเคราะห์ความอ่อนไหว ตลอดจนนำมาวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านสิ่งแวดล้อมและสังคม ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนดำเนินการศึกษาความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

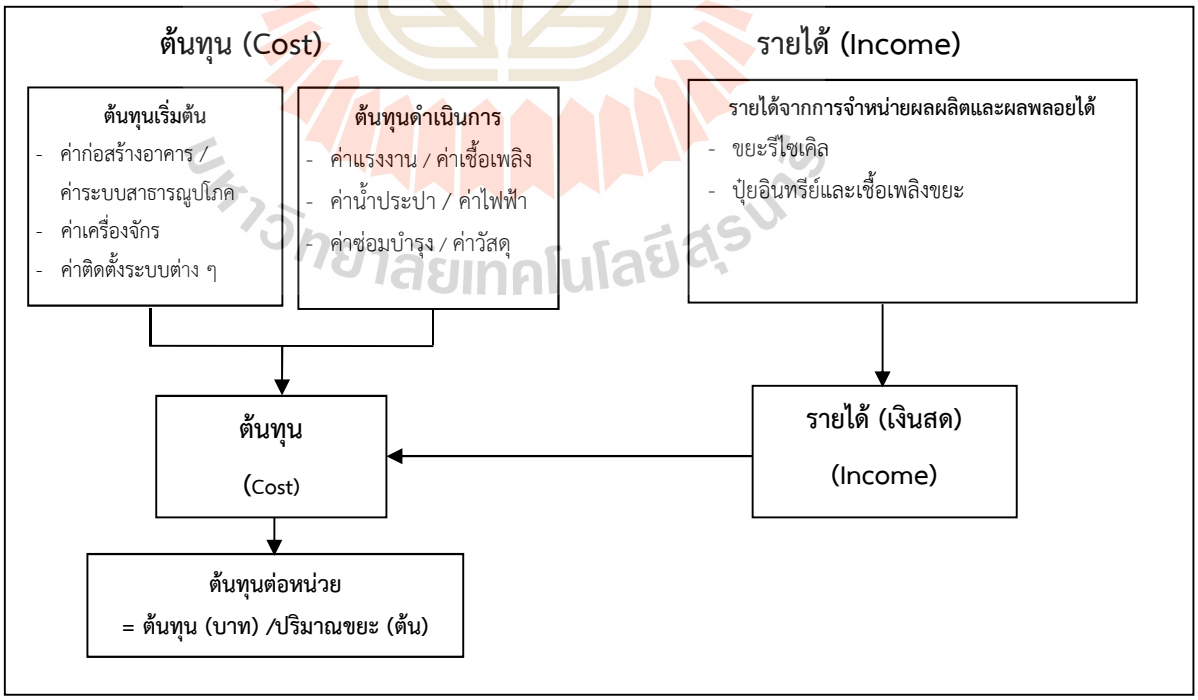
การเก็บข้อมูลในการศึกษาความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรนี้ ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณและขอข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย ดังนี้

- ส่วนอาคารสถานที่ : กระบวนการจัดการ การบริหารจัดการ ข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอย องค์ประกอบของขยะมูลฝอย ปริมาณผลผลิตและผลพลอยได้ รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้ และค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ เป็นต้น
- ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ : ข้อมูลเทคโนโลยีเชิลกล-ชีวภาพ (Mechanical and Biological Treatment, MBT) และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- ส่วนการเงินและบัญชี : ประกอบด้วยข้อมูลค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ค่าซ่อมบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะมูลฝอยประจำปี เป็นต้น
- ส่วนแผนงาน : ประกอบด้วยข้อมูลแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 12 (พ.ศ. 2560 – 2564) และแผนการก่อสร้างอาคารต่าง ๆ เป็นต้น

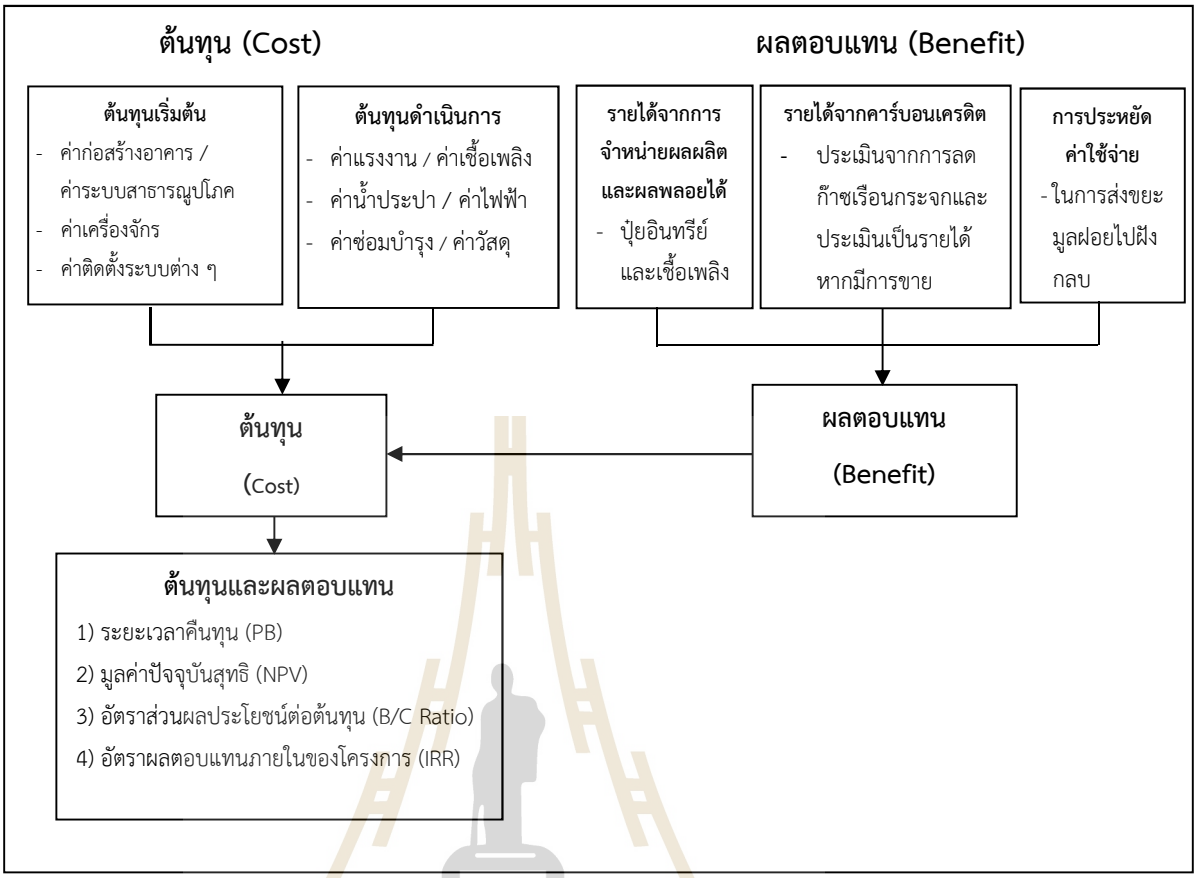
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 การวิเคราะห์ต้นทุน

ดำเนินการวิเคราะห์ต้นทุนของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร เป็น 2 กรณี คือ 1) ต้นทุนต่อหน่วย และ 2) ต้นทุนและผลตอบแทน ดังภาพที่ 3.2 และภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.2 แผนผังการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วย



ภาพที่ 3.3 แผนผังการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน

3.3.2 การประเมินปริมาณขยะมูลฝอยในอนาคต 20 ปี

เมื่อได้ข้อมูลอัตราการเกิดขยะของมหาวิทยาลัยแล้ว จึงทำการประเมินปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยในอนาคต 20 ปี โดยทำการประเมินใน 4 ส่วน คือ 1) มหาวิทยาลัย 2) โรงพยาบาล มทส. 3) โรงเรียนสุรวิวัฒน์ และ 4) โครงการก่อสร้างขนาดใหญ่

3.3.3 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน

เป็นการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยตั้งสมมติฐานระยะเวลาโครงการ 15 ปี ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างอาคาร เครื่องจักรและอุปกรณ์ส่วนใหญ่เป็นโครงสร้างเหล็กมีการผุกร่อนตลอดจนระบบควบคุมเครื่องจักร และอุปกรณ์เป็นอิเล็กทรอนิกส์หากทำการซ่อมอาจจะไม่คุ้มค่า ทั้งนี้ ในช่วงระยะเวลา 2 ปี 8 เดือน โดยใช้ข้อมูลจากการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในช่วงที่ผ่านมา และทำการประเมินในปีต่อไปจนถึงปีที่ 15 โดยทำการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน 4 ค่า ประกอบด้วย 1) ระยะเวลาคืนทุน (PB) 2) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 3) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) และ 4) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR)

3.3.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensibility)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการได้พิจารณา 3 กรณี ดังนี้

1) กรณีที่ 1 : รายได้ลดลง 5 % และรายจ่ายเพิ่มขึ้น 10 %

2) กรณีที่ 2 : รายได้ลดลง 8 % และรายจ่ายเพิ่มขึ้น 10 %

3) กรณีที่ 3 : พิจารณาจากผลดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในช่วงเดือน สิงหาคม ถึง ธันวาคม 2559 ว่ามีการเปลี่ยนแปลงรายได้และค่าใช้จ่ายอย่างไรเนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวมีการปรับเปลี่ยนการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้ และมีการรับขยะมูลฝอยจากเทศบาลตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา มาดำเนินการ

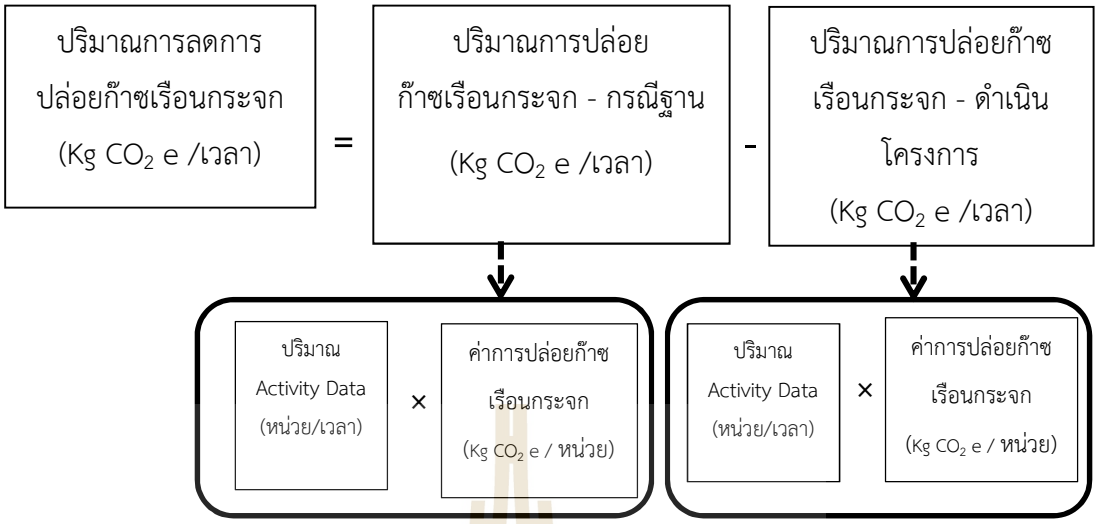
3.3.5 การหาองค์ประกอบขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จะทำการหาสัดส่วนขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเพื่อจำแนกตามชนิดของสิ่งต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นมาเป็นขยะมูลฝอยทั้งหมดโดยการสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยที่ได้จากการรวบรวมในแต่ละวันด้วยวิธีแบ่งสี่ (Quartering Method) เป็นระยะเวลา 6 วัน (เนื่องจากรถเก็บขนขยะทำงาน 6 วันต่อสัปดาห์) โดยมีขั้นตอนดังนี้

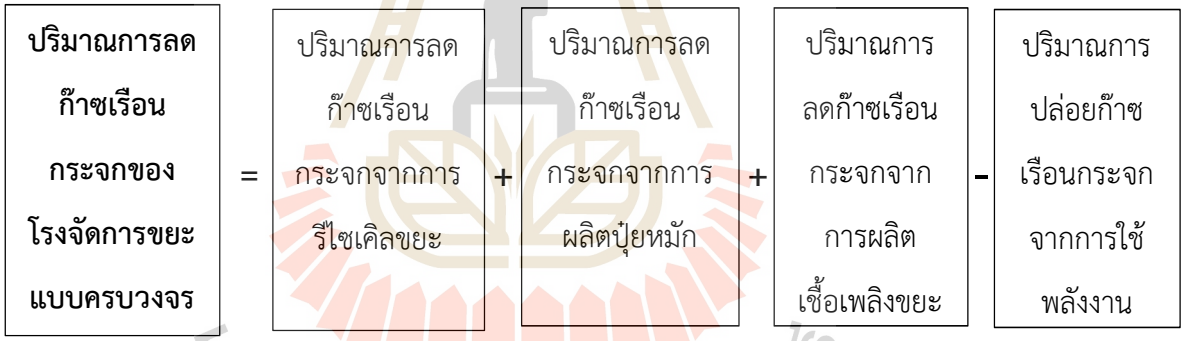
1. สุ่มขยะมูลฝอยจากรถขนขยะมูลฝอยเที่ยวละ 1 ถุง จนครบทุกเที่ยวในแต่ละวัน
2. นำขยะมูลฝอยทั้งหมดมาผสมกันแล้วแบ่งเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน
3. เลือก 2 ส่วนที่อยู่ตรงข้ามกันออกจากการวิเคราะห์
4. นำ 2 ส่วนที่เหลือผสมให้เข้ากันอีกครั้งจนกระทั่งเหลือขยะมูลฝอยสุดท้ายประมาณ 50-100 ลิตร
5. เมื่อได้ตัวแทนขยะมูลฝอยแล้วนำมาแยกองค์ประกอบของขยะมูลฝอยแล้วหาสัดส่วนขยะมูลฝอย ประกอบด้วย 1) เศษอาหาร 2) เศษกิ่งไม้/ใบไม้ 3) ถุงพลาสติก 4) โฟม 5) กระดาษ 6) แก้ว 7) เหล็ก 8) อลูมิเนียม 9) ขวดพลาสติก 10) อันตราย 11) เศษอิฐ/เศษปูน และ 12) เศษผ้า 13) เศษหนัง 14) ยาง และ 15) อื่น ๆ

3.3.6 การคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก

การดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ถือเป็นหนึ่งในกิจกรรมที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเข้าข่ายโครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก เพื่อยื่นขอการรับรองและใบประกาศเกียรติคุณตามโครงการ LESS ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ดังนั้น การคำนวณและรูปแบบการจัดทำข้อมูลให้เป็นไปตามกระบวนการวิเคราะห์และประเมินทางเทคนิควิชาการตามที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) กำหนด โดยมีหลักการคำนวณดังนี้



ในการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ดำเนินการคำนวณเป็น 4 ส่วน คือ 1) การคัดแยกขยะเพื่อรีไซเคิล 2) การทำปุ๋ยหมัก 3) การผลิตเชื้อเพลิงขยะ และ 4) การใช้พลังงานในโรงจัดการขยะแบบครบวงจร โดยมีหลักการคำนวณดังนี้



ทั้งนี้ ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปของ อบก. ในการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ดังภาคผนวกที่ ฉ

3.3.7 การประเมินรายได้จากคาร์บอนเครดิต

ในการประเมินรายได้จากคาร์บอนเครดิตใช้ข้อมูลราคาขายคาร์บอนเครดิตตามโครงการ T-VER จากข้อมูลของ อบก. มีราคาขายอยู่ในช่วง 30 – 160 บาท/ tCO2e สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ราคาต่ำสุดในการประเมินรายได้จากคาร์บอนเครดิต คือ 30 บาท/tCO_2e ดังนี้

ประเมินรายได้จากคาร์บอนเครดิต (บาท) = ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก (tCO_2e) × 30 บาท/tCO_2e

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษาความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ได้ทำการศึกษาข้อมูลการจัดการขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และนำผลการศึกษามาวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย 1) วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน 2) ประเมินความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร 3) ประเมินความคุ้มค่า และ 4) วิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensibility) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ต้นทุนต่อหน่วยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ประเมินความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในอนาคต วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน วิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensibility) คำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก ประเมินรายได้จากคาร์บอนเครดิต ประเมินข้อดีของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

4.1 ผลการศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การจัดการขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยจากอดีตจนถึงปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการมาอย่างต่อเนื่องโดยเริ่มจากการจัดหาถังขยะมูลฝอยที่เหมาะสม การจัดรถเก็บขน ตลอดจนมีการก่อสร้างโรงจัดการขยะแบบครบวงจรขึ้นเพื่อนำขยะมูลฝอยมาแปรรูปเป็นพลังงานทำให้เกิดผลผลิตและผลพลอยได้ สามารถนำไปจำหน่ายก่อให้เกิดรายได้เข้าสู่กองทุนสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยอย่างต่อเนื่อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1.1 รูปแบบถังขยะมูลฝอย

มหาวิทยาลัยได้จัดถังขยะมูลฝอยแยกประเภทนอกอาคาร จำนวน 223 จุด และมีจำนวนถังขยะมูลฝอยแยกประเภท จำนวน 556 ใบ ประกอบด้วย ขยะทั่วไป ขยะเศษอาหาร ขยะอันตราย และขยะรีไซเคิล ดังรูปที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 ถังขยะมูลฝอยภายในและภายนอกอาคาร
ที่มา: สำนักงานส่วนอาคารสถานที่ สำนักงานสีเขียวระดับดีเยี่ยม (Gทอง) ประจำปี 2558

4.1.2 รูปแบบรถเก็บขนขยะมูลฝอย

ปัจจุบันมีรถเก็บขนขยะมูลฝอย จำนวน 2 คัน เป็นรถปิคอัพ สำหรับเก็บขนขยะมูลฝอยจากอาคารต่าง ๆ โดยจัดเก็บทุกวันจันทร์-เสาร์ (ไม่เว้นวันหยุดนักขัตฤกษ์) หยุดวันอาทิตย์ ปัจจุบันจัดเก็บขยะมูลฝอยได้เฉลี่ย 3.65 ตันต่อวัน และมีความสามารถสูงสุดในการจัดเก็บ 5.0 ตันต่อวัน ดังภาพที่ 4.2 และตารางที่ 4.1

ภาพที่ 4.2 รูปแบบรถเก็บขนขยะภายในมหาวิทยาลัย

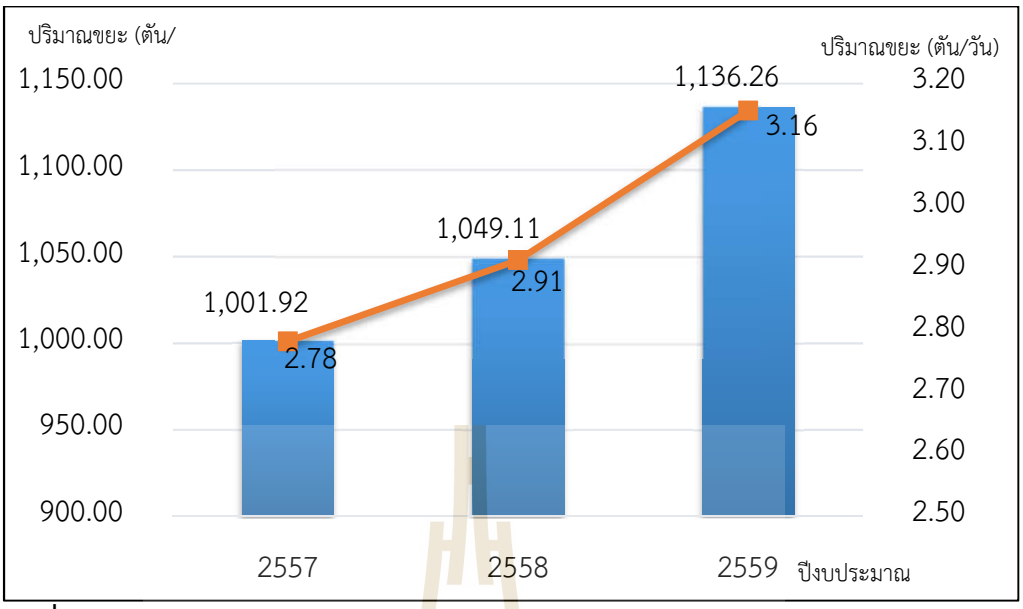
ตารางที่ 4.1 ความสามารถของรถเก็บขนขยะมูลฝอย

ลำดับ		รายการ	การจัดเก็บปัจจุบัน			ความสามารถจัดเก็บสูงสุด		
			เที่ยว/วัน	กก./เที่ยว	กก./วัน	เที่ยว/วัน	กก./เที่ยว	กก./วัน
1.		รถคันที่ 1	6.00	274.47	1,646.82	9.00	274.47	2,470.23
2.		รถคันที่ 2	7.00	285.48	1,998.36	9.00	285.48	2,569.32
		รวม	13.00	559.95	3,645.18	18.00	559.95	5,039.55

4.1.3 ปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย

จากข้อมูลของส่วนอาคารสถานที่ได้จัดเก็บข้อมูลอัตราการเกิดขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 พบว่ามีปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยจำนวน 1,136 ตัน/ปี หรือ 3.16 ตัน/วัน มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา ทั้งนี้ เนื่องมาจากการเพิ่มของจำนวนนักศึกษาสมมูล (คิดเทียบจำนวนนักศึกษาไม่รวมจำนวนบุคลากร ทั้งนี้ เนื่องจากบุคลากรไม่ได้พักอาศัยภายในทั้งหมดทำให้ประเมินจำนวนได้ค่อนข้างยาก) การเพิ่มขึ้นจากการเปิดให้บริการโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และการเพิ่มของการเปิดโรงเรียนสุรวิวัฒน์ รายละเอียดดังภาพที่ 4.3

เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการเกิดขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยกับแหล่งอื่น ๆ พบว่า อัตราการเกิดขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเท่ากับ 0.17 กก.ต่อนักศึกษาสมมูลต่อวัน ซึ่งมีอัตราต่ำกว่าพื้นที่อื่น ๆ ทั้งนี้ เนื่องมาจากการบริโภคส่วนใหญ่ใช้บริการจากโรงอาหารส่วนกลางจึงช่วยลดการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ทำให้เกิดขยะมูลฝอยลงได้ ตลอดจนภายในมหาวิทยาลัยมีการดำเนินกิจกรรมลดการเกิดขยะ เช่น กิจกรรมธนาคารวัสดุรีไซเคิล กิจกรรมรณรงค์ใช้แก้วน้ำส่วนตัว กิจกรรมรณรงค์งดใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วทุกวันที่ 15 และ 30 ของเดือน จากร้านสะดวกซื้อ ซึ่งส่งผลให้ช่วยลดปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยได้เช่นกัน



ภาพที่ 4.3 ปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 – 2559

ตารางที่ 4.2 อัตราการเกิดขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

ลำดับ	สถานที่	หน่วย	จำนวน	อัตราการเกิดขยะ	
				กก./วัน	กก./หน่วย/วัน
1	ส่วนกลางของมหาวิทยาลัย	นักศึกษาสมมูล	15,995	2,755	0.17
2	โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	เตียง	120	355	2.60
3	โรงเรียนสุรวิวัฒน์	นักเรียนสมมูล	89	50	0.56
รวม				**3,160**	-

หมายเหตุ:

1. นักศึกษาสมมูล หมายถึง จำนวนนักศึกษาไม่รวมจำนวนบุคลากร ทั้งนี้ เนื่องจากบุคลากรไม่ได้พักอาศัยภายในทั้งหมดทำให้ประเมินจำนวนได้ค่อนข้างยาก
2. นักเรียนสมมูล หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนทั้งหมด ไม่รวมจำนวนบุคลากร ทั้งนี้ เนื่องจากบุคลากรไม่ได้พักอาศัยภายในทั้งหมดทำให้ประเมินจำนวนได้ค่อนข้างยาก
3. ส่วนกลางของมหาวิทยาลัย หมายถึง อาคารเรียนรวม อาคารที่ทำการ หอพักนักศึกษา เทคโนธานี บ้านพักเรือนพัก ฟาร์มมหาวิทยาลัย และสุรสัมมนาคาร ไม่รวมโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและโรงเรียนสุรวิวัฒน์
4. โรงเรียนสุรวิวัฒน์ หมายถึง ปริมาณขยะจากอาคารเกษตรภิวัฒน์ และจากหอพักนักเรียน
5. โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี หมายถึง ปริมาณขยะทั่วไป ขยะรีไซเคิล และขยะเศษอาหาร ไม่รวมขยะติดเชื้อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบอัตราการเกิดขยะมูลฝอยจากแหล่งต่าง ๆ

ลำดับ	พื้นที่	อัตราการเกิดขยะมูลฝอยเฉลี่ย (กก./คน/วัน)
1	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี [1]	0.17
2	ประเทศไทย[2]	1.13
3	กรุงเทพมหานคร[2]	1.53
4	เทศบาลนคร[3]	1.89
5	เทศบาลเมือง[3]	1.15
6	เทศบาลตำบล[3]	1.02
7	เมืองพัทยา[3]	3.90
8	องค์การบริหารส่วนตำบล[3]	0.91

หมายเหตุ:

[1] ข้อมูลการเกิดขยะมูลฝอยปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

[2] ข้อมูลอัตราการเกิดขยะมูลฝอยของกรุงเทพมหานครปี 2558

[3] ข้อมูลอัตราการเกิดขยะมูลฝอยชุมชนเฉลี่ยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จากกรมควบคุมมลพิษปี 2557

4.1.4 องค์ประกอบของขยะมูลฝอย

ได้ดำเนินการสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยที่ได้จากการเก็บรวบรวมของรถเก็บขนในแต่ละวัน เพื่อนำมาหาสัดส่วนขยะมูลฝอยแต่ละประเภท ระหว่างวันที่ 23-29 พฤศจิกายน 2559 เป็นเวลา 6 วัน (มหาวิทยาลัยจัดเก็บขยะ 6 วันต่อสัปดาห์) โดยช่วงเวลาที่จัดเก็บข้อมูลนี้เป็นช่วงเปิดเทอมและมีการเรียนการสอนตามปกติของมหาวิทยาลัย การหาองค์ประกอบมูลฝอยใช้วิธีแบ่งสี่ (Quartering) โดยเริ่มจากการสุ่มขยะมูลฝอยจากรถเก็บขนมูลฝอยเที่ยวละ 1 ถุง มาเทกองรวมกัน แล้วผสมให้เข้ากันและแบ่งออกเป็น 4 ส่วน นำ 2 ส่วนที่อยู่ตรงข้ามกันออกจากการวิเคราะห์ และนำ 2 ส่วนที่เหลือมาผสมกัน แล้วจึงทำการคัดแยกมูลฝอยแต่ละประเภทเพื่อหาสัดส่วนขยะมูลฝอยแต่ละประเภท จำนวน 15 ประเภท ดังนี้

1. เศษอาหาร เช่น เศษอาหาร เศษผัก และเศษผลไม้ เป็นต้น
2. เศษไม้/ใบไม้
3. ถุงพลาสติก เช่น ถุงพลาสติกที่เปื้อนอาหาร ถุงหูหิ้ว เป็นต้น
4. โฟม เช่น ภาชนะโฟมที่บรรจุอาหาร
5. กระดาษ เช่น กระดาษขาวดำ กระดาษลัง กระดาษหนังสือพิมพ์ เป็นต้น
6. แก้ว เช่น ขวดแก้วสี ขวดแก้วใส เป็นต้น

7. เหล็ก ได้แก่ เศษเหล็กต่าง ๆ เป็นต้น
8. อลูมิเนียม ได้แก่ กระป๋องเครื่องดื่ม เป็นต้น
9. ขวดพลาสติก เช่น ขวดน้ำดื่ม ขวดนม เป็นต้น
10. อันตราย เช่น หลอดไฟฟ้า แบตเตอรี่ เป็นต้น
11. เศษอิฐ/เศษปูน
12. เศษผ้า เช่น เสื้อผ้าเก่า เป็นต้น
13. เศษหนัง เช่น รองเท้าเก่า เป็นต้น
14. ยาง เช่น ยางรถยนต์ เป็นต้น
15. อื่น ๆ เช่น ผ้าอนามัย หลอดกาแฟ เป็นต้น

โดยขั้นตอนของการหาองค์ประกอบมูลฝอยด้วยวิธีแบ่งสี่ (Quartering) ดังภาพที่ 4.4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สุ่มขยะมูลฝอยจากรถเก็บขน เที่ยวละ 1 ถุง และมาเทรวมกัน

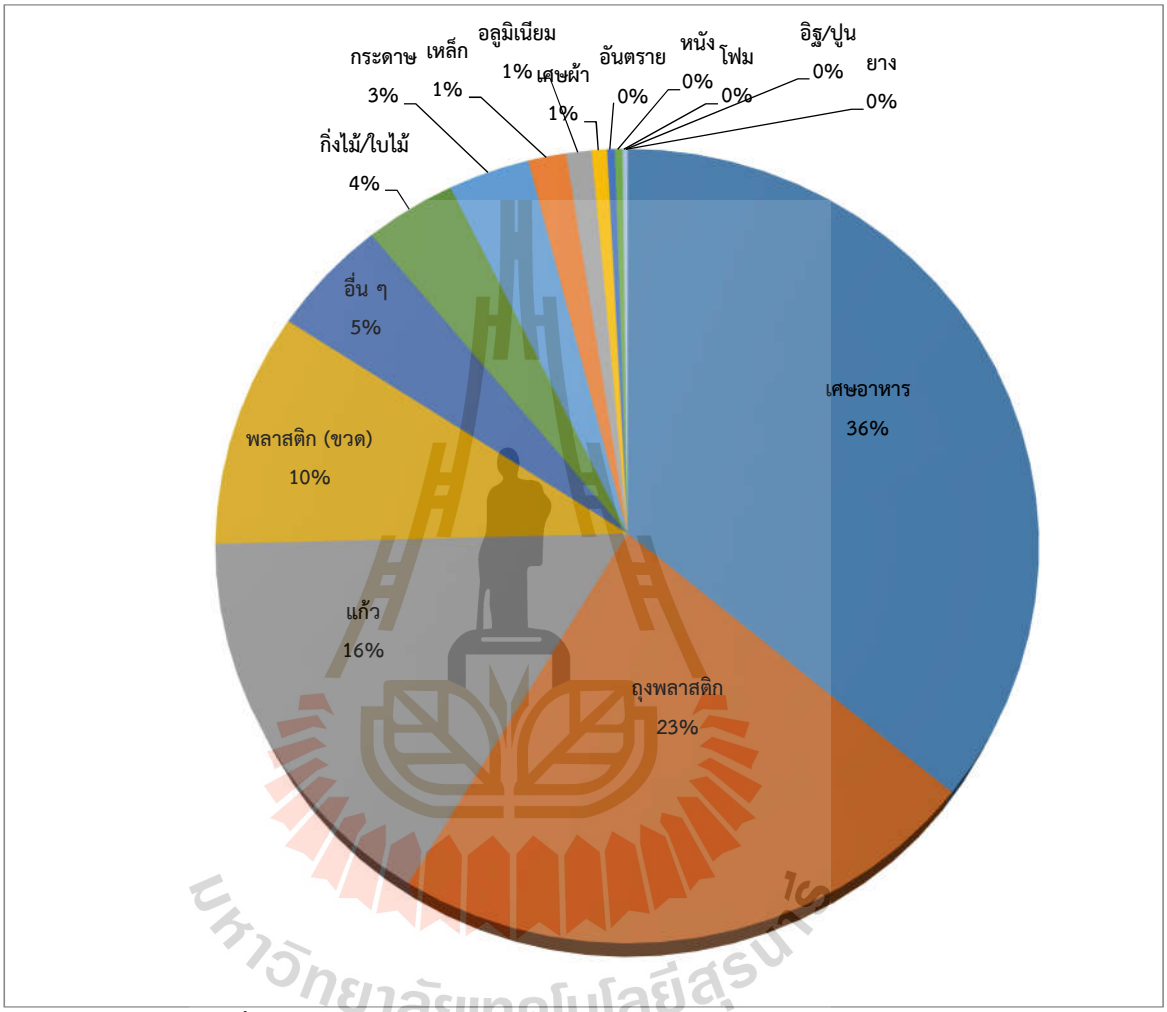
ผสมขยะมูลฝอยให้เข้ากัน และแบ่งออกเป็น 4 ส่วน

นำ 2 ส่วนที่อยู่ตรงข้ามกันออกจากกัน

และนำ 2 ส่วนที่เหลือมาผสมกันเพื่อคัดแยกและชั่งน้ำหนัก

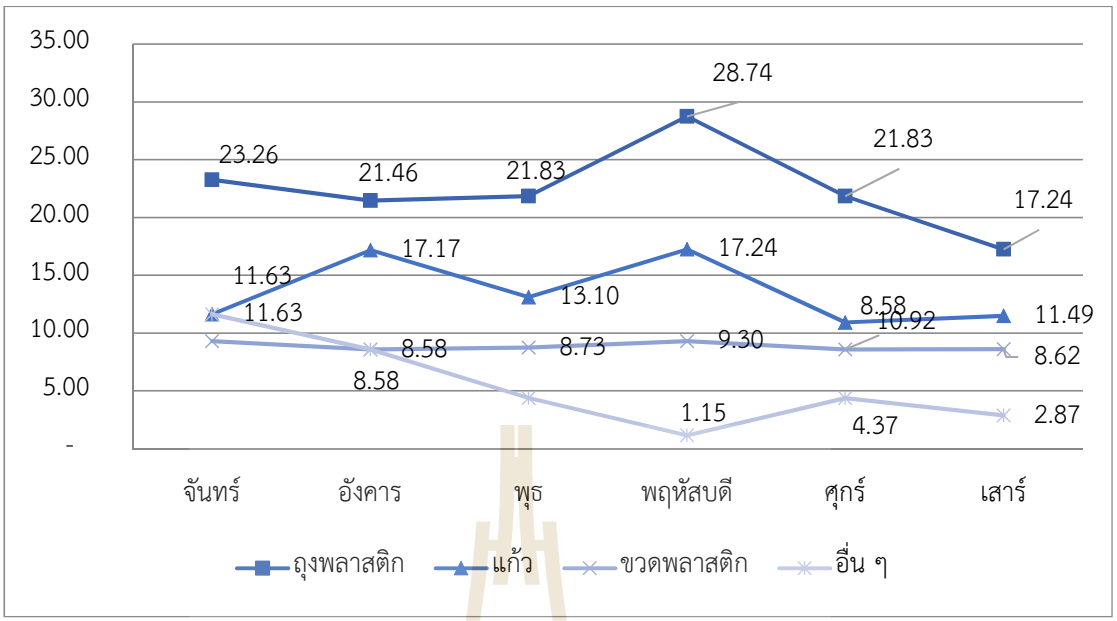
ภาพที่ 4.4 ขั้นตอนการหาองค์ประกอบขยะมูลฝอยด้วยวิธีแบ่งสี่ (Quartering)

จากผลการหาองค์ประกอบขยะมูลฝอย พบว่า สัดส่วนขยะมูลฝอยที่พบมากที่สุด คือ เศษอาหาร ร้อยละ 36 รองลงมา คือ ถุงพลาสติก และแก้ว มีปริมาณร้อยละ 23 และร้อยละ 16 ตามลำดับ รายละเอียดองค์ประกอบขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัย ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 องค์ประกอบขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทั้งนี้ หากพิจารณาปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยแต่ละประเภทใน 1 สัปดาห์ (รถเก็บขนขยะมูลฝอยทำงานวันจันทร์ถึงวันเสาร์) พบว่ามีปริมาณขยะมูลฝอยที่พบมากที่สุด คือ เศษอาหารซึ่งพบมากที่สุดในวันพุธ มีปริมาณเฉลี่ยร้อยละ 48 เนื่องจากมีตลาดนัด รองลงมาคือ ถุงพลาสติกและแก้ว ตามลำดับ รายละเอียดดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ร้อยละการเกิดขยะมูลฝอยแยกรายประเภทในแต่ละวัน

4.1.5 กิจกรรมลดปริมาณการเกิดขยะภายในมหาวิทยาลัย

การดำเนินกิจกรรมลดปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยภายในมหาวิทยาลัย โดยมหาวิทยาลัยได้มีการส่งเสริมให้มีการจัดกิจกรรมและสนับสนุนงบประมาณอย่างต่อเนื่อง เช่น กิจกรรมธนาคารวัสดุรีไซเคิล ร้านศูนย์บาท รณรงค์ใช้ถุงผ้าและลดการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้ว รณรงค์ใช้แก้วน้ำและกล่องข้าวส่วนตัว เป็นต้น ดังตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 กิจกรรมลดปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยภายในมหาวิทยาลัย

ลำดับ	กิจกรรม	ลักษณะกิจกรรม
1	ธนาคารวัสดุรีไซเคิล มทส.	- เปิดทำการรับซื้อวัสดุรีไซเคิล และถอนเงินทุกวันพฤหัสบดีที่ 1 และ 3 ของเดือน เวลา 15.30 – 18.00 น. - บริการรถไปรับซื้อวัสดุรีไซเคิล ณ อาคารที่ทำการ อาคารหอพักนักศึกษา เรือนพัก และบ้านพัก ภายในมหาวิทยาลัย
2	ร้านศูนย์บาท	- เปิดทำการรับซื้อวัสดุรีไซเคิล ทุกวันพฤหัสบดีที่ 2 และ 4 ของเดือน เวลา 15.30 – 18.00 น. โดยสามารถเลือกรับเป็นเงิน หรือคูปองอาหาร
3	มทส. ปลอดโฟม	- ออกประกาศมหาวิทยาลัยในการงดใช้กล่องโฟม - จำหน่ายบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ในราคาต้นทุนให้กับร้านค้า โดยได้รับเงินหมุนเวียนจากกองทุนสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
4	SUT SAY NO PLASTIC BAG	- ประกาศ D-DAY “งดใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วทุกวันที่ 15 และ 30 ของเดือน” จากร้านสะดวกซื้อภายในมหาวิทยาลัย เริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2559 - จัดถุงผ้าไว้บริการฟรี (ในช่วงเริ่มกิจกรรม)
5	รณรงค์ใช้กล่องข้าวส่วนตัว (My Box)	- ร้านค้าให้ส่วนลดกรณีลูกค้านำกล่องข้าวส่วนตัวมาซื้ออาหาร เป็นเงิน 3-5 บาทต่อครั้ง
6	รณรงค์ใช้แก้วน้ำส่วนตัว (My Cup)	- ร้านค้าให้ส่วนลดกรณีลูกค้านำแก้วน้ำส่วนตัวมาซื้ออาหาร เป็นเงิน 3-5 บาทต่อครั้ง

ธนาคารวัสดุรีไซเคิล มทส. และร้านศูนย์บาท

กิจกรรม มทส. ปลอดโฟม

กิจกรรม SUT SAY NO PLASTIC BAG

กิจกรรมรณรงค์ใช้กล่องข้าวส่วนตัว

ภาพที่ 4.7 กิจกรรมลดปริมาณการเกิดขยะภายในมหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ผลดำเนินงานกิจกรรมลดการเกิดขยะมูลฝอยภายในมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

ลำดับ	กิจกรรม	ผลดำเนินกิจกรรม
1	ธนาคารวัสดุรีไซเคิล มทส.	1. จำนวนสมาชิก 400 สมาชิก 2. รวบรวมขยะรีไซเคิล จำนวน 194,090 กก./ปี 3. มีรายได้จากการดำเนินกิจกรรมธนาคารวัสดุรีไซเคิลและร้านศูนย์บาท เข้าสู่กองทุนสิ่งแวดล้อม ประมาณ 60,000 บาท/ปี
2	ร้านศูนย์บาท	1. จำนวนสมาชิก 35 สมาชิก 2. รวบรวมขยะรีไซเคิล จำนวน 200 กก./ปี
3	มทส. ปลอดโฟม	1. มอบใบประกาศ “ร้านอาหารนี้ปลอดโฟม” ให้กับร้านค้า จำนวน 30 ร้าน เนื่องในวันสิ่งแวดล้อมโลก 2. งดการใช้กล่องโฟมและใช้บรรจุภัณฑ์ย่อยสายได้ทดแทน จำนวน 130,050 ใบ
4	SUT SAY NO PLASTIC BAG	1. รณรงค์งดใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วทุกวันที่ 15 และ 30 จากร้านสะดวกซื้อ จำนวน 10 ร้าน 2. ลดการใช้พลาสติกหูหิ้วได้ จำนวน 22,894 ใบ
5	รณรงค์ใช้กล่องข้าส่วนตัว (My Box)	1. ร้านค้าเข้าร่วมกิจกรรม My Box จำนวน 30 ร้าน โดยให้ส่วนลดกรณีนำกล่องข้าวส่วนตัวมาซื้ออาหาร 2. มีจำนวนผู้ร่วมกิจกรรม 1,800 คน/ปี
6	รณรงค์ใช้แก้วน้ำส่วนตัว (My Cup)	1. ร้านค้าเข้าร่วมกิจกรรม My Cup จำนวน 21 ร้าน โดยการให้ส่วนลดกรณีนำแก้วส่วนตัวมาซื้อเครื่องดื่ม 2. มีจำนวนผู้ร่วมกิจกรรม 1,000 คน/ปี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.6 กองทุนสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กองทุนสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2557 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนทุนในการจัดกิจกรรม โครงการ งานวิจัย งานวิชาการ และสิ่งประดิษฐ์ด้านสิ่งแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัย โดยเงินกองทุน ประกอบด้วย

1) ทุนประเดิม จำนวน 5,700,000 บาท

2) รายได้จากการบริหารจัดการขยะแบบครบวงจร ธนาคารวัสดุรีไซเคิล มทส. และร้านศูนย์บาท

3) เงินหรือทรัพย์สินซึ่งมีผู้บริจาคให้

4) เงินหรือทรัพย์สินอื่นใดที่ได้รับมาในกิจการของกองทุน เช่น ดอกผลหรือผลประโยชน์ที่เกิดจากเงินหรือทรัพย์สินของกองทุน

ทั้งนี้ การใช้จ่ายเงินจากกองทุนสิ่งแวดล้อมมีคณะกรรมการบริหารกองทุนสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเป็นผู้พิจารณาสนับสนุนให้ทุนเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ โดยคณะกรรมการบริหารกองทุนสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย

1) ที่ปรึกษา ได้แก่ อธิการบดี

2) ประธานคณะกรรมการ ประกอบด้วย รองอธิการบดีที่อธิการบดีมอบหมาย

3) กรรมการ ประกอบด้วย ผู้ช่วยอธิการบดีที่อธิการบดีมอบหมาย หัวหน้าสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง หัวหน้าส่วนที่เกี่ยวข้อง หัวหน้าส่วนอาคารสถานที่เป็นเลขานุการ และได้กำหนดวงเงินสนับสนุนในการจัดทำโครงการหรือกิจกรรม ไม่เกิน 20,000 บาทต่อทุน ส่วนงานวิจัย งานวิชาการ และสิ่งประดิษฐ์ กำหนดไม่เกิน 100,000 บาทต่อทุน ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 วงเงินสนับสนุนทุนจากกองทุนสิ่งแวดล้อม

ประเภททุน	วงเงินสนับสนุน	คุณสมบัติของผู้ขอรับทุน
1 กิจกรรมหรือโครงการ	20,000 บาทต่อทุน หรือมากกว่าแต่ต้องได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการฯ	หน่วยงาน โครงการ ชมรมของนักศึกษา และชมรมของสโมสร
2 งานวิจัย งานวิชาการและสิ่งประดิษฐ์	100,000 บาทต่อทุน หรือมากกว่าแต่ต้องได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการฯ	คณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษา

ที่มา: ประกาศมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เรื่อง หลักเกณฑ์การขอรับทุนจากกองทุนสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ. 2558

4.1.7 กระบวนการจัดการขยะมูลฝอยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

โรงจัดการขยะแบบครบวงจร มทส. ตั้งอยู่บนถนนมหาวิทยาลัย 3 อยู่ฝั่งตรงข้ามศูนย์รังสีวินิจฉัยโบรอนจับยึดนิวตรอน ได้เปิดดำเนินการรับขยะมูลฝอยเพื่อนำมาดำเนินการแปรรูปเป็นพลังงานทำให้เกิดผลผลิตและผลพลอยได้ประเภทเชื้อเพลิงขยะและปุ๋ยอินทรีย์ ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2556 จนถึงปัจจุบัน สามารถรองรับขยะมูลฝอยได้สูงสุด 10 ตัน/วัน ปัจจุบัน มีปริมาณขยะมูลฝอยเข้ามาจัดการ จำนวน 3.65 ตัน/วัน ดำเนินงาน 6 วันต่อสัปดาห์ หยุดวันอาทิตย์และวันนักขัตฤกษ์

เทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปขยะเป็นพลังงาน คือ เทคโนโลยีเชิงกล-ชีวภาพ (Mechanical Biological Treatment, MBT) หรือ เทคโนโลยีการหมัก (Composting) สามารถลดระยะเวลาการหมักเหลือ 1 เดือน โดยอาศัยการกลับกองขยะด้วยสกรูแนวตั้ง (Vertical Agitator) ซึ่งทำให้ขยะที่อยู่ด้านล่างมีโอกาสสัมผัสอากาศมากขึ้น เกิดการย่อยสลายได้มากขึ้น และลดการเกิดกลิ่นจากการหมัก ซึ่งเทคโนโลยีนี้เป็นงานวิจัยของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย อาจหาญ อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ กระบวนการแปรรูปขยะเป็นพลังงานทำให้ผลผลิตและผลพลอยได้จำนวน 6 ประเภท คือ 1) เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF) เกรด A 2) เชื้อเพลิงขยะ เกรด B 3) เชื้อเพลิงขยะ เกรดรวม 4) วัสดุปรับปรุงดิน 5) ปุ๋ยอินทรีย์ และ 6) ขยะรีไซเคิล โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ระบบการคัดแยกด้วยระบบสายพาน : ขยะที่ถูกป้อนเข้าสู่ระบบสายพาน และมีคนงานคัดแยกขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย ส่วนขยะทั่วไปและขยะอินทรีย์ส่งเข้าสู่เครื่องสับลดขนาด

2) เครื่องสับลดขนาด: ทำการสับลดขนาดขยะอินทรีย์และขยะทั่วไปก่อนแล้วส่งไปหมักยังโรงหมัก

3) ระบบการหมัก : เป็นโรงหมักที่มีระบบสกรูแนวตั้งทำหน้าที่กลับกองขยะเพื่อให้สัมผัสอากาศได้มากขึ้น ขยะที่ถูกหมักจนครบเวลา 20-30 วัน จะถูกนำไปแยกส่วนประกอบด้วยเครื่องร่อนขยะ หากไม่ดำเนินการร่อนแยกส่วนประกอบสามารถส่งไปเป็นเชื้อเพลิงให้กับโรงงานผลิตปูนซิเมนต์ เรียกว่า เชื้อเพลิงขยะเกรดรวม ทั้งนี้ การไม่ร่อนแยกส่วนประกอบใช้เวลาการหมักเพียง 7 วัน จึงสามารถส่งจำหน่ายได้

4) เครื่องร่อนขยะ : เพื่อทำการร่อนแยกส่วนประกอบของปุ๋ยอินทรีย์และเชื้อเพลิงขยะพลาสติก ได้ผลผลิตและผลพลอยได้ คือ 1) ปุ๋ยอินทรีย์ 2) วัสดุปรับปรุงดิน 3) เชื้อเพลิงขยะเกรด A และ 4) เชื้อเพลิงขยะเกรด B ทั้งนี้ เชื้อเพลิงขยะเกรด A ต้องส่งเข้าเครื่องอัดเม็ดขยะพลาสติกต่อไป

5) เครื่องอัดเม็ดขยะพลาสติก : เครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงขยะเกรด A เพื่อให้ง่ายต่อการขนส่งและนำไปใช้ในการกลั่นน้ำมันจากขยะพลาสติกต่อไป

รายละเอียดดังภาพที่ 4.8 ภาพที่ 4.9 ภาพที่ 4.10 และภาพที่ 4.11

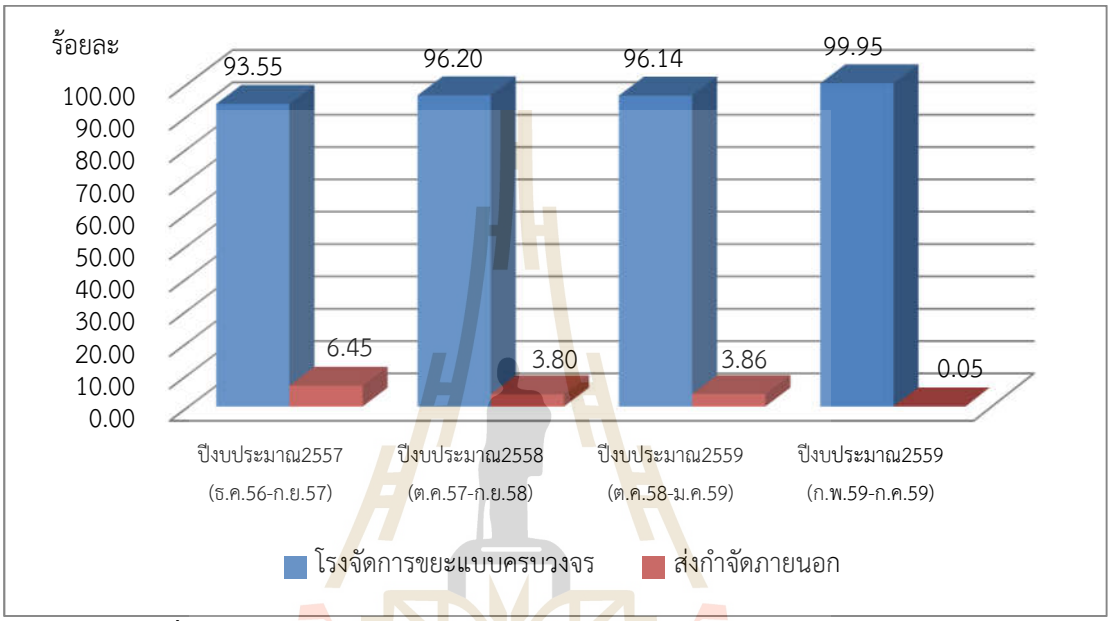
ภาพที่ 4.8 ตำแหน่งที่ตั้งของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ภาพที่ 4.9 โรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ภาพที่ 4.10 การปฏิบัติงานภายในโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

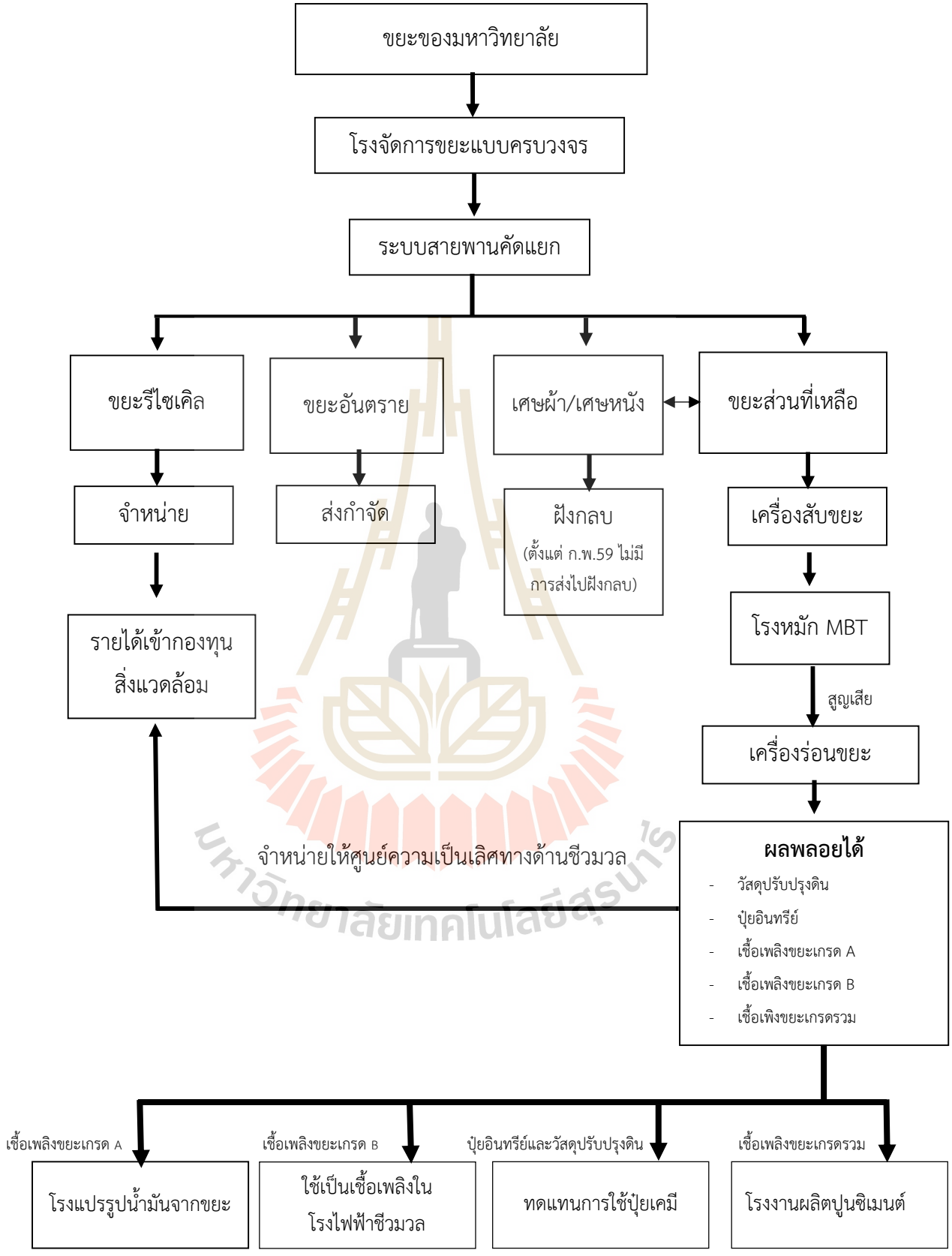
ภาพที่ 4.11 ผลผลิตและผลพลอยได้จากโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

โรงจัดการขยะแบบครบวงจรสามารถบริหารจัดการขยะของมหาวิทยาลัย ได้ร้อยละ 96 มีเพียงร้อยละ 4 ที่ต้องส่งไปกำจัดภายนอกมหาวิทยาลัย ประกอบด้วยขยะอันตราย เศษผ้าและเศษหนัง แต่เนื่องจากมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องทำให้ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2559 สามารถบริหารจัดการขยะได้เองร้อยละ 99.05 ส่วนที่ไม่สามารถจัดการได้มีเพียงขยะอันตราย ร้อยละ 0.05 ที่ต้องส่งกำจัดภายนอก ดังรูปภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 สัดส่วนการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 4.13 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

4.1.8 ผลผลิตและผลพลอยได้

การแปรรูปขยะเป็นพลังงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรทำให้เกิดผลผลิตและผลพลอยได้ประกอบด้วย ขยะรีไซเคิล ปุ๋ยอินทรีย์ วัสดุปรับปรุงดิน เชื้อเพลิงขยะเกรด A เชื้อเพลิงขยะเกรด B และเชื้อเพลิงขยะเกรดรวม มีปริมาณเฉลี่ย 45 ตัน/เดือน คิดเป็นร้อยละ 50 ของปริมาณขยะทั้งหมด ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณผลผลิตและผลพลอยได้

ปีงบประมาณ	ปริมาณขยะ (ตัน/เดือน)	การจัดการ (ตัน/เดือน)			
		ส่งกำจัดขยะอันตราย	ฝังกลบ	สูญเสีย	ผลผลิตและผลพลอยได้
2557 (ธ.ค.56-ก.ย.57)	73.23	0.07	4.65	36.91	31.60
2558 (ต.ค.57-ก.ย.58)	87.43	0.09	3.24	47.61	36.49
2559 (ต.ค.58-ม.ค.59)	97.78	0.05	3.72	40.99	53.02
2559 (ก.พ.59-ก.ค.59)	88.44	0.05	0.00	33.10	55.30
เฉลี่ย	86.72	0.06	2.90	39.65	44.10
ร้อยละ	100.00	0.07	3.35	45.72	50.86

การบริหารจัดการผลผลิตและผลพลอยได้ สามารถดำเนินการได้ 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ร่อนแยกส่วนประกอบ ได้ผลผลิตและผลพอยได้ 5 ชนิด คือ 1) ขยะรีไซเคิล 2) วัสดุปรับปรุงดิน 3) ปุ๋ยอินทรีย์ 4) เชื้อเพลิงขยะเกรด A และ 5) เชื้อเพลิงขยะเกรด B คิดเป็นปริมาณร้อยละ 50 ของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมด และกรณีที่ 2 ไม่ร่อนแยกส่วนประกอบ ได้ผลผลิตและผลพลอยได้ จำนวน 2 ชนิด 1) ขยะรีไซเคิล และ 2) เชื้อเพลิงขยะเกรดรวม คิดเป็นปริมาณ ร้อยละ 73 ของปริมาณขยะทั้งหมด ซึ่งการไม่ร่อนแยกส่วนประกอบนั้นได้ผลผลิตและผลพลอยได้ปริมาณมากกว่าร้อยละ 23 ทั้งนี้ เนื่องจากการไม่ร่อนแยกส่วนประกอบใช้เวลาในการหมักน้อยกว่าการร่อนแยกส่วนประกอบซึ่งทำให้ปริมาณการสูญเสียเนื่องจากความชื้นมีน้อยกว่า ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การบริหารจัดการผลผลิตและผลพลอยได้

กรณี	วิธีการ	ผลผลิตและผลพลอยได้	
		ประเภท	ร้อยละ
1	ร่อนแยกส่วนประกอบ	ขยะรีไซเคิล ปุ๋ยอินทรีย์ วัสดุปรับปรุงดิน เชื้อเพลิงขยะเกรด A และเชื้อเพลิงขยะเกรด B	50
2	ไม่ร่อนแยกส่วนประกอบ	ขยะรีไซเคิล และเชื้อเพลิงขยะเกรดรวม	73

หมายเหตุ :

1. ร่อนแยกส่วนประกอบ หมายถึง การนำขยะที่ผ่านการหมักแล้วนำมาร่อนแยกส่วนประกอบ
2. ไม่ร่อนแยกส่วนประกอบ หมายถึง ขยะที่ผ่านการหมักแล้วไม่ต้องนำมาร่อนแยกส่วนประกอบ โดยสามารถนำไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงขยะเกรดรวมได้เลย

4.1.9 ค่าใช้จ่ายของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้น และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน มีรายละเอียดดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้น

เป็นค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่าก่อสร้างอาคาร ค่าปรับปรุงถนน ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมถึงระบบสาธารณูปโภค เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบประปา และระบบสื่อสาร เป็นต้น รวมเป็นเงินลงทุนเริ่มต้นทั้งสิ้น 13.69 ล้านบาท ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้นของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ลำดับ	รายการ	งบประมาณ (บาท)
1	ก่อสร้างโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ระยะที่ 1	
	- ค่าก่อสร้างอาคารโรงจัดการขยะ/อาคารสำนักงาน	5,990,000
	- ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์/ระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ	4,000,000
2	ก่อสร้างโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ระยะที่ 2	
	- ค่าก่อสร้างอาคารเก็บผลผลิตและผลพลอยได้	1,140,000
	- ค่าติดตั้งระบบสื่อสาร	760,000
3	ปรับปรุงถนน	600,000
4	รถตักขยะ (ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล)	1,200,000
	รวม	**13,690,000**

2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

เป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานภายในโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ประกอบด้วย ค่าแรงงาน ค่าวัสดุ และค่าเสื่อมราคา โดยเฉลี่ยมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เป็นจำนวนเงิน 188,570.92 บาทต่อเดือน หรือ 2,237.43 บาทต่อตัน โดยมีค่าใช้จ่ายประเภทค่าแรงงานสูงสุด ร้อยละ 45 ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าใช้จ่ายของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ปีงบประมาณ	ปริมาณขยะ (ตัน/เดือน)	ค่าใช้จ่าย (บาท/เดือน)			
		ค่าแรงงาน	ค่าวัสดุ	ค่าเสื่อมราคา	รวม
2557 (ธ.ค.56-ก.ย.59)	73.23	77,930.22	37,460.96	62,550.00	177,941.18
2558 (ต.ค.57-ก.ย.59)	87.43	86,473.10	37,756.60	62,550.00	186,779.70
2559 (ต.ค.58-ก.ค.59)	92.18	87,045.50	51,396.37	62,550.00	200,991.87
เฉลี่ย	84.28	83,816.27	42,204.64	62,550.00	188,570.92
ร้อยละ		44.45	22.38	33.17	100.00
ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย (บาท/ตัน)		994.50	500.77	742.17	2,237.43

หมายเหตุ:

1. ค่าแรง : ค่าจ้างแรงงาน (ไม่รวมค่าจ้างแรงงานในการเก็บขน)/ค่าจ้าง รปภ./เงินเดือนพนักงานของมหาวิทยาลัย
2. ค่าวัสดุ : ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง /ค่าไฟฟ้า/ค่าน้ำประปา/ค่าวัสดุซ่อมบำรุง
3. ค่าเสื่อมราคา : ค่าเสื่อมราคาอาคาร และเครื่องจักร
4. ไม่คิดมูลค่าที่ดิน เนื่องจากมหาวิทยาลัยได้รับจัดสรรให้ใช้พื้นที่จากกรมป่าไม้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.10 รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้

โรงจัดการขยะแบบครบวงจรมีรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้ จำนวนเงิน 35,639.14 บาทต่อเดือน หรือ คิดเป็น 423.51 บาทต่อตัน-ขยะ ทั้งนี้ หากพิจารณาแยกรายชนิดผลผลิตและผลพลอยได้ พบว่ากรณีร่อนแยกส่วนประกอบมีรายได้ 398.13 บาท/ตัน-ขยะ และกรณีไม่ร่อนแยกส่วนประกอบมีรายได้ 635.99 บาท/ตัน-ขยะ ซึ่งการไม่ร่อนแยกส่วนประกอบมีรายได้มากกว่า ประมาณ 250 บาท/ตัน-ขยะ ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้

ปีงบประมาณ	ขยะ(ตัน/เดือน)	รายได้ (บาท/เดือน)			
		วัสดุรีไซเคิล	ปุ๋ยอินทรีย์	เชื้อเพลิงขยะ	รวม
2557 (ธ.ค.56-ก.ย.57)	73.23	6,975.24	8,350.39	7,512.00	22,837.63
2558 (ต.ค.57-ก.ย.58)	87.43	6,917.18	9,649.50	9,349.50	25,916.18
2559 (ต.ค.58-ก.ค.59)	92.18	10,649.41	12,482.45	35,193.75	58,325.61
เฉลี่ย	84.28	8,180.61	10,160.78	17,351.75	35,693.14
ร้อยละ		22.92	28.47	48.61	100.00
รายได้ต่อหน่วย (บาท/ตัน)		97.06	120.56	205.88	423.51

ตารางที่ 4.12 รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้แยกรายชนิด

รายการ	รายได้ (บาท/ตัน-ขยะ)	สัดส่วน (%)
1. กรณีร่อนคัดแยกส่วนประกอบ		
เชื้อเพลิงเกรด A	148.71	37.35
เชื้อเพลิงเกรด B	24.90	6.25
วัสดุปรับปรุงดิน	14.22	3.57
ปุ๋ยอินทรีย์	114.93	28.87
ขยะรีไซเคิล	95.37	23.95
รวม	**398.13**	**100.00**
2. กรณีไม่ร่อนคัดแยกส่วนประกอบ		
เชื้อเพลิงขยะเกรดรวม	533.17	83.86
ขยะรีไซเคิล	102.82	16.14
รวม	**635.99**	**100.00**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.11 การประหยัดค่าใช้จ่ายในการส่งไปฝังกลบ

การดำเนินการจัดการขยะภายในโรงจัดการขยะแบบครบวงจร สามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการส่งขยะไปฝังกลบยังสถานฝังกลบขยะของเทศบาลนครนครราชสีมา โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

การประหยัดค่าใช้จ่าย (Cost saving) = ปริมาณขยะ (ตัน) × ต้นทุนค่าส่งขยะไปกำจัดภายนอก (บาทต่อตัน)

จากผลการศึกษาพบว่าตั้งแต่เดือนธันวาคม 2556 ถึง กรกฎาคม 2559 มีปริมาณขยะมูลฝอยส่งเข้ามาดำเนินการที่โรงจัดการขยะแบบครบวงจร จำนวน 2,703.20 ตัน คิดเป็นค่าใช้จ่ายรวมที่ประหยัดได้ เป็นจำนวนเงิน 4,286,483.34 บาท ดังตารางที่ 4.13 และตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.13 ต้นทุนต่อหน่วยของการส่งขยะมูลฝอยไปฝังกลบภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ลำดับ	รายการ	ต้นทุน (บาท/ตัน)
1	ค่าจ้างรถตักขยะ	857.14
2	ค่าจ้างรถบรรทุก	428.57
3	ค่าอุทิศสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย	300.00
	รวม	**1,585.71**

หมายเหตุ : รายการค่าใช้จ่ายไม่รวมค่าจ้างแรงงานในการเก็บขนขยะมูลฝอยจากอาคาร

ตารางที่ 4.14 ประเมินการประหยัดค่าใช้จ่ายในการส่งขยะมูลฝอยไปฝังกลบ

ปีงบประมาณ	ปริมาณขยะ (ตัน)	การประหยัดค่าใช้จ่าย (บาท)
2557 (ธ.ค.56-ก.ย.59)	732.328	1,161,259.83
2558 (ต.ค.57-ก.ย.59)	1049.11	1,663,584.22
2559 (ต.ค.58-ก.ค.59)	921.757	1,461,639.29
รวม	**2,703.20**	**4,286,483.34**

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร (ไม่รวมต้นทุนค่าเก็บขนขยะมูลฝอยจากอาคาร) มีค่าเท่ากับ 1,813.93 บาทต่อตัน หากเปรียบเทียบกับต้นทุนในการขนส่งขยะไปกำจัดภายนอกมหาวิทยาลัยโดยการฝังกลบที่สถานฝังกลบขยะมูลฝอยของเทศบาลนครนครราชสีมา มีต้นทุนเท่ากับ 1,585.71 บาทต่อตัน ซึ่งต้นทุนในการกำจัดขยะของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มีค่าสูงกว่า 228.22 บาทต่อตัน ดังตารางที่ 4.15 และตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.15 ต้นทุนต่อหน่วยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ลำดับ	รายการ	ต้นทุน (บาท/ตัน)
1	ค่าแรง (ค่าแรงงาน/เงินเดือน)	994.50
2	ค่าวัสดุ (ค่าสาธารณูปโภค/ค่าวัสดุอุปกรณ์/ค่าซ่อมบำรุง)	500.77
3	ค่าลงทุน (ค่าเสื่อมราคา)	742.17
4	รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้	423.51
	ค่าใช้จ่าย (1+2+3-4)	**1,813.93**

หมายเหตุ : ค่าแรง : เป็นค่าจ้างแรงงานในการปฏิบัติงานที่โรงจัดการขยะแบบครบวงจร ไม่รวมค่าจ้างแรงงานในการเก็บขนขยะจากอาคาร

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบต้นทุนต่อหน่วยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรและการฝังกลบ

ลำดับ	รายการ	ต้นทุน (บาท/ตัน)
1	โรงจัดการขยะแบบครบวงจร	1,813.93
2	สถานฝังกลบขยะของเทศบาลนครนครราชสีมา	1,585.71
	ผลต่าง	**228.22**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.2 ผลการประเมินความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในอนาคต

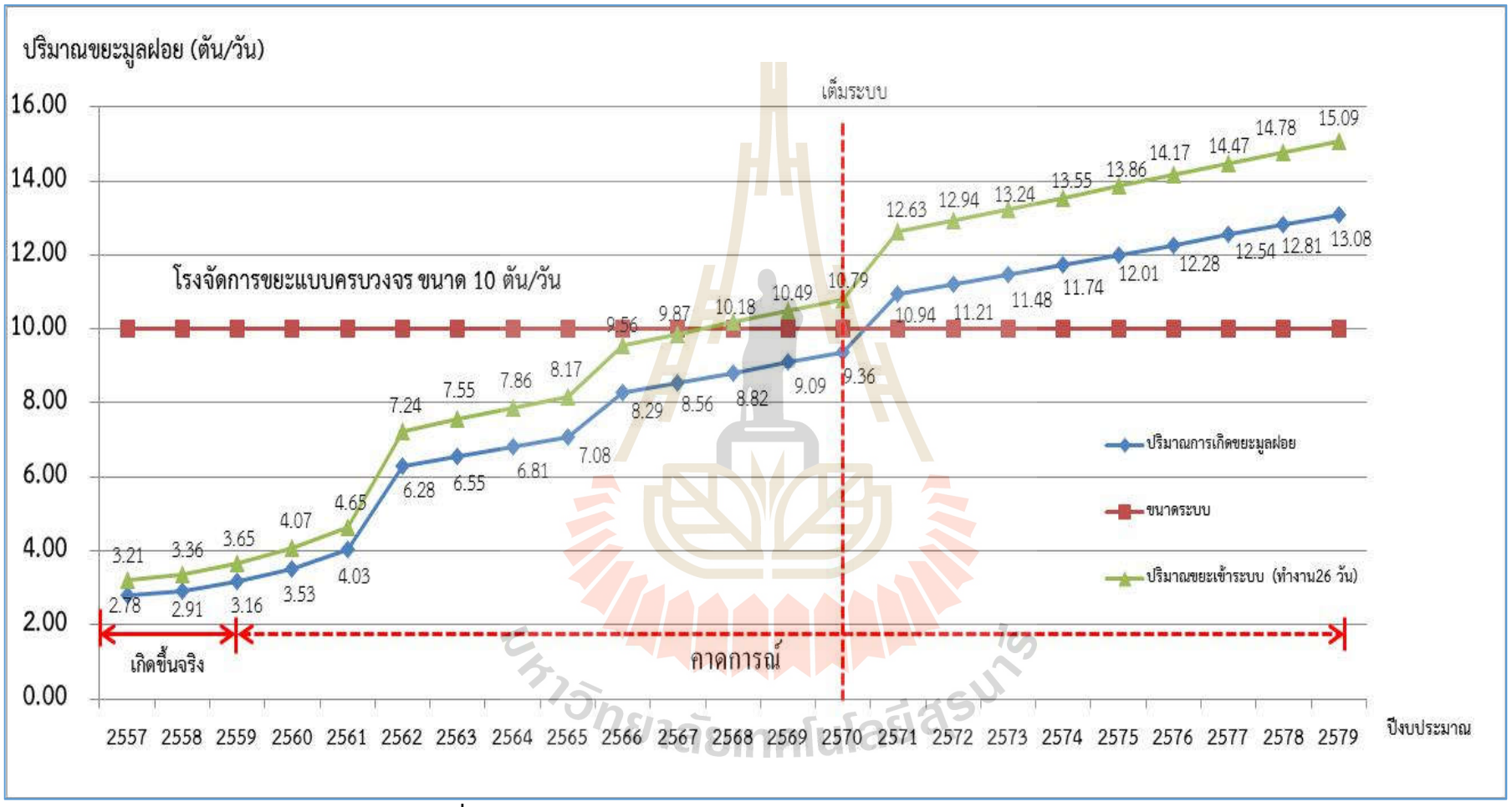
การประเมินความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในอนาคต ได้ทำการประเมินจากการเกิดขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในอนาคต 20 ปี (ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 – 2579) โดยได้ทำการประเมินขยะมูลฝอยที่จะเกิดจากส่วนกลางของมหาวิทยาลัย โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และโรงเรียนสุรวิวัฒน์ จากการประเมินสรุปผลได้ดังนี้

- ในช่วง 5 ปีแรก (ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 – ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564) จะมีปริมาณขยะเกิดขึ้นจาก 3.53 ตันต่อวัน เป็น 6.81 ตันต่อวัน ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 หรือมีปริมาณขยะเข้าโรงจัดการขยะแบบครบวงจร 7.86 ตันต่อวัน (โรงจัดการขยะแบบครบวงจรดำเนินงาน 26 วันต่อเดือน และหยุดวันอาทิตย์)

- ในช่วง 6 ปีต่อมา (ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 – ปีงบประมาณ พ.ศ. 2570) จะมีปริมาณขยะเกิดขึ้นจาก 7.08 ตันต่อวัน เป็น 9.36 ตันต่อวัน ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2570 หรือมีปริมาณขยะเข้าโรงจัดการขยะแบบครบวงจร จำนวน 10.49 ตันต่อวัน ซึ่งจะเต็มขนาดรองรับของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรตามที่ได้ออกแบบไว้

- ปัจจัยที่ส่งผลให้มีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้นแบบก้าวกระโดดจาก 3.16 ตันต่อวัน ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 เป็น 6.81 ตันต่อวัน ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 112) และในปีงบประมาณ พ.ศ. 2570 เป็น 9.36 ตันต่อวัน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 ร้อยละ 196 เนื่องจากการขยายตัวของโรงพยาบาลโดยมีแผนเพิ่มขนาดเตียงในการรับผู้ป่วยในจากปัจจุบัน 120 เตียง เป็น 800 เตียง ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 และเป็น 1,150 เตียง ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 และ 1,640 เตียง ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2571 ดังรูปที่ 4.13

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 4.14 ประเมินปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยในอนาคต 20 ปี

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost Benefit Analysis)

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร กำหนดระยะเวลาประเมินโครงการ 15 ปี ใช้ข้อมูลรายได้และค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ในช่วงเดือนธันวาคม 2556 ถึง กรกฎาคม 2559 และทำการประเมินรายได้และค่าใช้จ่ายในปีต่อไปจนถึงปีที่ 15 ดังนี้

1) เงินลงทุน ประกอบด้วย ค่าก่อสร้างอาคาร ค่าก่อสร้างถนน ค่าเครื่องจักร และค่าติดตั้งระบบสาธารณูปโภค รวมเป็นจำนวนเงิน 13,690,000 บาท

2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ประกอบด้วย ค่าแรงงาน ค่าวัสดุ และค่าเสื่อมราคา รวมเป็นจำนวนเงิน 61,365,418 บาท

3) ผลตอบแทนรวม ประกอบด้วย รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้ การประหยัดค่าใช้จ่าย และรายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต รวมเป็นจำนวนเงิน 81,669,472 บาท

4) รายได้สุทธิ รวมเป็นจำนวนเงิน 6,614,054 บาท

รายละเอียดดังตารางที่ 4.17 และภาคผนวกที่ ฉ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.17 ประเมินค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนจากโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ระยะเวลา	เงินลงทุน	ค่าใช้จ่าย	ผลตอบแทน (บาท)				รายได้สุทธิ
(t)	(บาท)	(บาท)	รายได้ผลผลิตฯ	ประหยัดค่าใช้จ่าย	คาร์บอนเครดิต	รวม	(บาท)
ปีที่ 0	13,690,000	-	-	-	-	-	- 13,690,000
ปีที่ 1		1,904,512	228,376	1,161,263	130,303	1,519,943	- 384,569
ปีที่ 2		2,241,357	310,860	1,663,584	186,668	2,161,113	- 80,244
ปีที่ 3		2,449,369	725,883	1,801,842	202,182	2,729,907	280,539
ปีที่ 4		2,676,160	701,471	2,042,394	229,174	2,973,039	296,879
ปีที่ 5		2,948,250	800,591	2,330,994	261,557	3,393,142	444,892
ปีที่ 6		4,177,140	1,248,269	3,634,447	407,816	5,290,532	1,113,392
ปีที่ 7		4,322,155	1,301,097	3,788,261	425,075	5,514,433	1,192,278
ปีที่ 8		4,467,170	1,353,925	3,942,075	442,334	5,738,334	1,271,164
ปีที่ 9		4,612,185	1,406,753	4,095,889	459,593	5,962,236	1,350,051
ปีที่ 10		5,274,470	1,648,020	4,798,358	538,416	6,984,795	1,710,325
ปีที่ 11		4,823,485	1,700,848	4,952,172	555,675	7,208,696	2,385,211
ปีที่ 12		4,968,500	1,753,676	5,105,986	572,935	7,432,597	2,464,097
ปีที่ 13		5,113,515	1,806,505	5,259,800	590,194	7,656,498	2,542,983
ปีที่ 14		5,260,025	1,859,877	5,415,200	607,631	7,882,708	2,622,683
ปีที่ 15		6,127,125	2,175,757	6,334,911	710,830	9,221,499	3,094,374
รวม	**13,690,000**	**61,365,418**	**19,021,910**	**56,327,178**	**6,320,383**	**81,669,472**	**6,614,054**

ที่มา: ส่วนอาคารสถานที่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากผลการคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนสรุปได้ดังนี้

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 2,555,585 บาท ซึ่งมีค่ามากกว่าศูนย์ หากพิจารณาตามเกณฑ์ประเมินตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ สรุปได้ว่าการลงทุนของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุน

2) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio)

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีค่าเท่ากับ 0.96 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 หากพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ สรุปได้ว่าการลงทุนของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรมีความน่าลงทุน

3) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) มีค่าเท่ากับ 15.47 % หากนำไปเปรียบเทียบกับอัตราส่วนลดที่กำหนด คือ 1.50% (อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 3 เดือน) ซึ่งมีค่ามากกว่า สรุปได้ว่าการลงทุนของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรมีความคุ้มค่าในการลงทุน

4) ระยะเวลาคืนทุน (PB)

ระยะเวลาคืนทุน (PB) เท่ากับ 13.79 ปี (ประมาณ 14 ปี)

รายละเอียดดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 สรุปผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ผลการประเมิน
1	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	บาท	2,555,585
2	อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุน (B/C Ratio)	-	0.96
3	อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	%	15.47
4	ระยะเวลาคืนทุน (PB)	ปี	13.79

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensibility)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการได้นำปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายและรายได้จากการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในอนาคต แบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้

1) กรณีที่ 1 : รายได้ลดลง 5% ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 10%

2) กรณีที่ 2 : รายได้ลดลง 8% ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 10%

3) กรณีที่ 3 : ศึกษาผลดำเนินงานช่วงเดือน สิงหาคม ถึง ธันวาคม 2559 (เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงแนวทางในการบริหารจัดการขยะจากเดิม เช่น มีการรับขยะมูลฝอยจากเทศบาลตำบลสุรนารีมาดำเนินการทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น และการปรับเปลี่ยนแนวทางการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้ทำให้รายได้ลดลง)

ตารางที่ 4.19 ค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน (กรณีวิเคราะห์ความอ่อนไหว)

ลำดับ	รายการ	ค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน (บาท)		
		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
1	เงินลงทุน (ค่าก่อสร้างอาคาร ค่าก่อสร้างถนน ค่าเครื่องจักร และค่าติดตั้งระบบสาธารณูปโภค)	13,690,000	13,690,000	13,690,000
2	ค่าใช้จ่าย (ค่าแรงงาน ค่าวัสดุ และค่าเสื่อมราคา)	66,239,716	66,239,716	60,922,863
3	ผลตอบแทน (รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้ การประหยัดค่าใช้จ่าย และรายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต)	77,585,998	75,135,914	81,725,544
4	รายได้สุทธิ { 3 - (1-2) }	- 2,343,717	- 4,793,802	7,112,681

จากผลการคำนวณกรณีวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการสรุปได้ดังนี้

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของกรณีที่ 1 กรณีที่ 2 และ กรณีที่ 3 มีค่าเท่ากับ -4,790,970 บาท -6,815,294 บาท และ 3,428,042บาท ตามลำดับ ซึ่งกรณีที่ 3 มีค่ามากกว่าศูนย์ หากพิจารณาตามเกณฑ์ประเมินตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์สรุปได้ว่ากรณีที่ 3 ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุน ส่วนกรณีที่1 และกรณีที่ 2 ให้ผลที่ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

2) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio)

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) ของกรณีที่ 1 กรณีที่ 2 และ กรณีที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.93 0.90 และ 1.05 ตามลำดับ ซึ่งกรณีที่ 3 มีค่ามากกว่า 1 หากพิจารณาตามเกณฑ์ประเมินตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์สรุปได้ว่า กรณีที่ 3 ให้ผลที่น่าลงทุน มากกว่ากรณีที่ 1 และกรณีที่ 2

3) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ของกรณีที่ 1 กรณีที่ 2 และ กรณีที่ 3 มีค่าเท่ากับ -51.88 -93.95 และ 19.83 ตามลำดับ หากนำไปเปรียบเทียบกับอัตราส่วนลดที่กำหนด คือ 1.50% (อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 3 เดือน) พบว่า กรณีที่ 3 มีค่ามากกว่า สรุปได้ว่ากรณีที่ 3 มีความคุ้มค่าในการลงทุน ส่วนกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ให้ผลที่ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

4) ระยะเวลาคืนทุน (PB)

ระยะเวลาคืนทุน (PB) ของกรณีที่ 1 กรณีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 15.45 ปี และ 15.96 ส่วนกรณีที่ 3 มีค่าเท่ากับ 13.69 สรุปได้ว่ากรณีที่ 3 มีระยะเวลาคืนเร็วกว่ากรณีที่ 1 และกรณีที่ 2

รายละเอียดดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 สรุปผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (กรณีวิเคราะห์ความอ่อนไหว)

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ผลการประเมิน		
			กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
1	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	บาท	-4,790,970	-6,815,294	3,428,042
2	อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุน (B/C Ratio)	-	0.93	0.90	1.05
3	อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	%	-51.88	-93.95	19.83
4	ระยะเวลาคืนทุน (PB)	ปี	15.45	15.96	13.69

4.2.5 ผลการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ได้คำนวณตามวิธีการคำนวณการจัดการขยะแบบครบวงจร (การคัดแยกขยะ/การทำปุ๋ยหมัก/ผลิตเชื้อเพลิง RDF/ผลิตน้ำมัน-Pyrolysis/ผลิตไฟฟ้า-Gasification) ของโครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme, LESS) โดยนำข้อมูลปริมาณขยะอินทรีย์ ปริมาณขยะรีไซเคิล ปริมาณปุ๋ยหมัก ปริมาณเชื้อเพลิงขยะ และปริมาณการใช้พลังงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร เพื่อใช้ในการคำนวณดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ข้อมูลประกอบการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ลำดับ	รายการ	หน่วย	จำนวน
1	ขยะรวม	กก.	2,703,194.50
2	ขยะอินทรีย์	กก.	1,041,270.52
3	ขยะรีไซเคิล	กก.	95,027.30
4	ปุ๋ยหมัก	กก.	489,820.00
5	เชื้อเพลิงขยะเกรด A	กก.	238,120.00
6	เชื้อเพลิงขยะเกรด B	กก.	298,430.00
7	เชื้อเพลิงขยะเกรดรวม	กก.	129,660.00
8	การใช้พลังงาน-ไฟฟ้า	KW-hr	138,627.00
9	การใช้พลังงาน-เชื้อเพลิง	ลิตร	7,772.00

หมายเหตุ:

1. ปริมาณขยะอินทรีย์ คิดเป็นร้อยละ 38.52 ของปริมาณขยะรวม (ข้อมูลจากการหาองค์ประกอบขยะ)
2. ปริมาณขยะรีไซเคิล ประกอบด้วย กระดาษ พลาสติก อลูมิเนียม เหล็ก และแก้ว
3. ปริมาณปุ๋ยหมัก ประกอบด้วย ปุ๋ยอินทรีย์ และวัสดุปรับปรุงดิน

จากการนำขยะมาแปรรูปเป็นพลังงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2556 – กรกฎาคม 2559 (32 เดือน) จำนวน 2,703.195 ตัน สามารถคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกกระจกได้ 16,033.390 tCO_2e หรือ 5.931 tCO_2e ต่อ ตัน-ขยะรวม (ขยะ 1 ตัน ที่นำมาแปรรูปเป็นพลังงานสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ 5.931 tCO_2e) ดังตารางที่ 4.21 ตารางที่ 4.22 และรูปภาพที่ 4.15

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.22 ผลการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ลำดับ	รายการ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (tCO_2e)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีดำเนินโครงการ (tCO_2e)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2e)
1	การรีไซเคิล	140.317	68.730	71.587
2	ผลิตปุ๋ยหมัก	15,736.664	114.123	15,622.541
3	ผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF)	868.359	426.374	441.985
4	การใช้พลังงาน	-	102.723	-102.723
	รวม	**16,745.340**	**711.950**	**16,033.390**

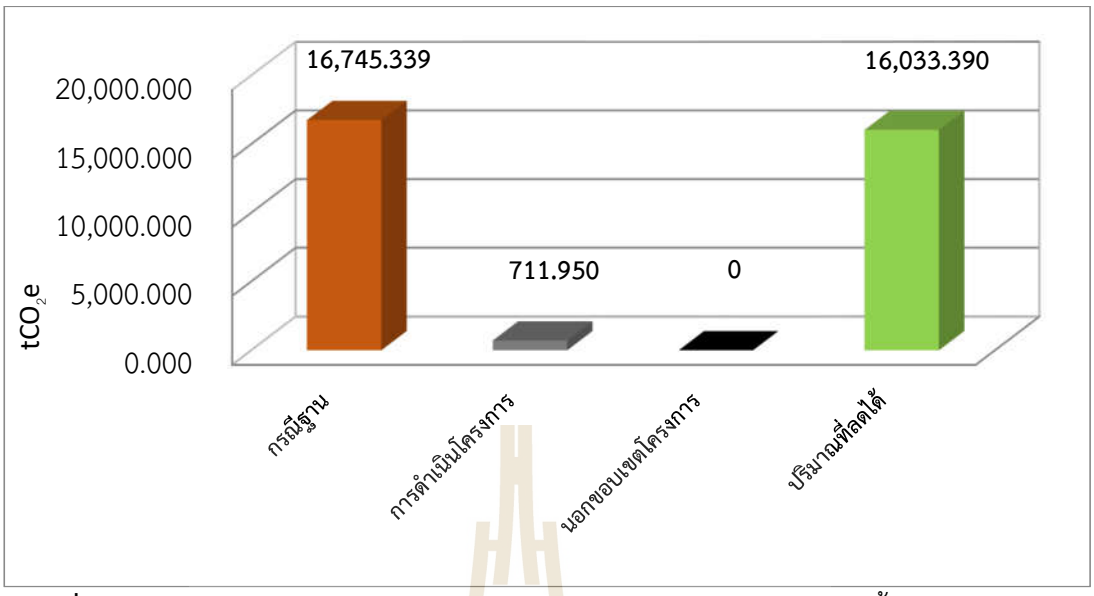
ตารางที่ 4.23 ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยขยะรวมของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ลำดับ	รายการ	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2e/ตัน-ขยะรวม)
1	การรีไซเคิล	0.026
2	ผลิตปุ๋ยหมัก	5.779
3	ผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF)	0.164
4	การใช้พลังงาน	- 0.038
	รวม	**5.931**

หมายเหตุ:

1. ลำดับที่ 4 การใช้พลังงาน : มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงติดเครื่องหมายลบ (-)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 4.15 ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ตั้งแต่ ธ.ค.56 – ก.ค.59

4.2.6 ผลการประเมินรายได้จากคาร์บอนเครดิต

จากผลการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของโรงจัดการขยะในช่วงเวลา ธ.ค.56 – ก.ค.59 (32 เดือน) ตามแนวทางการประเมินของโครงการ LESS สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ จำนวน 16,033.39 tCO_2e และประเมินเป็นรายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต (ตามแนวทางประเมินของโครงการ T-VER) คิดเป็นจำนวนเงิน 489,911.70 บาท หรือ 181.23 บาท/ตัน-ขยะรวม ดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 รายได้จากคาร์บอนเครดิตของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ตั้งแต่ ธ.ค. 56 – ก.ค. 59

ปริมาณขยะรวม	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ราคาคาร์บอนเครดิต	ประเมินรายได้	
ตัน	tCO_2e	บาท/tCO_2e	บาท	บาท/ตัน-ขยะรวม
2,703.195	**16,033.39**	**30.00**	**489,911.70**	**181.23**

4.2.7 ผลการประเมินข้อดีของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

การก่อสร้างโรงจัดการขยะแบบครบวงจรภายในมหาวิทยาลัยถือเป็นผลดีในด้านสิ่งแวดล้อม และสังคมดังนี้

1) ตอบสนองนโยบายเขียวสะอาดของมหาวิทยาลัย (Green and Clean University)

การจัดการของเสียถือเป็นอีกหนึ่งโครงการที่ตอบสนองนโยบายเขียวสะอาดของมหาวิทยาลัย โดยมหาวิทยาลัยมีการกำหนดเป้าหมาย ผลผลิต-กิจกรรม และ ผลผลิต-ตัวชี้วัด โดยมีการติดตามและประเมินผลดำเนินงานรายไตรมาสผ่านระบบออนไลน์ของส่วนแผนงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (http://web.sut.ac.th/dpn) ดังตารางที่ 4.25 และตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.25 ผลผลิต-กิจกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 - การพัฒนามหาวิทยาลัยเขียว-สะอาด

รายการ	หน่วยนับ	แผน
ผลผลิต: การสร้างจิตสำนึกในการร่วมดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม		
1. การรณรงค์ลดการใช้กล่องโฟม ใช้บรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้	กิจกรรม	1
2. การรณรงค์ใช้ถุงผ้า ลดการใช้ถุงพลาสติก	กิจกรรม	1
3. ธนาคารวัสดุรีไซเคิลและร้านศูนย์บาท	กิจกรรม	1
4. การรณรงค์ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า	กิจกรรม	4

ตารางที่ 4.26 ผลผลิต-ตัวชี้วัด ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 - การพัฒนามหาวิทยาลัยเขียว-สะอาด

รายการ	หน่วยนับ	แผน
ผลผลิต : การพัฒนาอาคารสถานที่ สิ่งก่อสร้าง สาธารณูปโภค และการใช้พลังงานของมหาวิทยาลัย		
1. ร้อยละของจำนวนขยะรีไซเคิล (Recycle ที่ธนาคารขยะ) เทียบปริมาณขยะทั้งหมด	ร้อยละ	15
2. ร้อยละของการนำขยะมาใช้ประโยชน์ (รีไซเคิล/แปรรูปเป็นปุ๋ยอินทรีย์ และเชื้อเพลิงขยะ)	ร้อยละ	98
3. ร้อยละของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (รถยนต์ส่วนกลาง) ลดลงเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา	ร้อยละ	3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.26 (ต่อ)

รายการ	หน่วยนับ	แผน
4. ร้อยละของการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน (Kw-h/คน) ลดลงเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา	ร้อยละ	3
5. ร้อยละของปริมาณการใช้แก๊ส NGV เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา	ร้อยละ	5
6. ร้อยละของการจัดทำแผนแม่บทการใช้พื้นที่และการพัฒนาระบบสาธารณูปโภคของมหาวิทยาลัยที่แล้วเสร็จและสมบูรณ์	ร้อยละ	50
7. ร้อยละของการใช้น้ำประปาลดลงเทียบปีที่ผ่านมา	ร้อยละ	5
8. ร้อยละของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์เทียบการใช้น้ำทั้งหมด	ร้อยละ	30

2) ลดปัญหาวิกฤตสถานที่ฝังกลบขยะ

โรงจัดการขยะแบบครบวงจร สามารถนำขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมดของมหาวิทยาลัยมาดำเนินการแปรรูปเป็นพลังงาน ได้ร้อยละ 99.95 มีเพียงร้อยละ 0.05 ซึ่งเป็นขยะอันตรายประเภทหลอดไฟฟ้า ถ่านไฟฉาย และแบตเตอรี่ ที่ต้องส่งกำจัดหน่วยงานภายนอก (บริษัทรับกำจัดที่มีใบอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม) โดยไม่มีการส่งขยะมูลฝอยไปกำจัดยังสถานฝังกลบขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองนครนครราชสีมาเหมือนกับในอดีตที่ผ่านมา ซึ่งการจัดการขยะมูลฝอยได้เองภายในมหาวิทยาลัยช่วยลดปัญหาวิกฤตสถานฝังกลบขยะมูลฝอยได้อีกทางหนึ่ง ดังภาพที่ 4.16

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาพที่ 4.16 สภาพปัญหาสิ่งแวดล้อมของสถานฝังกลบขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองนครนครราชสีมา

(ที่มา: นสพ.โคราชคนอีสาน ปีที่ 42 ฉบับที่ 2373 วันจันทร์ที่ 11 - วันศุกร์ที่ 15 เดือนกรกฎาคม 2559

3) การนำรายได้ไปใช้ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

การแปรรูปขยะเป็นพลังงานทำให้เกิดผลผลิตและผลพลอยได้ประเภทปุ๋ยอินทรีย์และเชื้อเพลิงขยะสามารถจำหน่ายเป็นรายได้เข้ากองทุนสิ่งแวดล้อม สะสมจำนวน 1.24 ล้านบาท และนำไปจัดสรรทุนในการทำวิจัย โครงการ และกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 จำนวน 7 ทุน เป็นเงินสนับสนุน 198,000 บาท ดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ทุนสนับสนุนงานวิจัย โครงการ และกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

ลำดับ	ชื่องานวิจัย โครงการ กิจกรรม	ทุน (บาท)
1	งานวิจัย เรื่อง สังคมพืชและชีพลักษณ์ของพืชเด่นบางชนิดในพื้นที่ป่าธรรมชาติ ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และในตำบลสุรนารี	87,000
2	โครงการสำรวจด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอาคารบรรณสารและสื่อการศึกษา เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการเข้าเกณฑ์อาคารเขียว	20,000
3	โครงการสำนักงานสีเขียว (Green Office) อาคารอเนกประสงค์ 1	20,000
4	โครงการสำนักงานสีเขียว (Green Office) อาคารบรรณสารและสื่อการศึกษา	20,000
5	กิจกรรม วันสิ่งแวดล้อมโลก (World Environment Day)	26,000
6	กิจกรรมวันสำนักงานสีเขียว (Green office Day)	10,000
7	กิจกรรมปั่นเพื่อย่า @SUT	15,000
	รวม	**198,000**

หมายเหตุ: ตามมติที่ประชุมคณะกรรมการบริหารกองทุนสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 1/2559 เมื่อวันศุกร์ที่ 11 มีนาคม 2559

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4) ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การแปรรูปขยะเป็นพลังงานถือเป็นหนึ่งในกิจกรรมที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหมวดกิจกรรมการจัดการขยะมูลฝอยและของเสียตามข้อกำหนดขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ดังนี้

- โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme, LESS) : โครงการส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก และยกย่องผู้ทำความดีโดยการมอบใบประกาศเกียรติคุณ

- โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program, T-VER) : สามารถนำปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ที่เรียกว่า คาร์บอนเครดิต ไปขายในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจในประเทศได้ ซึ่งมหาวิทยาลัยสามารถส่งใบสมัครเข้าร่วมโครงการได้ทั้ง 2 โครงการ แต่ควรผ่านการดำเนินโครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme, LESS) ก่อนเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการดำเนินโครงการ T-VER ต่อไป

5) การถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ชุมชน

โรงจัดการขยะแบบครบวงจรของมหาวิทยาลัย เป็นแหล่งศึกษาดูงานทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชน และมีการเผยแพร่เทคโนโลยีไปยังหน่วยงานภายนอกอย่างแพร่หลาย ดังภาพที่ 4.17 และตารางที่ 4.28

ภาพที่ 4.17 การศึกษาดูงานโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ที่มา : http://sut.ac.th

ตารางที่ 4.28 การเผยแพร่เทคโนโลยีการจัดการขยะแบบครบวงจรไปยังหน่วยงานภายนอก

ลำดับ	ปี พ.ศ. 2558	ปี พ.ศ. 2559
1	ทต.สามเมือง จ.พระนครศรีอยุธยา	อบต.ทุ่งสมอ จ.กาญจนบุรี
2	อบต.ลุมพุก จ.ยโสธร	อบต.เข็กน้อย จ.กาญจนบุรี
3	ทต.กุดชุมพัฒนา จ.ยโสธร	บริษัท บีโปรเฟสชั่นนอล คอนซัลแทนท์ จำกัด
4	อบต.สามแยก จ.ยโสธร	ทม.ปทุมธานี จ.ปทุมธานี
5	ทต.ค้อวัง จ.ยโสธร	อบต.เกาะยาวน้อย จ.พังงา
6	ทม.ศรีสะเกษ จ.ศรีสะเกษ	ทน.แม่สอด จ.ตาก
7	อบต.เสียว จ.ศรีสะเกษ	ทต.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา
8	ทต.ขุนหาญ จ.ศรีสะเกษ	ทม.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา
9	ทม.ร้อยเอ็ด จ.ร้อยเอ็ด	ทม.เมืองปัก จ.นครราชสีมา
10	ทน.สมุทรปราการ จ.สมุทรปราการ	ทต.แชะ จ.นครราชสีมา
11	อบต.คลองสาม จ.ปทุมธานี	
12	ทม.ประจวบคีรีขันธ์ จ.ประจวบคีรีขันธ์	
13	ทม.เมือง จ.สระบุรี	
14	ทต.มวกเหล็ก จ.สระบุรี	
15	ทม.เบตง จ.ยะลา	
16	ทต.ท่าวังผา จ. น่าน	
17	อบต.แก่งหางแมว จ.จันทบุรี	
18	ทต.แชะ จ.นครราชสีมา	
19	ทม.เมือง จ.นราธิวาส	
20	ทต.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา	
21	อบต.สมอแข จ.พิษณุโลก	

ที่มา : ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทต. = เทศบาลตำบล

อบต. = องค์การบริหารส่วนตำบล

ทน. = เทศบาลนคร

ทม. = เทศบาลเมือง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6) การเข้าร่วมโครงการด้านสิ่งแวดล้อม

การจัดการของเสียถือเป็นหนึ่งในเกณฑ์ประเมินของโครงการด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การเข้าร่วมการจัดอันดับ การประกวด การเข้าร่วมเป็นเครือข่าย และการขอรับรองเพื่อรับมอบใบประกาศเกียรติคุณ ซึ่งมหาวิทยาลัยได้เข้าร่วมเป็นส่วนหนึ่งของโครงการต่าง ๆ และมีผลการดำเนินงานที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละโครงการที่เข้าร่วม ทั้งนี้ เพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์มหาวิทยาลัยในด้านการใส่ใจรักษาสิ่งแวดล้อม และการเพื่อการพัฒนาสู่ความยั่งยืน ดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 การเข้าร่วมโครงการด้านสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัย

ลำดับ	รายการ	ระดับ	โครงการ
1	การจัดอันดับ	โลก	การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลก (UI GreenMetric World University Ranking)
2	การประกวด	ประเทศ	โครงการสำนักงานสีเขียว (Green Office) โรงเรียนปลอดขยะ (Zero Waste School)
3	การเข้าร่วมเป็นเครือข่าย	ประเทศ	เครือข่ายมหาวิทยาลัยยั่งยืนของประเทศไทย หรือ Sustainable University Network of Thailand หรือ SUN Thailand
4	ใบประกาศเกียรติคุณ	ประเทศ	โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme, LESS)

7) การรับกำจัดขยะมูลฝอยจากชุมชนรอบข้างมหาวิทยาลัย

เนื่องจากโรงจัดการขยะแบบครบวงจรได้ออกแบบไว้สำหรับรองรับการจัดการขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยในอนาคต 10 ปี ดังนั้น ในช่วงที่โรงจัดการขยะแบบครบวงจรของมหาวิทยาลัยยังดำเนินงานไม่เต็มระบบที่ออกแบบไว้ สามารถรับขยะมูลฝอยจากชุมชนรอบข้างมหาวิทยาลัยมาดำเนินการจัดการได้ ส่งผลให้เกิดภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยที่ดีต่อชุมชน และช่วยเพิ่มรายได้จากการจำหน่ายผลพลอยได้จากโรงจัดการขยะแบบครบวงจรเข้าสู่กองทุนสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยต่อไป

ตารางที่ 4.30 ผลดำเนินงานการเข้าร่วมโครงการด้านสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัย

ลำดับ	รายการ	หน่วยงานผู้จัด	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน
1	มหาวิทยาลัยสีเขียวโลก (UI GreenMetric World University Ranking)	มหาวิทยาลัยอินโดนีเซีย (University of Indonesia) http://greenmetric.ui.ac.id	เกณฑ์ประเมิน 6 หมวด คือ 1) ที่ตั้งและโครงสร้างพื้นฐาน 2) การเปลี่ยนแปลงพลังงานและสภาพภูมิอากาศ 3) การจัดการของเสีย 4) การจัดการน้ำ 5) การขนส่ง 6) การศึกษา	ปี 2556 : อันดับที่ 8 ของประเทศ อันดับที่ 75 ของโลก ปี 2557 : อันดับที่ 4 ของประเทศ อันดับที่ 76 ของโลก ปี 2558 : อันดับที่ 2 ของประเทศ อันดับที่ 52 ของโลก ปี 2559 : อันดับที่ 2 ของประเทศ อันดับที่ 102 ของโลก
2	สำนักงานสีเขียว (Green Office)	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม http://www.deqp.go.th		ปี พ.ศ. 2558 : สำนักงานสีเขียว ระดับดีเยี่ยม (G ทอง) : อาคารสำนักงานส่วนอาคารสถานที่ ปี พ.ศ. 2559 : สำนักงานสีเขียว ระดับดี (G ทองแดง) : อาคารสุรพัฒน์ 1 เทคโนธานี
3	โรงเรียนปลอดขยะ (Zero Waste School)	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม http://www.deqp.go.th	เกณฑ์ประเมิน 6 ด้าน คือ 1) นโยบาย 2) การสร้างวินัยในการจัดการขยะมูลฝอย 3) การปลูกฝังและการมีส่วนร่วม 4) การดำเนินกิจกรรมโดยหลัก 3Rs 5) การประยุกต์ใช้หลักเศรษฐกิจพอเพียง และ 6) ผลสำเร็จ	ประจำปี 2558 : ผู้ผ่านเข้ารอบที่ 1 ประเภทโรงเรียนระดับมัธยม อาชีวศึกษา และระดับอุดมศึกษา ได้รับใบประกาศเกียรติคุณ และเงินรางวัล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.30 (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	หน่วยงานผู้จัด	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน
4	เครือข่ายมหาวิทยาลัยยั่งยืนของประเทศไทย หรือ Sustainable University Network of Thailand หรือ SUN Thailand	มหาวิทยาลัยมหิดล http://www.sunthailand.org	เพื่อเป็นเวทีในการแลกเปลี่ยน เรียนรู้ประสบการณ์การดำเนินงาน เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน รวมถึงการกำหนดมาตรฐานการชี้วัดความเป็นมหาวิทยาลัยยั่งยืน และการสร้างความร่วมมือของสถาบันอุดมศึกษาไทย	ปัจจุบันมีสมาชิกเครือข่ายจำนวน 20 มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ร่วมลงนามบันทึกข้อตกลงความร่วมมือเครือมหาวิทยาลัยยั่งยืน เมื่อวันพุธที่ 16 ธันวาคม 2558 ณ มหาวิทยาลัยมหิดล
5	โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme, LESS)	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) http://www.tgo.or.th	โดยการมอบใบประกาศเกียรติคุณให้กับหน่วยงานที่ดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก ประกอบด้วย 1) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 2) การพัฒนาพลังงานทดแทน 3) การจัดการขยะและของเสีย 4) การพัฒนาระบบการเดินทางที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 5) การเพิ่มพื้นที่การดูดซับก๊าซเรือนกระจก (การปลูกป่า)	อยู่ระหว่างดำเนินการประเมินการลดก๊าซเรือนกระจกจากโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อ 1) วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร 2) ประเมินความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในการรองรับขยะมูลฝอยในอนาคต 3) ประเมินความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร และ 4) วิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensibility) ของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรกรณีต้นทุนและผลตอบแทนไม่เป็นไปตามปกติหรือมีความไม่แน่นอน โดยได้ทำการศึกษาข้อมูลปริมาณการเกิดขยะ องค์ประกอบของขยะมูลฝอย การแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน ค่าใช้จ่าย และรายได้ของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ เดือนธันวาคม 2556 ถึง กรกฎาคม 2559 (32 เดือน) เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน วิเคราะห์ความอ่อนไหว ตลอดจนนำมาวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านสิ่งแวดล้อมและสังคม สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ต้นทุนและผลตอบแทนในการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน 4 ค่า คือ 1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 2,555,585 บาท 2) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีค่าประมาณ 1 3) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) มีค่าเท่ากับ 15.47% และ 4) ระยะเวลาคืนทุน (PB) เท่ากับ 13.79 ปี (ประมาณ 14 ปี) เมื่อเทียบกับระยะเวลาประเมินโครงการ 15 ปี สรุปโดยภาพรวมการลงทุนของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรมีความคุ้มค่าและน่าลงทุน รายละเอียดดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ผลการประเมิน	ความเป็นไปได้ของการลงทุน
1	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	บาท	2,555,585	คุ้มค่า
2	อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุน (B/C Ratio)	-	0.96	น่าลงทุน
3	อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	%	15.47	คุ้มค่า
4	ระยะเวลาคืนทุน (PB)	ปี	13.79	น่าลงทุน

5.1.2 ความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในการรองรับขยะมูลฝอยในอนาคต

การประเมินความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในอนาคต ได้ทำการประเมินจากการเกิดขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในอนาคต 20 ปี (ปีงบประมาณ 2560 – 2579) โดยทำการประเมินปริมาณขยะมูลฝอยที่จะเกิดขึ้นจากส่วนกลางของมหาวิทยาลัย โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และโรงเรียนสุรวิวัฒน์ จากผลการประเมินพบว่าในปีงบประมาณ 2570 จะมีปริมาณขยะเข้าโรงจัดการขยะแบบครบวงจร จำนวน 10.49 ตันต่อวัน ซึ่งจะเต็มขนาดรองรับของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรตามที่ได้ออกแบบไว้

5.1.3 ประเมินความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ทำการประเมินความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ในด้านสิ่งแวดล้อมและสังคม โดยความคุ้มค่าทางด้านสิ่งแวดล้อมทำการประเมินค่าปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากโรงจัดการขยะแบบครบวงจร (ประเมินตามแนวทางโครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme, LESS) และประเมินเป็นรายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต (ประเมินตามแนวทางโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program :T-VER) ผลการประเมินพบว่า การแปรรูปขยะเป็นพลังงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนธันวาคม 2556 ถึงกรกฎาคม 2559 (32 เดือน) สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ จำนวน 16,033 tCO_2e (501 tCO_2e/เดือน) หรือ 5.93 tCO_2eต่อตัน-ขยะรวม หมายถึง ขยะรวม 1 ตัน ที่นำมาแปรรูปเป็นพลังงานสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ 5.93 tCO_2e และหากประเมินเป็นรายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต คิดเป็นจำนวนเงิน 489,912 บาท (15,310 บาท/เดือน) หรือ 181 บาท/ตัน-ขยะรวม หมายถึงขยะรวม 1 ตัน ก่อให้เกิดรายได้ 181 บาท รายละเอียดดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการประเมินความคุ้มค่าทางด้านสิ่งแวดล้อม

ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก			รายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต		
tCO_2e	tCO_2e/ตัน-ขยะรวม	tCO_2e/เดือน	บาท	บาท/ตัน-ขยะรวม	บาท/เดือน
16,033	5.93	501	489,912	181	15,310

หมายเหตุ:

1. ปริมาณขยะรวม 2,703.195 ตัน
2. ราคาจำหน่ายคาร์บอนเครดิต 30 บาท/tCO_2e

การประเมินความคุ้มค่าด้านสังคมได้ทำการประเมินข้อดีของการมีโรงจัดการขยะแบบครบวงจรภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งนอกจากจะช่วยส่งเสริมภาพลักษณ์ในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมแล้วยังเป็นการเผยแพร่ความรู้แก่ชุมชนอีกด้วย รายละเอียดดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ผลการประเมินความคุ้มค่าทางด้านสังคม

ลำดับ	ข้อดีของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร
1	ตอบสนองนโยบายเขียวสะอาดของมหาวิทยาลัย (Green and Clean University)
2	ลดปัญหาวิกฤตสถานที่ฝังกลบขยะ
3	นำรายได้ไปใช้ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม ผ่านกองทุนสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัย
4	ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
5	ถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ชุมชน
6	การเข้าร่วมโครงการด้านสิ่งแวดล้อม
	6.1 **ระดับโลก :** การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลก (UI GreenMetric World University Ranking)
	6.2 **ระดับประเทศ :** โครงการสำนักงานสีเขียว (Green Office) และโครงการโรงเรียนปลอดขยะ (Zero Waste School)
	6.3 **การเข้าร่วมเป็นเครือข่าย :** เครือข่ายมหาวิทยาลัยยั่งยืนของประเทศไทย หรือ Sustainable University Network of Thailand หรือ SUN Thailand
	6.4 **ใบประกาศเกียรติคุณ :** โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme, LESS)

5.1.4 ผลวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensibility) ของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการได้นำปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายและรายได้จากการดำเนินงานของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในอนาคต โดยแบ่งเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 : รายได้ลดลง 5% ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 10% 2) กรณีที่ 2 : รายได้ลดลง 8% ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 10% และ กรณีที่ 3 : ศึกษาผลดำเนินงานช่วงเดือน สิงหาคม ถึง ธันวาคม 2559 (เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงแนวทางในการบริหารจัดการขยะจากเดิม เช่น มีการรับขยะมูลฝอยจากเทศบาลตำบลสุรนารีมาดำเนินการทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น และการปรับเปลี่ยนแนวทางการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้ทำให้รายได้ลดลง) จากผลการประเมินพบว่า กรณีที่ 3 มีความคุ้มค่า น่าลงทุน ส่วนกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน รายละเอียดดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ผลการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ (กรณีวิเคราะห์ความอ่อนไหว)

กรณี	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)		อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุน (B/C Ratio)		อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)		ระยะเวลาคืนทุน (PB)	
	ค่าประเมิน	ความเป็นไปได้ของการลงทุน	ค่าประเมิน	ความเป็นไปได้ของการลงทุน	ค่าประเมิน	ความเป็นไปได้ของการลงทุน	ค่าประเมิน	ความเป็นไปได้ของการลงทุน
กรณีที่ 1 : รายได้ลดลง 5% ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 10%	-4,790,970 บาท	ไม่คุ้มค่า	0.93	ไม่น่าลงทุน	-51.88	ไม่คุ้มค่า	15.45	ไม่น่าลงทุน
กรณีที่ 2 : รายได้ลดลง 8% ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 10%	-6,815,294 บาท	ไม่คุ้มค่า	0.90	ไม่น่าลงทุน	-93.95	ไม่คุ้มค่า	15.96	ไม่น่าลงทุน
กรณีที่ 3 : ศึกษาผลดำเนินงาน เดือน ส.ค.- ธ.ค. 59	3,428,042 บาท	คุ้มค่า	1.05	น่าลงทุน	19.38	คุ้มค่า	13.69	น่าลงทุน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.2 อภิปรายผล

การลงทุนโครงการโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ ทั้งนี้ เนื่องจากการนำขยะมาแปรรูปเป็นพลังงานทำให้เกิดผลผลิตและผลพลอยได้สามารถนำไปจำหน่ายเพื่อเป็นรายได้ในรูปเงินสด นอกจากนี้ยังมีผลตอบแทนในด้านการประหยัดค่าใช้จ่ายในการส่งขยะมูลฝอยไปฝังกลบภายนอก และผลตอบแทนในส่วนของรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต ทำให้ภาพรวมของผลตอบแทนมีมูลค่าสูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุพจน์ ตั้งสกุลประเสริฐ (2555) การวิเคราะห์โครงการใช้ขยะเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตซีเมนต์ ผลการศึกษาวิเคราะห์ทางด้านการเงินและผลตอบแทนพบว่า มีความคุ้มค่าน่าลงทุน

ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าความอ่อนไหว (Sensibility) กรณีผลตอบแทนไม่เป็นไปตามปกติ พบว่าหากเพิ่มค่าใช้จ่าย 10% และผลตอบแทนลดลง 8% และ 10 % การลงทุนจะไม่คุ้มค่า แต่หากมีการปรับแผนดำเนินงานโดยการหารายได้จากการรับกำจัดขยะมูลฝอยจากภายนอกในช่วงที่ปริมาณขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยมีปริมาณน้อยกว่าขนาดรองรับของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร พบว่าการลงทุนให้ผลคุ้มค่า และมีระยะเวลาคืนทุนเร็วขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากกรณีการปรับแผนดำเนินงานจะมีรายได้จากการรับกำจัดขยะจากภายนอกประมาณ 2.866 ล้านบาท เป็นระยะเวลา 6 ปี และทำให้มีปริมาณขยะเข้ามาเพิ่มทำให้มีรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน

ผลการประเมินความสามารถของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรในการรองรับขยะมูลฝอยในอนาคต พบว่าในปีงบประมาณ 2570 (อีก 10 ปี ข้างหน้า) จะมีปริมาณขยะเข้าโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ประมาณ 10 ตันต่อวัน ซึ่งจะเต็มขนาดรองรับของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรตามที่ได้ออกแบบไว้ ทั้งนี้ การออกแบบได้เผื่อระยะเวลาค่อนข้างนาน เนื่องจากการก่อสร้างโรงจัดการขยะแบบครบวงจรเป็นการก่อสร้างในพื้นที่ใหม่ยังไม่มีระบบสาธารณูปโภคไปถึง เช่น ถนน ระบบไฟฟ้า ระบบประปา เป็นต้น และขนาดของระบบกำจัดที่มีจำหน่ายมีตั้งแต่ขนาด 5 ตัน/วัน ขนาด 10 ตัน/วัน และ 15 ตัน/วัน ตามลำดับ (เพิ่มชุดละ 5 ตัน/วัน) ดังนั้น มหาวิทยาลัยจึงเลือกก่อสร้างขนาด 10 ตัน/วัน เพราะในช่วงที่ก่อสร้างขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัย มีปริมาณ 3 ตันต่อวัน

ผลการประเมินความคุ้มค่าด้านสิ่งแวดล้อม สามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และประเมินเป็นรายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต เท่ากับ 181.23 บาท/ตัน-ขยะรวม ซึ่งหากมหาวิทยาลัยสามารถดำเนินโครงการและแปลงคาร์บอนเครดิตเป็นรายได้กลับมาในรูปเงินสดตามกระบวนการของโครงการ T-VER จะช่วยลดต้นทุนค่ากำจัดขยะของมหาวิทยาลัยลงได้ 1,813.93 บาทตัน คงเหลือ 1,632.63 บาท/ตัน (ลดลงร้อยละ 10)

ตารางที่ 5.5 ต้นทุนต่อหน่วยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร กรณีมีรายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต

ลำดับ	รายการ	ต้นทุน (บาท/ตัน)
1	ค่าแรง (ค่าแรงงาน/เงินเดือน)	994.50
2	ค่าวัสดุ (ค่าสาธารณูปโภค/ค่าวัสดุอุปกรณ์/ค่าซ่อมบำรุง)	500.77
3	ค่าลงทุน (ค่าเสื่อมราคา)	742.17
4	รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตและผลพลอยได้	423.51
5	รายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต	181.23
	ค่าใช้จ่าย (1+2+3-4-5)	**1,632.63**

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ข้อมูลจากการวิจัยนี้จักได้นำไปวางแผนการจัดสรรงบประมาณในการบริหารจัดการโรงจัดการขยะแบบครบวงจรเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและมีความคุ้มค่า ดังนี้

- การขอจัดสรรงบประมาณในการปรับปรุงโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ระยะที่ 2 ควรเริ่มดำเนินการในปีงบประมาณ 2569 (อีก 9 ปี) เนื่องจากในปีงบประมาณ 2570 จะมีปริมาณขยะมูลฝอยเข้ามาดำเนินการเต็มอัตรารองรับคือ 10 ตันต่อวัน

- การรับกำจัดขยะมูลฝอยจากเทศบาลตำบลสุรนารีเพื่อเพิ่มรายได้ สามารถดำเนินการรับได้ในช่วงระยะเวลา 6 ปีแรกที่เริ่มรับขยะมูลฝอยเข้ามากำจัด คือ ในปีงบประมาณ 2560 -2565 ทั้งนี้ เนื่องจากปริมาณขยะของมหาวิทยาลัยมีปริมาณมากขึ้นและมีส่วนต่างที่จะรับเพิ่มไม่มาก

2) นำผลการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรส่งเข้าร่วมโครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme, LESS) ของ อบก. เพื่อขอใบประกาศเกียรติคุณต่อไป ทั้งนี้ ทาง อบก. กำหนดระยะเวลาในการยื่นเอกสารภายในเดือนมิถุนายน 2560

3) การพัฒนาปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกสู่ระดับการซื้อขายคาร์บอนเครดิตตามโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) สามารถดำเนินการได้ในปีงบประมาณ 2561 ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงระยะเวลาดังกล่าว ทาง อบก. มีการสนับสนุนงบประมาณในการตรวจประเมินของผู้ตรวจประเมินภายนอกทำให้มหาวิทยาลัยประหยัดงบประมาณได้ค่อนข้างมาก

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย เช่น กิจกรรมธนาคารขยะ กิจกรรมปลูกต้นไม้ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน และการขนส่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น เพื่อเข้าร่วมโครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme, LESS) ของ อบก. ต่อไป

2) ควรศึกษาความคุ้มค่าในการนำเชื้อเพลิงขยะ (RDF) จากโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ภายในมหาวิทยาลัยต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กมลรัญชน์ กุคำใส. (2557). **การศึกษาความคุ้มทุนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นเชื้อเพลิงเหลวโดยกระบวนการไพโรไลซิสของบ่อขยะเขตอุตสาหกรรมนวนคร จังหวัดปทุมธานี.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2559). **โรงงานกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนโดยแปลงขยะเป็นพลังงานไฟฟ้า.** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.mnre.go.th

กรกมล สราญรมย์. (2557). **การศึกษาความเป็นไปได้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง : กรณีศึกษาเทศบาลนครนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมควบคุมมลพิษ. (2554). **คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และเทคโนโลยีการแปรรูปมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น.** กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2557). **รายงานการฝึกอบรมและศึกษาดูงานเกี่ยวกับเทคโนโลยีและการจัดการขยะมูลฝอย.** กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2558). **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ประจำปี พ.ศ. 2558**. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กฤตภาส มงคลธำรงกุล และประพิธาริ์ ธนารักษ์. (2555). การประเมินโครงการแปรรูปขยะเป็นพลังงานในเขตกรุงเทพมหานคร**. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา.** 17(1) : 3-12.

ขวัญกมล ดอนขวา. (2556). **การจัดทำโครงการสำหรับระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ.** นครราชสีมา: สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ขวัญกมล ดอนขวา. (2557). **การวิเคราะห์ธุรกิจเกษตร.** นครราชสีมา: สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จิรวัฒน์ ชินมณี. (2554). **การศึกษาการนำขยะชุมชนมาผลิตเชื้อเพลิงพลังงานในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์. (2549). **การวิเคราะห์ต้นทุนอุตสาหกรรม และการจัดทำงบประมาณ.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี. (2540). **เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ.** กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี. (2541). **คู่มือการวิเคราะห์ความเป็นไปได้โครงการ.** กรุงเทพมหานคร: พี พริ้นติ้ง กรุ๊ป จำกัด.

ทิพย์สุภินทร์ หินชุย. (2556). **การศึกษาการกำจัดขยะชุมชนเพื่อผลิตพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีพลาสมาแก๊สซิฟิเคชั่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ไตรรัตน์ โคสาแสง. (2553). **การศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการผลิตและใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ. (2542). **การวางแผนและการวิเคราะห์โครงการ.** กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ภมร แสนสิ่ง. (2555). **การวิเคราะห์พลังงานและต้นทุนของการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะของเสียในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (2559). **ระบบรายงานผลตามแผนปฏิบัติการ.** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://sut.ac.th/dpn

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2542). **การประเมินโครงการ แนวคิดและแนวปฏิบัติ.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รุจธิเวศน์ สำเนียงดี. (2556). **การศึกษาความเป็นไปได้การลงทุนกำจัดขยะด้วยวิธีการนำกลับไปใช้ใหม่ ตำบลนนทรี อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะเศรษฐศาสตร์ศรีราชา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัชนี โพธิรัตน์. (2546). **การศึกษาการกำจัดขยะชุมชนด้วยการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงทดแทน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วีรชัย อาจหาญ. (2553). **การศึกษาแนวทางการบริหารจัดการขยะชุมชนเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนแบบครบวงจร (ระดับชุมชน).** นครราชสีมา: ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ศรีสกุล แก้วกระจ่าง. (2550). **การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงพลังงานจากขยะชุมชนด้วยวิธีเชิงกลชีวภาพ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศุภชัย ปรีตะนนท์. (2545). **การศึกษาการจัดการพลังงานจากขยะ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาบริหารเทคโนโลยี วิทยาลัยนวัตกรรมอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (2559). **รายงานการเผยแพร่เทคโนโลยีการจัดการขยะแบบครบวงจรไปยังหน่วยงานภายนอก.** นครราชสีมา: ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุพจน์ ตั้งสกุลประเสริฐ. (2555). **การวิเคราะห์โครงการใช้ขยะเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตซิเมนต์.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

หฤทัย มีนะพันธ์. (2550). **หลักการวิเคราะห์โครงการ.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

หนังสือพิมพ์โคราชคนอีสาน. (2559). **สุดทนบ่อขยะเทศบาลโคราช ฟ้องด้วยภาพทั้งกลิ่น-น้ำเสีย จ่อตั้งงบ ๒ พันล้านแก้ปัญหา.** ปีที่ 42 ฉบับที่ 273 วันจันทร์ที่ 11 – วันศุกร์ที่ 15 เดือนกรกฎาคม 2559 [ออนไลน์]. ได้จาก: http://koratdaily.com/blog.php?id=3800

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2559). **โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://less.tgo.or.th

ASTM International. (2006). **ASTM standard E856-83 (2006)**. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://astm.org

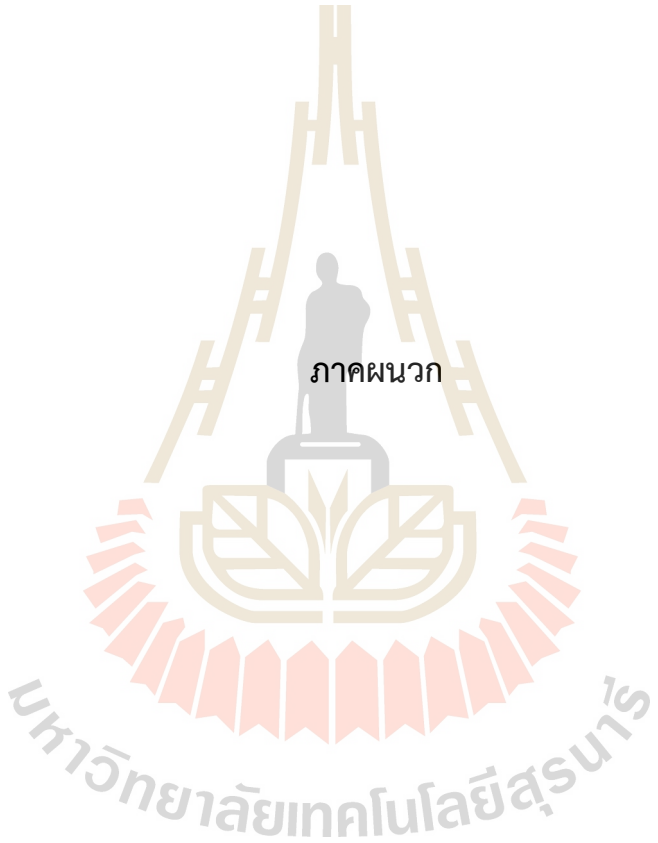
Bennet P. Lienty and Kathryn P. Rea. (1995). **Project Management for the 21st Century.** London: Academic Press, Inc.

Cleland, D.I. (1995). **Project-management: strategic design and implementation.** 2nd ed. New York: McGraw-Hill

Energy Clinic. (2559). **พลังงานขยะพลาสติก.** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://oknation.nationtv.tv/blog/energyclinic/2008/10/14/

UI GreenMetric. (2559). **UI GreenMetric World University Ranking 2016**. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://greenmetric.ui.ac.id

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
องค์ประกอบขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.1 องค์ประกอบขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 การหาสัดส่วนขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วันที่	ประเภทมูลฝอย	น้ำหนัก		วันที่	ประเภทมูลฝอย	น้ำหนัก	
		กก.	%			กก.	%
วันศุกร์ที่ 23 พ.ย.59	เศษอาหาร	11.00	48.03	วันพุธที่ 24 พ.ย.59	เศษอาหาร	5.00	28.74
	กิ่งไม้/ใบไม้	0.10	0.44		กิ่งไม้/ใบไม้	2.00	11.49
	ถุงพลาสติก	5.00	21.83		ถุงพลาสติก	5.00	28.74
	โฟม	-	-		โฟม	-	-
	กระดาษ	0.10	0.44		กระดาษ	0.50	2.87
	แก้ว	3.00	13.10		แก้ว	3.00	17.24
	เหล็ก	1.00	4.37		เหล็ก	-	-
	อลูมิเนียม	0.30	1.31		อลูมิเนียม	0.50	2.87
	พลาสติก (ขวด/ภาชนะ)	2.00	8.73		พลาสติก (ขวด/ภาชนะ)	1.00	5.75
	อันตราย	-	-		อันตราย	0.10	0.57
	เศษอิฐ เศษปูน	-	-		เศษอิฐ เศษปูน	-	-
	เศษผ้า	0.10	0.44		เศษผ้า	0.10	0.57
	หนัง	0.30	1.31		หนัง	-	-
	ยาง	-	-		ยาง	-	-
	อื่น ๆ	-	-		อื่น ๆ	0.20	1.15
	รวม	22.90	100.00		**รวม**	17.40	100.00
วันศุกร์ที่ 25 พ.ย.59	เศษอาหาร	5.00	21.83	วันเสาร์ที่ 26 พ.ย.59	เศษอาหาร	3.00	17.24
	กิ่งไม้/ใบไม้	0.20	0.87		กิ่งไม้/ใบไม้	0.20	1.15
	ถุงพลาสติก	5.00	21.83		ถุงพลาสติก	3.00	17.24
	โฟม	0.10	0.44		โฟม	-	-
	กระดาษ	1.00	4.37		กระดาษ	0.50	2.87
	แก้ว	2.50	10.92		แก้ว	2.00	11.49
	เหล็ก	-	-		เหล็ก	-	-
	อลูมิเนียม	0.10	0.44		อลูมิเนียม	0.10	0.57
	พลาสติก (ขวด/ภาชนะ)	2.00	8.73		พลาสติก (ขวด/ภาชนะ)	1.50	8.62
	อันตราย	-	-		อันตราย	0.10	0.57
	เศษอิฐ เศษปูน	-	-		เศษอิฐ เศษปูน	-	-
	เศษผ้า	0.10	0.44		เศษผ้า	0.10	0.57
	หนัง	-	-		หนัง	-	-
	ยาง	-	-		ยาง	-	-
	อื่น ๆ	1.00	4.37		อื่น ๆ	0.50	2.87
	รวม	17.00	74.24		**รวม**	11.00	63.22

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก.1 (ต่อ)

วันที่	ประเภทมูลฝอย	น้ำหนัก		วันที่	ประเภทมูลฝอย	น้ำหนัก	
		กก.	%			กก.	%
วันจันทร์ที่ 28 พ.ย.59	เศษอาหาร	3.00	34.88	วันอังคารที่ 29 พ.ย.59	เศษอาหาร	8.00	34.33
	กิ่งไม้/ใบไม้	0.10	1.16		กิ่งไม้/ใบไม้	1.00	4.29
	ถุงพลาสติก	2.00	23.26		ถุงพลาสติก	5.00	21.46
	โฟม	-	-		โฟม	0.10	0.43
	กระดาษ	0.10	1.16		กระดาษ	1.00	4.29
	แก้ว	1.00	11.63		แก้ว	4.00	17.17
	เหล็ก	0.50	5.81		เหล็ก	-	-
	อลูมิเนียม	-	-		อลูมิเนียม	-	-
	พลาสติก (ขวด/ภาชนะ)	0.80	9.30		พลาสติก (ขวด/ภาชนะ)	2.00	8.58
	อันตราย	-	-		อันตราย	0.10	0.43
	เศษอิฐ เศษปูน	-	-		เศษอิฐ เศษปูน	-	-
	เศษผ้า	0.10	1.16		เศษผ้า	0.10	0.43
	หนัง	-	-		หนัง	-	-
	ยาง	-	-		ยาง	-	-
	อื่น ๆ	1.00	11.63		อื่น ๆ	2.00	8.58
	รวม	8.60	100.00		**รวม**	23.30	100.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข
ประเมินปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยในอนาคต

ภาคผนวก ข.1 ประเมินปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยในอนาคต 20 ปี

	มหาวิทยาลัย			โรงพยาบาลมหาวิทยาลัย			โรงเรียนสุรวิวัฒน์			รวมทั้งสิ้น	
ปีงบประมาณ	หน่วยในการประเมิน	อัตราการเกิดขยะ	รวม	หน่วยในการประเมิน	อัตราการเกิดขยะ	รวม	หน่วยในการประเมิน	อัตราการเกิดขยะ	รวม		
	นักศึกษาสมมูล	กก./คน/วัน	ตัน/วัน	เตียงสมมูล	กก./เตียง/วัน	ตัน/วัน	นักเรียนสมมูล	กก./คน/วัน	ตัน/วัน	ตัน/วัน	ตัน/ปี
2560	15,740	0.20	3.15	120	2.70	0.32	93	0.60	0.06	3.53	1,288
2561	17,072	0.20	3.41	120	2.70	0.32	480	0.60	0.29	4.03	1,470
2562	18,434	0.20	3.69	800	2.70	2.16	720	0.60	0.43	6.28	2,292
2563	19,766	0.20	*3.95*	800	2.70	*2.16*	720	0.60	0.43	6.55	*2,389*
2564	21,098	0.20	4.22	800	2.70	2.16	720	0.60	0.43	6.81	2,486
2565	22,430	0.20	4.49	800	2.70	2.16	720	0.60	0.43	7.08	2,583
2566	23,762	0.20	4.75	1150	2.70	3.11	720	0.60	0.43	8.29	3,026
2567	25,094	0.20	5.02	1150	2.70	3.11	720	0.60	0.43	8.56	3,123
2568	26,426	0.20	*5.29*	1150	2.70	*3.11*	720	0.60	0.43	8.82	*3,220*
2569	27,758	0.20	5.55	1150	2.70	3.11	720	0.60	0.43	9.09	3,317
2570	29,090	0.20	5.82	1150	2.70	3.11	720	0.60	0.43	9.36	3,415
2571	30,422	0.20	6.08	1640	2.70	4.43	720	0.60	0.43	10.94	3,995
2572	31,754	0.20	6.35	1640	2.70	4.43	720	0.60	0.43	11.21	4,092
2573	33,086	0.20	6.62	1640	2.70	4.43	720	0.60	0.43	11.48	4,189
2574	34,418	0.20	*6.88*	1640	2.70	*4.43*	720	0.60	0.43	11.74	*4,286*
2575	35,750	0.20	*7.15*	1640	2.70	*4.43*	720	0.60	0.43	12.01	*4,384*
2576	37,082	0.20	*7.42*	1640	2.70	*4.43*	720	0.60	0.43	12.28	*4,481*
2577	38,414	0.20	*7.68*	1640	2.70	*4.43*	720	0.60	0.43	12.54	*4,578*
2578	39,746	0.20	*7.95*	1640	2.70	*4.43*	720	0.60	0.43	12.81	*4,675*
2579	41,078	0.20	*8.22*	1640	2.70	*4.43*	720	0.60	0.43	13.08	*4,773*

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หมายเหตุ :

1. SUT Solid Waste Generation Rate = 0.20 กก./นักศึกษาสมมูล/วัน
2. Hospital Solid Waste Generation rate = 2.70 กก./เตียง/วัน
3. School Solid Waste Rate = 0.60 กก./นักเรียนสมมูล/วัน
4. การประมาณการ จำนวนนักศึกษาสมมูล ปีงบประมาณ 2561 - 2580 = จำนวนนักศึกษาปีก่อน - นักศึกษาจบการศึกษาเฉลี่ย - แผนการรับนักศึกษาใหม่ (ข้อมูลแผนการรับนักศึกษาของปี 2561 - 2561 : จากแผนพัฒนามหาวิทยาลัยระยะที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564) และปี 2564 - 2570 คาดการณ์เท่ากับปี 2564/ จำนวนนักศึกษาจบการศึกษาปี 2561 = 2,200)
5. จำนวนเตียงของโรงพยาบาล จากแผนการก่อสร้างโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค
ประเมินค่าใช้จ่ายของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ภาคผนวก ค.1 ประเมินค่าใช้จ่ายของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร (กรณีปกติ)

ปีที่	ปริมาณขยะมูลฝอย	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)			
	(ตัน/ปี)	ค่าแรง	ค่าวัสดุ	ค่าเสื่อมราคา	รวม
1	732.33	779,302	374,610	750,600	1,904,512
2	1,049.11	1,037,678	453,079	750,600	2,241,357
3	1,136.30	1,130,619	568,150	750,600	2,449,369
4	1,288.00	1,281,560	644,000	750,600	2,676,160
5	1,470.00	1,462,650	735,000	750,600	2,948,250
6	2,292.00	2,280,540	1,146,000	750,600	4,177,140
7	2,389.00	2,377,055	1,194,500	750,600	4,322,155
8	2,486.00	2,473,570	1,243,000	750,600	4,467,170
9	2,583.00	2,570,085	1,291,500	750,600	4,612,185
10	3,026.00	3,010,870	1,513,000	750,600	5,274,470
11	3,123.00	3,107,385	1,561,500	154,600	4,823,485
12	3,220.00	3,203,900	1,610,000	154,600	4,968,500
13	3,317.00	3,300,415	1,658,500	154,600	5,113,515
14	3,415.00	3,397,925	1,707,500	154,600	5,260,025
15	3,995.00	3,975,025	1,997,500	154,600	6,127,125
รวม	**35,522**	**35,388,579**	**17,697,839**	**8,279,000**	**61,365,418**
เฉลี่ย	**2,368**	**2,359,239**	**1,179,856**	**551,933**	**4,091,028**

หมายเหตุ:

1. ปีที่ 1-3 ใช้ข้อมูลปริมาณขยะและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงจากการดำเนินงาน
2. ปีที่ 4-15 ประเมินค่าใช้จ่ายตามเกณฑ์ดังนี้

   2.1 ปริมาณขยะ จากข้อมูลผลการประเมินปริมาณขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยในอนาคต 20 ปี

   2.2 ค่าแรงงาน = 995 บาท/ตัน

   2.3 ค่าวัสดุ = 500 บาท/ตัน
3. การคิดค่าเสื่อมราคา
   - ราคาค่าก่อสร้างโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ระยะที่ 1 และ 2 รวมมูลค่าก่อสร้าง 11,890,000 บาท ค่าปรับปรุงถนน 600,000 บาท ค่ารถตัก Loader 1,200,000 บาท
   - การคิดค่าเสื่อมราคาอาคาร และถนน คิดร้อยละ 2 ต่อปี

- การคิดค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ คิดร้อยละ 10 ต่อปี
- คิดมูลค่าอาคาร ถนน 7,730,000 บาท (ค่าเสื่อม = 154,600 บาท/ปี)
- คิดมูลค่าเครื่องจักร 5,960,000 บาท (ค่าเสื่อม = 596,000 บาท/ปี)
- รวมค่าเสื่อมราคา 750,600 บาท/ปี (ปีที่ 1-10) ส่วนปีที่ 11-15 คงเหลือค่าเสื่อมราคาเฉพาะค่าอาคารและถนน

ภาคผนวก ค.2 ประเมินค่าใช้จ่ายของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร กรณีรายจ่ายเพิ่มขึ้น 10%

ปีที่	ปริมาณขยะมูลฝอย	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)			
	(ตัน/ปี)	ค่าแรง	ค่าวัสดุ	ค่าเสื่อมราคา	รวม
1	732.33	779,302	374,610	750,600	1,904,512
2	1,049.11	1,037,678	453,079	750,600	2,241,357
3	1,136.30	1,130,619	568,150	750,600	2,449,369
4	1,288.00	1,409,716	708,400	750,600	2,868,716
5	1,470.00	1,608,915	808,500	750,600	3,168,015
6	2,292.00	2,508,594	1,260,600	750,600	4,519,794
7	2,389.00	2,614,761	1,313,950	750,600	4,679,311
8	2,486.00	2,720,927	1,367,300	750,600	4,838,827
9	2,583.00	2,827,094	1,420,650	750,600	4,998,344
10	3,026.00	3,311,957	1,664,300	750,600	5,726,857
11	3,123.00	3,418,124	1,717,650	154,600	5,290,374
12	3,220.00	3,524,290	1,771,000	154,600	5,449,890
13	3,317.00	3,630,457	1,824,350	154,600	5,609,407
14	3,415.00	3,737,718	1,878,250	154,600	5,770,568
15	3,995.00	4,372,528	2,197,250	154,600	6,724,378
รวม	**35,522**	**38,632,677**	**19,328,039**	**8,279,000**	**66,239,716**
เฉลี่ย	**2,368**	**2,575,512**	**1,288,536**	**551,933**	**4,415,981**

หมายเหตุ :

1. ปีที่ 1-3 เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงจากการดำเนินงาน เหมือนกรณีปกติ
2. ค่าแรง และค่าวัสดุ ของปีที่ 4-15 เพิ่มขึ้น 10% จากกรณีปกติ
3. ค่าเสื่อมราคาคงเดิม (เหมือนกับกรณีปกติ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค.3 ประเมินค่าใช้จ่ายของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร (กรณีศึกษาผลดำเนินงานเดือน ส.ค.-ธ.ค.59)

ปีที่	ปริมาณขยะมูลฝอย (ตัน/ปี)			ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)			
	มทส.	รับกำจัด	รวม	ค่าแรง	ค่าวัสดุ	ค่าเสื่อมราคา	รวม
1	732	-	732	779,302	374,610	750,600	1,904,512
2	1,049	-	1,049	1,037,678	453,079	750,600	2,241,357
3	1,136	115	1,251	1,130,619	568,150	750,600	2,449,369
4	1,288	2,312	3,600	1,622,340	1,256,724	750,600	3,629,664
5	1,470	2,130	3,600	1,622,340	1,256,724	750,600	3,629,664
6	2,292	1,308	3,600	1,622,340	1,256,724	750,600	3,629,664
7	2,389	1,211	3,600	1,622,340	1,256,724	750,600	3,629,664
8	2,486	1,114	3,600	1,622,340	1,256,724	750,600	3,629,664
9	2,583	-	2,583	2,570,085	1,291,500	750,600	4,612,185
10	3,026	-	3,026	3,010,870	1,513,000	750,600	5,274,470
11	3,123	-	3,123	3,107,385	1,561,500	154,600	4,823,485
12	3,220	-	3,220	3,203,900	1,610,000	154,600	4,968,500
13	3,317	-	3,317	3,300,415	1,658,500	154,600	5,113,515
14	3,415	-	3,415	3,397,925	1,707,500	154,600	5,260,025
15	3,995	-	3,995	3,975,025	1,997,500	154,600	6,127,125
รวม	**35,522**	**8,190**	**43,712**	**33,624,904**	**19,018,959**	**8,279,000**	**60,922,863**
เฉลี่ย	**2,368**	**546**	**2,914**	**2,241,660**	**1,267,931**	**551,933**	**4,061,524**

หมายเหตุ :

1. ปีที่ 1-3 เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงจากการดำเนินงานเหมือนกรณีปกติ
2. ปีที่ 4-15 มีเกณฑ์ประเมินดังนี้
   - ปริมาณขยะที่รับกำจัด (มทส.) จากข้อมูลผลการประเมินปริมาณขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยในอนาคต 20 ปี
   - ปริมาณขยะที่รับกำจัด (เทศบาลฯ) จากข้อมูลผลการรับกำจัดขยะจากเทศบาลฯ โดยรับในปริมาณที่ไม่เกินขนาดของระบบ (10 ตัน/วัน)
   - ค่าใช้จ่ายจากผลการศึกษาข้อมูลเดือน ส.ค.-ธ.ค.59 ใช้คำนวณปีที่ 4-8 เนื่องจากมีการรับกำจัดขยะจากเทศบาล ค่าแรงงาน = 450.65 บาท/ตัน ค่าวัสดุ = 349.09 บาท/ตัน ค่าเสื่อมราคาคงเดิม (เหมือนกับกรณีปกติ) ค่าใช้จ่ายปีที่ 9-15 ใช้ข้อมูลค่าใช้จ่ายเหมือนกรณีดำเนินการปกติ

ภาคผนวก ง
ประเมินรายได้ของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ภาคผนวก ง.1 ประเมินรายได้ของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ปีที่	ปริมาณขยะ	รายได้ (บาท/ปี)						
	(ตัน/ปี)	ขยะรีไซเคิล	วัสดุปรับปรุงดิน	ปุ๋ยอินทรีย์	เชื้อเพลิงขยะ เกรด A	เชื้อเพลิงขยะเกรด B	เชื้อเพลิงขยะเกรดรวม	รวม
1	732	69,752	9,004	74,500	58,450	16,670	-	228,376
2	1,049	83,006	11,640	104,020	84,920	27,274	-	310,860
3	1,136	132,415	24,776	120,425	279,625	26,067	142,576	725,883
4	1,288	132,432	7,728	59,248	77,280	12,880	411,902	701,471
5	1,470	151,145	8,820	67,620	88,200	14,700	470,106	800,591
6	2,292	235,663	13,752	105,432	137,520	22,920	732,982	1,248,269
7	2,389	245,637	14,334	109,894	143,340	23,890	764,002	1,301,097
8	2,486	255,611	14,916	114,356	149,160	24,860	795,023	1,353,925
9	2,583	265,584	15,498	118,818	154,980	25,830	826,043	1,406,753
10	3,026	311,133	18,156	139,196	181,560	30,260	967,715	1,648,020
11	3,123	321,107	18,738	143,658	187,380	31,230	998,735	1,700,848
12	3,220	331,080	19,320	148,120	193,200	32,200	1,029,756	1,753,676
13	3,317	341,054	19,902	152,582	199,020	33,170	1,060,777	1,806,505
14	3,415	351,130	20,490	157,090	204,900	34,150	1,092,117	1,859,877
15	3,995	410,766	23,970	183,770	239,700	39,950	1,277,601	2,175,757
รวม	**35,522**	**3,637,516**	**241,044**	**1,798,729**	**2,379,235**	**396,051**	**10,569,335**	**19,021,910**
เฉลี่ย	**4,440**	**242,501**	**16,070**	**119,915**	**158,616**	**26,403**	**704,622**	**1,268,127**

หมายเหตุ :

1. ปีที่ 1-3 เป็นรายได้ที่เกิดขึ้นจริงจากการดำเนินงาน
2. ปีที่ 4-15 มีเกณฑ์ประเมินดังนี้
   - ขยะรีไซเคิล = 100 บาท/ตัน-ขยะ / วัสดุปรับปรุงดิน = 15 บาท/ตัน-ขยะ / ปุ๋ยอินทรีย์ = 115 บาท/ตัน-ขยะ / เชื้อเพลิงขยะเกรด A = 150 บาท/ตัน-ขยะ / เชื้อเพลิงขยะเกรด B = 25 บาท/ตัน-ขยะ / เชื้อเพลิงขยะเกรดรวม = 533 บาท/ตัน-ขยะ
3. การประเมินสัดส่วนผลพลอยได้ ประเมินเชื้อเพลิงขยะเกรดรวม ร้อยละ 40 ส่วนผลพลอยได้ประเภทอื่น ร้อยละ 60 ยกเว้นขยะรีไซเคิล ประเมินปริมาณร้อยละ 100

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง.2 ประเมินการประหยัดค่าใช้จ่าย และรายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต

ปีที่	ปริมาณขยะ (ตัน/ปี)	การประหยัดค่าใช้จ่าย (บาท)	รายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต (บาท)	รายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต ศึกษาผลดำเนินงานส.ค.-ธ.ค.59 (บาท)
1	732	1,161,263	130,303	130,303
2	1,049	1,663,584	186,668	186,668
3	1,136	1,801,842	202,182	222,688
4	1,288	2,042,394	229,174	640,548
5	1,470	2,330,994	261,557	640,548
6	2,292	3,634,447	407,816	640,548
7	2,389	3,788,261	425,075	640,548
8	2,486	3,942,075	442,334	640,548
9	2,583	4,095,889	459,593	459,593
10	3,026	4,798,358	538,416	538,416
11	3,123	4,952,172	555,675	555,675
12	3,220	5,105,986	572,935	572,935
13	3,317	5,259,800	590,194	590,194
14	3,415	5,415,200	607,631	607,631
15	3,995	6,334,911	710,830	710,830
รวม	**35,522**	**56,327,178**	**6,320,383**	**7,777,674**
เฉลี่ย	**4,440**	**3,755,145**	**421,359**	**518,512**

หมายเหตุ :

1. ปีที่ 1-3 เป็นรายได้ที่เกิดขึ้นจริงจากการดำเนินงาน
2. ปีที่ 4-15 มีเกณฑ์ประเมิน ดังนี้
   - การประหยัดค่าใช้จ่ายจากการส่งไปฝังกลบ = 1,585.71 บาท/ตัน
   - ขยะ 1 ตัน ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 5.931 tonCO_2 eq. (ผลจากการประเมินตามโครงการ LESS)
   - รายได้จากการจำหน่ายคาร์บอนเครดิต = 30 บาท/ton CO_2e (อ้างอิงราคาจำหน่ายคาร์บอนเครดิตตามโครงการ T-VERs)
   - รายได้คาร์บอนเครดิต (กรณีศึกษาผลดำเนินงานส.ค.-ธ.ค.59) คำนวณจากปริมาณขยะของ มทส. และรับกำจัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง.3 ประเมินรายได้ของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร (กรณีศึกษาผลดำเนินงานเดือนส.ค.-ธ.ค.59)

ปีที่	ปริมาณขยะมูลฝอย (ตัน/ปี)			รายได้ (บาท/ปี)							
	มทส.	รับกำจัด	รวม	ขยะรีไซเคิล	วัสดุปรับปรุงดิน	ปุ๋ยอินทรีย์	เชื้อเพลิงขยะเกรด A	เชื้อเพลิงขยะเกรด B	เชื้อเพลิงขยะเกรดรวม	ค่ารับกำจัดขยะ	รวม
1	732	-	732	69,752	9,004	74,500	58,450	16,670	-	-	228,376
2	1,049	-	1,049	112,194	11,640	104,020	84,920	27,274	-	-	340,048
3	1,136	115	1,252	132,415	24,776	120,425	279,625	26,067	142,576	40,338	766,221
4	1,288	2,312	3,600	187,344	114,480	-	46,512	45,252	701,316	809,200	1,904,104
5	1,470	2,130	3,600	187,344	114,480	-	46,512	45,252	701,316	745,500	1,840,404
6	2,292	1,308	3,600	187,344	114,480	-	46,512	45,252	701,316	457,800	1,552,704
7	2,389	1,211	3,600	187,344	114,480	-	46,512	45,252	701,316	423,850	1,518,754
8	2,486	1,114	3,600	187,344	114,480	-	46,512	45,252	701,316	389,900	1,484,804
9	2,583	-	2,583	258,300	82,139	-	33,372	32,468	503,194	-	909,474
10	3,026	-	3,026	302,600	96,227	-	39,096	38,037	589,495	-	1,065,455
11	3,123	-	3,123	312,300	99,311	-	40,349	39,256	608,392	-	1,099,608
12	3,220	-	3,220	322,000	102,396	-	41,602	40,475	627,288	-	1,133,762
13	3,317	-	3,317	331,700	105,481	-	42,856	41,695	646,185	-	1,167,916
14	3,415	-	3,415	341,500	108,597	-	44,122	42,927	665,276	-	1,202,422
15	3,995	-	3,995	399,500	127,041	-	51,615	50,217	778,266	-	1,406,640
รวม	**35,522**	**8,190**	**43,712**	**3,518,981**	**1,339,012**	**298,945**	**948,568**	**581,346**	**8,067,252**	**2,866,588**	**17,620,691**
เฉลี่ย	**4,440**	**1,024**	**5,464**	**234,599**	**89,267**	**19,930**	**63,238**	**38,756**	**537,817**	**191,106**	**1,174,713**

หมายเหตุ :

1. ปีที่ 1-3 เป็นรายได้ที่เกิดขึ้นจริงจากการดำเนินงาน
2. ปีที่ 4-15 มีเกณฑ์ประเมินดังนี้
   - ขยะรีไซเคิล = 52.04 บาท/ตัน-ขยะ (ปีที่ 1-8) ส่วนปีที่ 9-15 = 100 บาท/ตัน
   - วัสดุปรับปรุงดิน = 31.80 บาท/ตัน-ขยะ / ปุ๋ยอินทรีย์ = - บาท/ตัน-ขยะ
   - เชื้อเพลิงขยะเกรด A = 12.92 บาท/ตัน-ขยะ / เชื้อเพลิงขยะเกรด B = 12.57 บาท/ตัน-ขยะ
   - เชื้อเพลิงขยะเกรดรวม = 194.81 บาท/ตัน-ขยะ
   - ค่ารับกำจัดขยะ = 350 บาท/ตัน (เฉพาะขยะของเทศบาลฯ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก จ

ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร

ภาคผนวก จ.1 ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร (กรณีปกติ)

ระยะเวลา	เงินลงทุน	ค่าใช้จ่าย	ผลตอบแทนรวม	รายได้สุทธิ	อัตราคิดลด	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ					
(t)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	2%	รายจ่ายรวม	ผลตอบแทน	PWF (2%)	NPV (2%)	PWF (99%)	NPV (99%)
ปีที่ 0	13,690,000	-	-	- 13,690,000	1.00	13,690,000.00	-	1.00	-13,690,000.00	1	- 13,690,000
ปีที่ 1	-	1,904,512	1,519,943	- 384,569	0.98	1,867,168.63	1,490,140.03	0.98	- 377,028.60	0.50	- 193,251
ปีที่ 2	-	2,241,357	2,161,113	- 80,244	0.96	2,154,322.38	2,077,193.94	0.96	- 77,128.44	0.25	- 20,263
ปีที่ 3	-	2,449,369	2,729,907	280,539	0.94	2,308,094.64	2,572,452.50	0.94	264,357.86	0.13	35,599
ปีที่ 4	-	2,676,160	2,973,039	296,879	0.92	2,472,358.18	2,746,628.37	0.92	274,270.20	0.06	18,931
ปีที่ 5	-	2,948,250	3,393,142	444,892	0.91	2,670,320.86	3,073,273.43	0.91	402,952.57	0.03	14,256
ปีที่ 6	-	4,177,140	5,290,532	1,113,392	0.89	3,709,180.78	4,697,840.94	0.89	988,660.16	0.02	17,928
ปีที่ 7	-	4,322,155	5,514,433	1,192,278	0.87	3,762,696.03	4,800,645.90	0.87	1,037,949.87	0.01	9,647
ปีที่ 8	-	4,467,170	5,738,334	1,271,164	0.85	3,812,686.58	4,897,613.12	0.85	1,084,926.54	0.00	5,169
ปีที่ 9	-	4,612,185	5,962,236	1,350,051	0.84	3,859,270.09	4,988,932.02	0.84	1,129,661.93	0.00	2,758
ปีที่ 10	-	5,274,470	6,984,795	1,710,325	0.82	4,326,902.50	5,729,964.51	0.82	1,403,062.01	0.00	1,756
ปีที่ 11	-	4,823,485	7,208,696	2,385,211	0.80	3,879,350.71	5,797,687.74	0.80	1,918,337.03	0.00	1,231
ปีที่ 12	-	4,968,500	7,432,597	2,464,097	0.79	3,917,628.34	5,860,552.17	0.79	1,942,923.83	0.00	639
ปีที่ 13	-	5,113,515	7,656,498	2,542,983	0.77	3,952,913.41	5,918,722.31	0.77	1,965,808.89	0.00	331
ปีที่ 14	-	5,260,025	7,882,708	2,622,683	0.76	3,986,441.58	5,974,107.44	0.76	1,987,665.87	0.00	172
ปีที่ 15	-	6,127,125	9,221,499	3,094,374	0.74	4,552,544.13	6,851,709.37	0.74	2,299,165.24	0.00	102
รวม	**13,690,000**	**61,365,418**	**81,669,472**	**6,614,054**	13.85	64,921,878.82	67,477,463.78	13.85	2,555,584.96	2.01	-13,794,996.13
					B/C	**0.96**					
					IRR	**15.47**					
					PB	**13.79**					

ภาคผนวก จ.2 ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร (กรณีผลตอบแทนลดลง 5% ค่าใช้จ่ายเพิ่ม 10%)

ระยะเวลา	เงินลงทุน	ค่าใช้จ่าย	ผลตอบแทนรวม	รายได้สุทธิ	อัตราคิดลด	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ					
(t)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	2%	รายจ่ายรวม	ผลตอบแทน	PWF (2%)	NPV (2%)	PWF (99%)	NPV (99%)
ปีที่ 0	13,690,000	-	-	-13,690,000	1.00	13,690,000.00	-	1.00	-13,690,000.00	1	- 13,690,000
ปีที่ 1	-	1,904,512	1,443,946	- 460,566	0.98	1,867,168.63	1,415,633.03	0.98	- 451,535.60	0.50	- 231,440
ปีที่ 2	-	2,241,357	2,053,057	- 188,300	0.96	2,154,322.38	1,973,334.24	0.96	- 180,988.14	0.25	- 47,549
ปีที่ 3	-	2,449,369	2,593,412	144,043	0.94	2,308,094.64	2,443,829.87	0.94	135,735.23	0.13	18,278
ปีที่ 4	-	2,868,716	2,824,387	- 44,329	0.92	2,650,250.16	2,609,296.95	0.92	- 40,953.20	0.06	- 2,827
ปีที่ 5	-	3,168,015	3,223,485	55,470	0.91	2,869,368.79	2,919,609.76	0.91	50,240.97	0.03	1,777
ปีที่ 6	-	4,519,794	5,026,005	506,211	0.89	4,013,447.73	4,462,948.89	0.89	449,501.17	0.02	8,151
ปีที่ 7	-	4,679,311	5,238,711	559,401	0.87	4,073,621.38	4,560,613.60	0.87	486,992.22	0.01	4,526
ปีที่ 8	-	4,838,827	5,451,418	612,591	0.85	4,129,892.25	4,652,732.47	0.85	522,840.21	0.00	2,491
ปีที่ 9	-	4,998,344	5,664,124	665,780	0.84	4,182,390.24	4,739,485.42	0.84	557,095.17	0.00	1,360
ปีที่ 10	-	5,726,857	6,635,555	908,698	0.82	4,698,017.40	5,443,466.28	0.82	745,448.88	0.00	933
ปีที่ 11	-	5,290,374	6,848,261	1,557,888	0.80	4,254,851.87	5,507,803.35	0.80	1,252,951.48	0.00	804
ปีที่ 12	-	5,449,890	7,060,967	1,611,077	0.79	4,297,201.07	5,567,524.56	0.79	1,270,323.49	0.00	418
ปีที่ 13	-	5,609,407	7,273,673	1,664,267	0.77	4,336,253.67	5,622,786.19	0.77	1,286,532.52	0.00	217
ปีที่ 14	-	5,770,568	7,488,573	1,718,005	0.76	4,373,368.99	5,675,402.07	0.76	1,302,033.09	0.00	112
ปีที่ 15	-	6,724,378	8,760,424	2,036,046	0.74	4,996,311.53	6,509,123.90	0.74	1,512,812.37	0.00	67
รวม	**13,690,000**	**66,239,716**	**77,585,998**	**- 2,343,717**	13.85	68,894,560.73	64,103,590.59	13.85	- 4,790,970.14	2.01	-13,932,681.23
					B/C	**0.93**					
					IRR	**(51.88)**					
					PB	**15.45**					

ภาคผนวก จ.3 ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร (กรณีผลตอบแทนลดลง 8% ค่าใช้จ่ายเพิ่ม 10%)

ระยะเวลา	เงินลงทุน	ค่าใช้จ่าย	ผลตอบแทนรวม	รายได้สุทธิ	อัตราคิดลด	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ					
(t)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	2%	รายจ่ายรวม	ผลตอบแทน	PWF (2%)	NPV (2%)	PWF (99%)	NPV (99%)
ปีที่ 0	13,690,000	-	-	-13,690,000	1.00	13,690,000.00	-	1.00	- 13,690,000.00	1	- 13,690,000
ปีที่ 1	-	1,904,512	1,398,347	- 506,165	0.98	1,867,168.63	1,370,928.83	0.98	- 496,239.80	0.50	- 254,354
ปีที่ 2	-	2,241,357	1,988,224	- 253,133	0.96	2,154,322.38	1,911,018.42	0.96	- 243,303.96	0.25	- 63,921
ปีที่ 3	-	2,449,369	2,511,515	62,146	0.94	2,308,094.64	2,366,656.30	0.94	58,561.66	0.13	7,886
ปีที่ 4	-	2,868,716	2,735,196	- 133,520	0.92	2,650,250.16	2,526,898.10	0.92	- 123,352.05	0.06	- 8,514
ปีที่ 5	-	3,168,015	3,121,691	- 46,324	0.91	2,869,368.79	2,827,411.56	0.91	- 41,957.23	0.03	- 1,484
ปีที่ 6	-	4,519,794	4,867,289	347,495	0.89	4,013,447.73	4,322,013.67	0.89	308,565.94	0.02	5,595
ปีที่ 7	-	4,679,311	5,073,278	393,968	0.87	4,073,621.38	4,416,594.23	0.87	342,972.84	0.01	3,188
ปีที่ 8	-	4,838,827	5,279,268	440,441	0.85	4,129,892.25	4,505,804.07	0.85	375,911.82	0.00	1,791
ปีที่ 9	-	4,998,344	5,485,257	486,913	0.84	4,182,390.24	4,589,817.46	0.84	407,427.21	0.00	995
ปีที่ 10	-	5,726,857	6,426,011	699,154	0.82	4,698,017.40	5,271,567.35	0.82	573,549.94	0.00	718
ปีที่ 11	-	5,290,374	6,632,000	1,341,627	0.80	4,254,851.87	5,333,872.72	0.80	1,079,020.85	0.00	692
ปีที่ 12	-	5,449,890	6,837,989	1,388,099	0.79	4,297,201.07	5,391,708.00	0.79	1,094,506.92	0.00	360
ปีที่ 13	-	5,609,407	7,043,979	1,434,572	0.77	4,336,253.67	5,445,224.52	0.77	1,108,970.85	0.00	187
ปีที่ 14	-	5,770,568	7,252,091	1,481,524	0.76	4,373,368.99	5,496,178.85	0.76	1,122,809.86	0.00	97
ปีที่ 15	-	6,724,378	8,483,779	1,759,401	0.74	4,996,311.53	6,303,572.62	0.74	1,307,261.08	0.00	58
รวม	**13,690,000**	**66,239,716**	**75,135,914**	**- 4,793,802**	**13.85**	**68,894,560.73**	**62,079,266.68**	**13.85**	**- 6,815,294.06**	**2.01**	**- 13,996,706.75**
					B/C	0.90					
					IRR	(93.95)					
					PB	15.96					

ภาคผนวก จ.4 ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร (กรณีศึกษาผลดำเนินงานเดือนส.ค.-ธ.ค.59)

ระยะเวลา	เงินลงทุน	ค่าใช้จ่าย	ผลตอบแทน	รายได้สุทธิ	อัตราคิดลด	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ					
(t)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	2%	รายจ่ายรวม	ผลตอบแทน	PWF (2%)	NPV (2%)	PWF (99%)	NPV (99%)
ปีที่ 0	13,690,000	-	-	- 13,690,000	1.00	13,690,000.00	-	1.00	-13,690,000.00	1	- 13,690,000
ปีที่ 1	-	1,904,512	1,519,943	- 384,569	0.98	1,867,168.63	1,490,140.03	0.98	- 377,028.60	0.50	- 193,251
ปีที่ 2	-	2,241,357	2,190,300	- 51,057	0.96	2,154,322.38	2,105,248.33	0.96	- 49,074.05	0.25	- 12,893
ปีที่ 3	-	2,449,369	2,790,752	341,383	0.94	2,308,094.64	2,629,787.53	0.94	321,692.89	0.13	43,319
ปีที่ 4	-	3,629,664	4,587,046	957,382	0.92	3,353,248.48	4,237,721.91	0.92	884,473.43	0.06	61,048
ปีที่ 5	-	3,629,664	4,811,946	1,182,282	0.91	3,287,498.51	4,358,327.48	0.91	1,070,828.96	0.03	37,884
ปีที่ 6	-	3,629,664	5,827,699	2,198,035	0.89	3,223,037.76	5,174,830.22	0.89	1,951,792.46	0.02	35,393
ปีที่ 7	-	3,629,664	5,947,563	2,317,899	0.87	3,159,840.94	5,177,711.67	0.87	2,017,870.73	0.01	18,755
ปีที่ 8	-	3,629,664	6,067,427	2,437,763	0.85	3,097,883.27	5,178,490.57	0.85	2,080,607.30	0.00	9,912
ปีที่ 9	-	4,612,185	5,464,956	852,771	0.84	3,859,270.09	4,572,831.06	0.84	713,560.98	0.00	1,742
ปีที่ 10	-	5,274,470	6,402,229	1,127,759	0.82	4,326,902.50	5,252,057.87	0.82	925,155.38	0.00	1,158
ปีที่ 11	-	4,823,485	6,607,456	1,783,971	0.80	3,879,350.71	5,314,132.66	0.80	1,434,781.95	0.00	920
ปีที่ 12	-	4,968,500	6,812,683	1,844,183	0.79	3,917,628.34	5,371,753.90	0.79	1,454,125.55	0.00	478
ปีที่ 13	-	5,113,515	7,017,910	1,904,395	0.77	3,952,913.41	5,425,072.36	0.77	1,472,158.95	0.00	248
ปีที่ 14	-	5,260,025	7,225,252	1,965,227	0.76	3,986,441.58	5,475,838.11	0.76	1,489,396.54	0.00	129
ปีที่ 15	-	6,127,125	8,452,381	2,325,256	0.74	4,552,544.13	6,280,243.81	0.74	1,727,699.68	0.00	77
รวม	**13,690,000**	**60,922,863**	**81,725,544**	**7,112,681**	**13.85**	**64,616,145.37**	**68,044,187.51**	**13.85**	**3,428,042.15**	**2.01**	**- 13,685,079.39**
					B/C	**1.05**					
					IRR	**19.83**					
					PB	**13.69**					

ภาคผนวก ฉ

รายงานผลการประเมินการลดก๊าซเรือนกระจก (LESS Summary Report)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ฉ.1 รายงานผลการประเมินการลดก๊าซเรือนกระจก (LESS Summary Report)

รายละเอียดวิธีการคำนวณ			LESS-WM-09 version: 01
ชื่อวิธีการคำนวณ	การจัดการขยะแบบครบวงจร (คัดแยกเพื่อรีไซเคิล/ทำปุ๋ยหมัก/ผลิตเชื้อเพลิงขยะ-RDF)	หน้าที่	1
ชื่อองค์กร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	วันที่จัดทำ	7/2/2560
ชื่อผู้จัดทำ	นางภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเสฏฐ์ ตำแหน่ง วิศวกร/หัวหน้าหน่วยสิ่งแวดล้อม	รหัสฟอร์ม	Cal-01

ประเภทโครงการ (Project Type)	การจัดการของเสีย
ลักษณะโครงการ (Project Outline)	กิจกรรมที่ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนสู่บรรยากาศ โดยนำไปผลิตเป็นวัสดุทดแทน ปุ๋ยหมัก น้ำมัน และกระแสไฟฟ้า
ลักษณะของกิจกรรมโครงการที่เข้าข่าย (Applicability)	ลดการปล่อยก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศและลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งเมื่อเทียบกับกรณีฐาน
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ (Project Conditions)	1. เป็นนำก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมโครงการไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งหมด 100 % เท่านั้น 2. ไม่มีการนำก๊าซชีวภาพที่เกิดจากโครงการไปเผาทิ้ง (Flare) 3. ไม่คิดการรั่วไหลที่เกิดจากการดำเนินโครงการ

	แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียดของกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	การปล่อยก๊าซชีวภาพและการใช้พลังงานไฟฟ้า	CO_2, CH_4	การปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกรณีฐาน
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	การรั่วไหลของแก๊สชีวภาพและการใช้พลังงานไฟฟ้า	CO_2, CH_4	การปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการดำเนินโครงการ
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	ไม่เกี่ยวข้อง	-	-

ภาคผนวก ฉ.1 (ต่อ)

	รายละเอียดกิจกรรม/โครงการ		LESS-WM-09 version: 01	
	ชื่อวิธีการคำนวณ	การจัดการขยะแบบครบวงจร (คัดแยกเพื่อรีไซเคิล/ทำปุ๋ยหมัก/ผลิตเชื้อเพลิง RDF/ผลิตน้ำมัน-Pyrolysis/ผลิตไฟฟ้า-Gasification)	หน้าที่	2
	ชื่อองค์กร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	วันที่จัดทำ	7/2/2560
	ชื่อผู้จัดทำ	นางภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเสฏฐ์ ตำแหน่ง วิศวกร/หัวหน้าหน่วยสิ่งแวดล้อม	รหัสฟอร์ม	Cal-02

ที่ตั้งของพื้นที่	111 ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา
พิกัดพื้นที่	14.8599912,102.0055811
ขอบเขตโครงการ	โรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นสถานที่สำหรับแปรรูปขยะเป็นพลังงาน เกิดผลพลอยได้ คือ 1) ขยะรีไซเคิล นำไปจำหน่ายเพื่อรีไซเคิล 2) ปุ๋ยอินทรีย์และวัสดุปรับปรุงดิน นำไปเป็นปุ๋ยทดแทนปุ๋ยเคมี 3) เชื้อเพลิงขยะเกรดA นำไปกลั่นน้ำมัน 4) เชื้อเลิงขยะเกรดรวม นำไปเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า
ระยะเวลาการดำเนินโครงการ	ธ.ค. 2556 - ก.ค. 2559

โรงจัดการขยะแบบครบวงจร

โรงหมัก MBT

ปุ๋ยอินทรีย์และเชื้อเพลิงขยะ

ภาคผนวก ฉ.1 (ต่อ)

	รายละเอียดวิธีการคำนวณ		LESS-WM-09 version: 01	
	ชื่อวิธีการคำนวณ	การจัดการขยะแบบครบวงจร (คัดแยกเพื่อรีไซเคิล/ทำปุ๋ยหมัก/ผลิตเชื้อเพลิงขยะ-RDF)	หน้าที่	3
	ชื่อองค์กร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	วันที่จัดทำ	7/2/2560
	ชื่อผู้จัดทำ	นางภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเสฏฐ์ ตำแหน่ง วิศวกร/หัวหน้าหน่วยสิ่งแวดล้อม	รหัสฟอร์ม	Cal-03

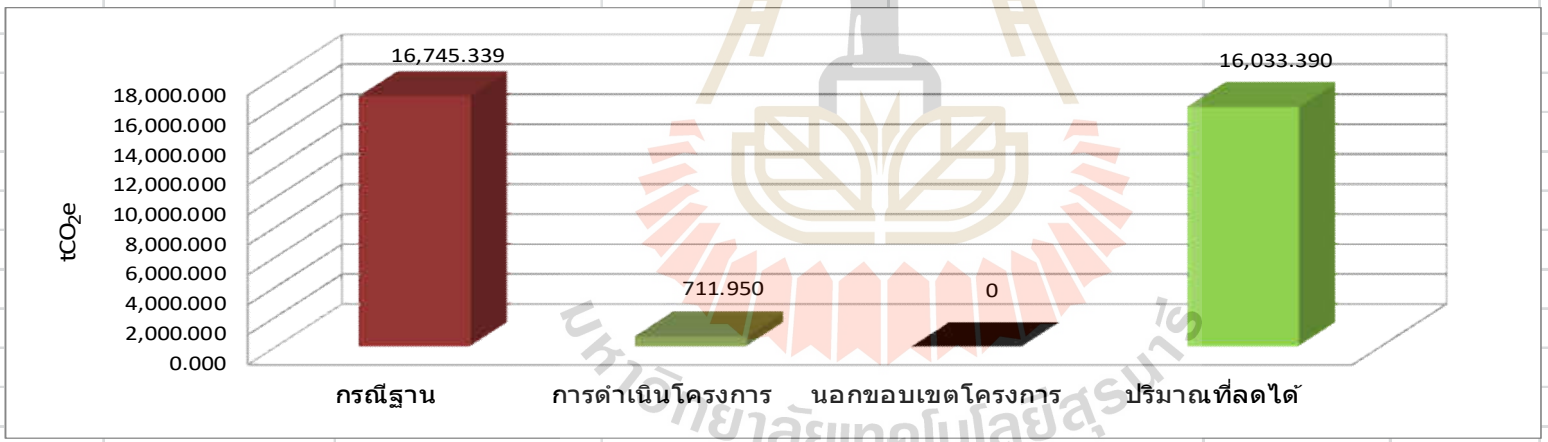
ช่วงเวลาของข้อมูล	ข้อมูลขยะอินทรีย์ที่เข้าโรงจัดการ							รายการ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน ($kgCO_2e$)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2e$)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2e$)
	ปริมาณ (กิโลกรัม)	สัดส่วนโดยน้ำหนักขององค์ประกอบในขยะอินทรีย์ (%)									
		ไม้	กระดาษ	เศษอาหาร	สิ่งทอ	กิ่งไม้และใบไม้	รวม				
ธ.ค.56-ก.ค.59	1,041,271	-	-	90.67	-	9.330	100.000	รีไซเคิล	140,317	68,730	71,587
								ผลิตปุ๋ยหมัก	15,736,664	114,123	15,622,540
วิธีการจัดการขยะ-การคัดแยกเพื่อส่งไปรีไซเคิล								ผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF)	868,359	426,374	441,985
ประเภทขยะ		กระดาษ	พลาสติก	อลูมิเนียม	เหล็ก	แก้ว	รวม	การใช้พลังงานในโรงจัดการ	0	102,723	-102,723
ปริมาณ (กิโลกรัม)		9,560	19,548	316	6	65,598	95,027	**รวม**	**16,745,339**	**711,950**	**16,033,390**

วิธีการจัดการขยะ-ผลิตปุ๋ยหมักและผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF)								การใช้พลังงานในโรงจัดการ		
ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ (กิโลกรัม)	เชื้อเพลิงขยะ (RDF) ที่ผลิตได้							ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	เชื้อเพลิง	
	เกรด A		เกรด B		เกรด C (เกรดรวม)		ประเภทเชื้อเพลิงที่นำไปทดแทน		ประเภท	ปริมาณ (ลิตร)
	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ค่าความร้อน (กิโลจูล/กิโลกรัม)	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ค่าความร้อน (กิโลจูล/กิโลกรัม)	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ค่าความร้อน (กิโลจูล/กิโลกรัม)				
489,820	238,120	16800	298,430	14700	129,660	21840	น้ำมันเตา	138,627	ดีเซล	7,772

ภาคผนวก ฉ.1 (ต่อ)

สรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้		LESS-WM-09 version: 01	
ชื่อวิธีการคำนวณ	การจัดการขยะแบบครบวงจร (คัดแยกเพื่อรีไซเคิล/ทำปุ๋ยหมัก/ผลิตเชื้อเพลิงขยะ-RDF)	หน้าที่	4
ชื่อองค์กร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	วันที่จัดทำ	7/2/2560
ชื่อผู้จัดทำ	นางภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเสฏฐ์ ตำแหน่ง วิศวกร/หัวหน้าหน่วยสิ่งแวดล้อม	รหัสฟอร์ม	Cal-04

ระยะเวลาการดำเนินกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (tCO_2e)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (tCO_2e)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนอกขอบเขตโครงการ (tCO_2e)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ (tCO_2e)
1ธ.ค.56-31ก.ค.60	16,745.339	711.950	0	16,033.390



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ช
การเผยแพร่ผลงานวิจัย

ภาคผนวก ช การเผยแพร่งานวิจัย

นำเสนอบทความ **“ความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี”**

ในการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 16 วันที่ 17-18 พฤษภาคม 2560

ณ โรงแรมเดอะ ทวิน ทาวเวอร์ รองเมือง กรุงเทพฯ

18R2-03

ขอมอบใบรับรองนี้เพื่อแสดงว่า

นางภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเศฏฐ์

ได้นำเสนอบทความเรื่อง

“ความคุ้มค่าของโรงจัดการขยะแบบครบวงจรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี”

การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 16

16th National Environmental Conference

17-18 พฤษภาคม 2560

ณ โรงแรมเดอะ ทวิน ทาวเวอร์ รองเมือง กรุงเทพฯ

ให้ไว้ ณ วันที่ 18 พฤษภาคม 2560

ดร.ประเสริฐ ตปนียางกูร

นายกสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

กระทรวงพลังงาน MINISTRY OF ENERGY

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ช (ต่อ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ : นางภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเสฏฐ์

ระดับการศึกษา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมการจัดการพลังงาน) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตำแหน่ง : หัวหน้าหน่วยสิ่งแวดล้อม/วิศวกร

สถานที่ติดต่อ : หน่วยสิ่งแวดล้อม ส่วนอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทรศัพท์ 0-4422-5233 e-mail : chanid@sut.ac.th

ประสบการณ์ในการทำงาน :

1) ควบคุมดูแลระบบท่อรวบรวมและระบบบำบัดน้ำเสียตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 จนถึง ปัจจุบัน
2) ควบคุมดูแลการบริหารจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัย ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2550 จนถึง ปัจจุบัน
3) ดำเนินกิจกรรมส่งเสริมการรณรงค์รักษาสิ่งแวดล้อม เช่น ธนาคารวัสดุรีไซเคิล ร้านศูนย์บาท รณรงค์ใช้ถุงผ้า ลดการใช้ถุงพลาสติก รณรงค์งดใช้กล่องโฟม เป็นต้น
4) จัดทำข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลการเข้าร่วมการจัดอันดับและการประกวดต่าง ๆ เช่น การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวโลก และโครงการสำนักงานสีเขียว (Green Office) เป็นต้น

บทความ :

"การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (Unit Cost Analysis of Integrated Solid Waste Sorting Plant at Suranaree University of Technology)" นำเสนอบทความในการประชุมประจำปี ครั้งที่ 1 เครือข่ายมหาวิทยาลัยยั่งยืนแห่งประเทศไทย ณ มหาวิทยาลัยมหิดล วันที่ 28-29 พฤศจิกายน 2559 และได้รับการตีพิมพ์ในวารสารพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย Journal of Professional Routine to Research (JPR2R) ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 ประจำเดือนสิงหาคม 2560

รางวัล :

พนักงานดีเด่น สายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป ระดับปฏิบัติการ ประจำปี 2558 กลุ่มผู้มีผลงานที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนางานและหรือช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของหน่วยงานและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี