

การศึกษาคความเหมาะสมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะชุมชนด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและ
เชื้อเพลิงขยะแข็งในพื้นที่หลุมฝังกลบบ้านคำบอน จังหวัดขอนแก่น



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร
กุมภาพันธ์ 2561

การศึกษาคความเหมาะสมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะชุมชนด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและ
เชื้อเพลิงขยะแข็งในพื้นที่หลุมฝังกลบบ้านคำบอน จังหวัดขอนแก่น



ปริญญานิพนธ์
ของ
อรรถสิทธิ์ สำหรับ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร
กุมภาพันธ์ 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาคความเหมาะสมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะชุมชนด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและ
เชื้อเพลิงขยะแข็งในพื้นที่หลุมฝังกลบบ้านคำบอน จังหวัดขอนแก่น



บทคัดย่อ
ของ
อรรถสิทธิ์ สำหรับ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร
กุมภาพันธ์ 2561

อรรถสิทธิ์ สำหรับ. (2561). การศึกษาความเหมาะสมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะชุมชนด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเชื้อเพลิงขยะแข็งในพื้นที่หลุมฝังกลบบ้านคำบอนจังหวัดขอนแก่น. ปรินญาณพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อ.ดร.ณภัทร โพธิ์วัน, ผศ.ดร.วิษชากร จารุศิริ.

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากขยะชุมชนภายในหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครขอนแก่น การวิเคราะห์ความเหมาะสมของการลงทุนผลิตไฟฟ้าใช้วิธีการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ ประกอบด้วย มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราเงินเฟ้อและนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตจากขยะ โดยพัฒนาภาพจำลองเหตุการณ์สำหรับการศึกษาดังกล่าว ผลการวิจัยพบว่าปริมาณขยะชุมชนในหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครขอนแก่นระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง พ.ศ.2557 มีปริมาณทั้งสิ้น 1.108 ล้านตัน ส่วนใหญ่เป็นขยะอินทรีย์ร้อยละ 59 ซึ่งมีศักยภาพเชิงความร้อน 2.09×10^{10} กิโลจูล เมื่อสุ่มตัวอย่างขยะที่พื้นที่จริงโดยวิธี Quartering พบว่า องค์ประกอบขยะที่มากที่สุดคือ พลาสติก มีปริมาณร้อยละ 80 มีความหนาแน่นรวม 146.7 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีศักยภาพเชิงความร้อน 6.20×10^{12} กิโลจูล เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากมีเทน และเชื้อเพลิงขยะแข็งพบว่ามีกำลังการผลิต 3 กิโลวัตต์ และ 4.98 เมกะวัตต์ ตามลำดับ ในขณะที่เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากมีเทนไม่คุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์การลงทุน โดยให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ -1,672,921 บาท และมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิจะมีค่าเท่ากับ 0 เมื่ออัตราการรับซื้อไฟฟ้าเท่ากับ 30 บาทต่อหน่วย ในขณะที่กำลังการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะแข็งให้ผลตอบแทนคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการลงทุน โดยมี มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 44,120,397 บาท อัตราผลตอบแทนร้อยละ 15.6 แต่เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวพบว่า ความอ่อนไหวมีความผันผวนสูง เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบภาพจำลองเหตุการณ์อนาคตในสามกรณี คือ 1) ราคาตลาดปัจจุบันและเศรษฐกิจเติบโตปกติ (BAU) ภาพเหตุการณ์ตลาด 2) สภาพเศรษฐกิจเติบโตสูงและมีการสนับสนุนทุกรูปแบบ 3) สภาพเศรษฐกิจซบเซาไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง พบว่า ภาพเหตุการณ์เศรษฐกิจเติบโตสูงเหมาะสมสำหรับการลงทุน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 185,533,564 บาท อัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 23.1 ความอ่อนไหวมีความผันผวนต่ำ ส่วนกรณีภาพเหตุการณ์ไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง จะไม่เหมาะสมสำหรับการลงทุน และรัฐบาลต้องเพิ่มอัตราซื้อไฟฟ้าจากราคาฐานเป็น 6 บาทต่อหน่วย

A FEASIBILITY STUDY OF POWER GENERATION BY LANDFILL TECHNOLOGY AND
REFUSE DERIVED FUEL TECHNOLOGY IN KHON KHAN MUNICIPAL CITY LANDFILL



AN ABSTRACT
BY
AUTTASIT SARAB

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Degree in Environmental Technology and Resources Management
at Srinakharinwirot University
February 2018

Auttasit Sarab. (2018). *A Feasibility study of Power Generation by Landfill Technology and Refuse Derived Fuel Technology in Khon Kaen Municipal City Landfill*. Master's thesis, M.Sc. (Environmental Technology and Resources Management. Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisory committee: Dr. Naphat Phowan and Asst. Prof. Dr. Witchakorn Charusiri.

This research aims to evaluate the power generation from landfill technology and refuse-derived fuel (RDF) technology from municipal solid waste (MSW) in Khon Kaen municipal city's landfill. The cost-benefit analysis was determined to investigate the appropriateness of an investment in power generation including net present value (NPV), internal return rate (IRR), and the sensitivity analysis such as the inflation rate and the government policy concerning to power generation from MSW also develop for the scenario study. The results indicated that the amount of accumulated MSW in Khon Kaen municipal city's landfill 1998 to 2014 was estimated at 1.108 million tons, mostly food waste (59%) with a thermal potential of 2.09×10^{10} kilojoules. By quartering classification of MSW was found that the highest percentage of waste was plastic (80%), a bulk density of 146.7 kg/m^3 with a thermal potential of 6.20×10^{12} kilojoules. Nevertheless, when evaluating the efficiency of power generation, the results are apparently found that electricity produced by methane and refuse-derived fuels has a capacity of 3 kW and 4.98 MW, respectively. The cost-benefit analysis of methane production capacity is not suitable for investment that NPV is -1,672,921 baht and IRR was 0 when the buying rate of electricity was 30.00 Baht/kWh. While the power generation using RDF was appropriate for investment with NPV of 44,120,397 Baht, IRR of 15.6 and the sensitivity analysis also found to fluctuation. The comparison of the three scenarios; business as usual (BAU), the sparking case and unexpected case, the results indicated that the sparking case suitable for investment at NPV was 185,533,564 Baht and IRR of 23.1% and low volatility. Meanwhile, the unexpected case was not suitable for investment and the feed-in tariff (FiT) subsidy from the government must increase from the regular buying rate to six baht per unit.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การศึกษาความเหมาะสมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะชุมชนด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและ
เชื้อเพลิงขยะแข็งในพื้นที่หลุมฝังกลบบ้านคำบอน จังหวัดขอนแก่น

ของ
นายอรรถสิทธิ์ สำหรับ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร.ณภัทร โพธิ์วัน)

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ)

.....ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชากร จารุศิริ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชากร จารุศิริ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ณภัทร โพธิ์วัน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศุภิกา วานิชชัง)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาความเหมาะสมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะชุมชน ด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเชื้อเพลิงขยะแข็งในพื้นที่หลุมฝังกลบบ้านคำบอนจังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือต่างๆ ที่ผู้วิจัยซาบซึ้งในความอนุเคราะห์เหล่านั้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ณภัทร โพธิ์วัน อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษชากร จารุศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขปริญญานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และ ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้ข้อสังเกต ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์จนทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์มากที่สุด

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ และประสบการณ์อันมีค่ายิ่งในระหว่างที่ผู้วิจัยได้ศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร

ขอขอบคุณ ผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม เทศบาลนครขอนแก่น ที่อำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัย ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและความสะดวกในการดำเนินการวิจัยในพื้นที่ศึกษา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่สนับสนุนการศึกษาและเป็นกำลังใจสำคัญให้ผู้วิจัยมีความมุ่งมั่นและอดทนในการฟันฝ่าอุปสรรคต่าง ๆ

อรรถสิทธิ์ สำหรับ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย	3
ความสำคัญของการวิจัย	4
ขอบเขตการวิจัย	4
สมมุติฐานในการวิจัย	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
แนวความคิดเกี่ยวกับขยะมูลฝอย	6
เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน	10
เทคโนโลยีผลิตพลังงานโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ	12
เทคโนโลยีผลิตแก๊สซิเพคชั่น	13
เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง	18
ศักยภาพในการนำขยะมาผลิตพลังงานในประเทศไทย	19
การศึกษาทางเศรษฐศาสตร์การเงิน	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
การศึกษาคุณลักษณะของขยะมูลฝอย	27
การศึกษารูปแบบการผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยด้วยกระบวนการย่อยสลาย แบบไร้อากาศและกระบวนการแก๊สซิเพคชั่น	28
การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ในการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงาน	32
ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย	43
ตัวแปรสำหรับภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ	45
การรับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed-in Tariff	45
ข้อกำหนดตัวแปรที่ใช้ในภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ	47

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการทดลอง.....	48
ผลการศึกษาศักยภาพในหลุมฝังกลบของขยะมูลฝอย.....	48
ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย.....	62
ผลการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์การเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานไฟฟ้า.....	69
5 สรุปผลการทดลอง.....	83
สรุปผลการวิจัย.....	83
ข้อเสนอแนะ.....	84
บรรณานุกรม.....	85
ภาคผนวก.....	90
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	108

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 คุณลักษณะของเชื้อเพลิงขยะแข็งแต่ละชนิดและระบบเผาไหม้.....	18
2 ปริมาณขยะมูลฝอยในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2548-2553.....	19
3 อัตราบริโภคไฟฟ้าในรูปแบบ Fit ประกาศใช้ในปี 2558 สำหรับกลุ่มชีวภาพ	24
4 แผ่นงาน (Spread sheet) 1.....	33
5 แผ่นงาน (Spread sheet) 2.....	34
6 อัตราภาษีเงินได้บุคคลธรรมดา.....	39
7 ตลาดคาร์บอนรายสัปดาห์ (24 ตุลาคม 2560).....	40
8 แรงขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อปัจจัยหลักในการตัดสินใจ.....	41
9 ตัวแปรภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ.....	45
10 อัตราบริโภคไฟฟ้าในรูปแบบ FIT.....	46
11 จำนวนประชากรในปัจจุบันและอนาคตในเขตพื้นที่แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย.....	50
12 ขยะจากแหล่งต่าง ๆ ที่นำมาทิ้งหลุมฝังกลบบ้านคำบอน.....	55
13 สัดส่วนองค์ประกอบของขยะมูลฝอยเก่า.....	56
14 องค์ประกอบของขยะจากการสุ่มตัวอย่าง.....	59
15 ค่าความร้อนของขยะประเภทต่าง ๆ.....	60
16 ค่าความร้อนของขยะมูลฝอย.....	61
17 พลังงานไฟฟ้าสุทธิ.....	65
18 ค่าความร้อนของขยะมูลฝอยที่สุ่มตัวอย่าง.....	66
19 องค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงขยะแข็ง.....	67
20 สมการการประเมินค่าความร้อนต่ำของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน.....	67
21 ค่าตัวแปรสำหรับการประเมินพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะแข็ง.....	69
22 รายละเอียดเงินลงทุนโรงงานผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ.....	69
23 รายละเอียดด้านการเงินเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ (BAU Case).....	70
24 รายละเอียดเงินลงทุนโรงงานผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง.....	72
25 รายละเอียดด้านการเงินเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง (BAU Case).....	72
26 ตัวแปรในภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ.....	75
28 ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลตอบแทนการลงทุนในกรณีต่าง ๆ.....	75
29 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สมีเทน.....	76

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
30 ตัวแปรในภาพเหตุการณ์ต่างๆ สำหรับเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง.....	78
31 ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลตอบแทนการลงในกรณีต่าง ๆ.....	79
32 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะแข็ง.....	80



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวความคิด.....	4
2 ลำดับกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ.....	11
3 ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการแกซิฟิเคชัน.....	14
4 แกซิไฟเออร์แบบไหลขึ้นและไหลลง.....	15
5 แกซิไฟเออร์แบบไหลวนและฟองอากาศ.....	15
6 แกซิไฟเออร์แบบไหลผ่าน.....	16
7 แกซิฟิเคชันแบบหมุน.....	16
8 แกซิฟิเคชันแบบพลาสมา.....	17
9 รูปแบบการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานด้วยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ และกระบวนการแกซิฟิเคชัน.....	29
10 อัตราดอกเบี้ย.....	38
11 เมทริกซ์ผลกระทบและความไม่แน่นอน.....	43
12 ปริมาณประชากรเทศบาลนครขอนแก่น.....	52
13 พื้นที่หลุมฝังกลบบ้านคำบอน จังหวัดขอนแก่น.....	52
14 ทางเข้าสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย.....	53
15 สภาพแวดล้อมรอบ ๆ สถานที่หลุมฝังกลบ.....	53
16 กองขยะจากบริเวณหลุมฝังกลบบ้านคำบอน.....	54
17 ลักษณะทางกายภาพของขยะของหลุมฝังกลบ.....	54
18 ปริมาณขยะในแต่ละปี.....	55
19 ปริมาณขยะในเขตและนอกเขตเทศบาล.....	56
20 นำขยะจากหลุมฝังกลบจุดต่าง ๆ เทกองรวมกัน.....	57
21 นำขยะจากหลุมฝังกลบมาคลุกเคล้า.....	58
22 สุ่มตัวอย่างขยะด้วยวิธี Quartering.....	58
23 ชั่วหน้านักวิเคราะห์ความหนาแน่น.....	59
24 สัดส่วนองค์ประกอบขยะมูลฝอยที่เผาไหม้ได้.....	60
25 อัตราการเกิดแก๊สจากหลุมฝังกลบบ้านคำบอน.....	63
26 ศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากหลุมฝังกลบบ้านคำบอน.....	64
27 พลังงานไฟฟ้าสุทธิในแต่ละปี.....	64

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
28 เตาเผาขยะแบบฟลูอิดไดซ์เบด.....	68
29 ความสัมพันธ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้กับมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยีหลุม ฝังกลบ (BAU Case).....	71
29 ความสัมพันธ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้กับมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยีหลุม ฝังกลบ (BAU Case).....	71
30 ความสัมพันธ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้กับมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยีหลุม ฝังกลบ (BAU Case).....	71
31 ความสัมพันธ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้กับมูลค่าปัจจุบันสุทธิเทคโนโลยีเชื้อเพลิง ขยะแข็ง (BAU Case).....	73
32 ความสัมพันธ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้กับมูลค่าปัจจุบันสุทธิเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะ แข็ง (BAU Case).....	74
33 ความสัมพันธ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้กับมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยีหลุม ฝังกลบ (Sparking Case).....	77
34 ความสัมพันธ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้กับมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยีหลุม ฝังกลบ (Unexpected Case).....	77
35 ความสัมพันธ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้กับมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยี เชื้อเพลิงขยะแข็ง (Sparking Case).....	81
36 ความสัมพันธ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้กับมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยี เชื้อเพลิงขยะแข็ง (Unexpected Case).....	81

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบัน วิฤติการณ์ด้านพลังงานได้ก่อตัวและทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ทั้งจากผลกระทบของการใช้พลังงาน และการขาดแคลนแหล่งพลังงาน ทำให้ประเทศไทยซึ่งมีแหล่งทรัพยากรด้านพลังงานน้อย ต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และไฟฟ้า เป็นต้น ได้รับผลกระทบอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนอกจากทำให้สูญเสียเงินตราออกนอกประเทศจากการนำเข้าพลังงานแล้ว ยังทำให้เกิดวิกฤติด้านสิ่งแวดล้อมจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ที่เป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน ดังนั้น การแก้ไขปัญหาประเทศไทยจึงจำเป็นต้องมองหาทรัพยากรหรือวัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศในการผลิตพลังงานทดแทน เช่น ชีวมวล (Biomass) วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร (Agricultural residues) และขยะมูลฝอย (Municipal solid waste หรือ MSW) เป็นต้น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงาน และการใช้พลังงานทดแทนควบคู่กับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปขยะให้เป็นพลังงานและใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ได้แก่ 1) เทคโนโลยีการฝังกลบ และระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill gas to Energy) 2) เทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration) 3) เทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (Municipal Solid Waste Gasification : MSW Gasification) 4) เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) 5) เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF) 6) เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ก (Plasma Arc) และ 7) เทคโนโลยีการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ปัญหาขยะมูลฝอยนอกจากจะอยู่ที่ปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแล้ว ยังอยู่ที่การเลือกใช้เทคนิคในการจัดการขยะและประสิทธิภาพในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยด้วย โดยในส่วนของการเลือกใช้เทคโนโลยีในการแปรรูปขยะเป็นพลังงาน ต้องคำนึงถึงประเภทขยะเหล่านั้น

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลของสำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร พบว่าปริมาณขยะมูลฝอยในรอบ 10 ปีที่ผ่านมามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปีงบประมาณ 2557 ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนเกิดขึ้นทั่วประเทศ 26.19 ล้านตัน โดยจังหวัดที่มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นต่อวันมากที่สุด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร 10,800 ตันต่อวัน ชลบุรี 2,398 ตันต่อวัน นครราชสีมา 2,264 ตันต่อวัน สมุทรปราการ 2,025 ตันต่อวัน และขอนแก่น 1,829 ตันต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ. 2558) จากปริมาณขยะที่มีเป็นจำนวนมากนี้สามารถนำกลับมาผลิตใช้เป็นพลังงานได้ จึงนับได้ว่าประเทศไทยมีโอกาสและมีศักยภาพเพียงพอในการผลิตพลังงานทดแทนจากขยะมูลฝอยได้ ซึ่งการนำขยะมาผลิตพลังงานนั้น มีข้อดีหลายประการ ได้แก่ เป็นการช่วยลดปริมาณขยะ ลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะด้านการเกิดภาวะโลกร้อน ช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ลด

การสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศ โดยสามารถสร้างพลังงานขึ้นได้เองในประเทศ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการใช้พลังงานที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดความยั่งยืนสอดคล้องกับนโยบายในการพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน 15 ปี ระหว่าง 2555-2564 ซึ่งมีแผนที่จะทำให้มีการใช้พลังงานทดแทนเป็นสัดส่วน 20% ของพลังงานทั้งหมดเป้าหมายเพื่อสร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้กับประเทศ

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบขยะของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ. 2550) พบว่าองค์ประกอบขยะในประเทศไทยที่มากที่สุดคือขยะมูลฝอยประเภทเศษอาหารและอินทรีย์สาร รองลงมาคือพลาสติก จากข้อมูลองค์ประกอบขยะดังกล่าวข้างต้น ทำให้บริเวณฝังกลบประเทศไทยมีขยะส่วนใหญ่เป็นขยะอินทรีย์ มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย มีความชื้นสูงจึงไม่เหมาะที่จะนำไปกำจัดโดยการเผาและไม่สามารถนำมาผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ดังนั้นจึงนิยมกำจัดโดยวิธีการฝังกลบ ซึ่งพลังงานที่ได้จากการฝังกลบขยะนี้ จะเกิดการย่อยสลายภายใต้กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic Decomposition) และก่อให้เกิดก๊าซชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซอื่น ๆ ก๊าซมีเทนจะมีปริมาณ 45-60% โดยปริมาตร ก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย ถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 400-550 BTU/ft³ (14,893-20,478 kJ/m³) ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของมีเทน ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทนได้หลายรูปแบบ เช่น นำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง นำไปใช้ร่วมกับท่อส่งก๊าซ และอาจจะสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์และเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) ซึ่งการพิจารณาการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของก๊าซชีวภาพ นอกจากจะได้พลังงานทดแทนที่เป็นประโยชน์โดยตรงแล้ว ยังมีประโยชน์ทางอ้อม คือช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) ซึ่งจะก่อให้เกิดปรากฏการณ์โลกร้อน (Global Warming) ในส่วนของขยะอินทรีย์ที่อยู่ในรูปแบบแข็งย่อยสลายยาก เช่น เศษไม้ และขยะกลุ่มที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ ยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นพลังงานโดยกระบวนการแปรรูปทางความร้อน ด้วยเทคโนโลยีแกซิฟิเคชัน (Gasification) แปรรูปขยะให้เป็นพลังงานในรูปก๊าซเชื้อเพลิง (Fuel gases) โดยอาศัยกระบวนการทางเคมี จำกัดปริมาณอากาศหรือออกซิเจน (Oxygen, O_2) หรือไอน้ำ (Steam) เพื่อให้เกิดสภาวะที่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจนในสัดส่วนที่ต่ำกว่าปริมาณที่ทำให้เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์ (หรือทำให้เกิดสภาวะการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ที่มีการควบคุม) ทำให้ชีวมวลเกิดการแตกตัวเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ในรูปของแข็งและก๊าซ โดยก๊าซที่ได้จากกระบวนการนี้มีลักษณะเป็นก๊าซเชื้อเพลิงหลายชนิดปะปนอยู่ ซึ่งจะประกอบไปด้วย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbonmonoxide, CO) ก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen, H_2) ก๊าซมีเทน (Methane, CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide, CO_2) ก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen, N_2) และก๊าซอื่น ๆ เรียกว่า โพรดิวเซอร์ก๊าซ (Producer gas) และหากก๊าซมีความบริสุทธิ์สูงจะประกอบไปด้วยก๊าซหลัก ๆ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) จะเรียกว่า ก๊าซสังเคราะห์ (Synthesis gas, SYNGAS) ซึ่งขยะที่จะใช้ในกระบวนการแกซิฟิเคชันนี้ต้องมีความชื้น

ต่ำ จึงจะทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตเชื้อเพลิงสูงขึ้นและการใช้ประโยชน์จากขยะจากบริเวณฝังกลบต่างๆ ในประเทศไทยเพื่อให้ได้พลังงานสูงสุด (พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า) จึงควรใช้ทั้ง 2 กระบวนการร่วมกัน เทคโนโลยีการแปรรูปขยะให้เป็นพลังงาน เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า สามารถสร้างพลังงานทดแทนได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งในรูป ก๊าซชีวภาพ น้ำมัน และความร้อน และใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า อีกทั้งยังสามารถแก้ไขปัญหาเรื่องการจัดการขยะได้

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความคุ้มค่าในการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง วิเคราะห์ปริมาณก๊าซ ปริมาณก๊าซสังเคราะห์ และพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น รวมทั้งความเป็นไปได้/ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการแปรรูปขยะเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง
2. ศึกษาภาพเหตุการณ์ของการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการนำขยะเปลี่ยนเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้ มุ่งศึกษาเทคโนโลยีและความเหมาะสมของกระบวนการแปรรูปขยะให้เป็นพลังงาน โดยใช้ก๊าซชีวภาพในหลุมฝังกลบและเชื้อเพลิงขยะแข็ง(RDF) รวมทั้งศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และ ความเหมาะสมของผลตอบแทนการลงทุนในสถานการณ์จำลองโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวความคิด

4. ความสำคัญของการวิจัย

ทราบถึงพลังงานและความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ในการนำขยะเปลี่ยนเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการลงทุนในอนาคต

5. ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาเทคโนโลยีและความเหมาะสมของกระบวนการแปรรูปขยะให้เป็นพลังงาน โดยใช้เทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง เปรียบเทียบกับการใช้กระบวนการเดียว รวมทั้งศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และความเหมาะสมของผลตอบแทนในการลงทุน เพื่อหาผลตอบแทนโครงการและต้นทุนแท้จริงเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการลงทุนให้กับทั้งภาครัฐและเอกชนที่สนใจที่จะแปรรูปขยะเป็นพลังงานด้วยกระบวนการดังกล่าว โดยมีขอบเขตของการวิจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. ศึกษาปริมาณขยะบริเวณหลุมฝังกลบบ้านคำบอน จังหวัดขอนแก่น
2. ศึกษาพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ขนาดกำลังผลิตไฟฟ้า 3 กิโลวัตต์สำหรับเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและใช้ขนาดกำลังผลิตไฟฟ้า 4.98 เมกะวัตต์สำหรับเชื้อเพลิงขยะแข็ง

6. สมมุติฐานในการวิจัย

ระบบรวมของเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็งจะสามารถผลิตพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและจะสามารถคืนทุนได้อย่างรวดเร็ว

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

สามารถวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนเชิงพาณิชย์ และใช้เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจในการลงทุนเพื่อแปรรูปขยะให้เป็นพลังงาน และสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนภาครัฐในการกำหนดนโยบายเกี่ยวกับพลังงานทดแทนจากการแปรรูปขยะเป็นพลังงานไฟฟ้า



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาความคุ้มค่าในการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศและกระบวนการแกซิฟิเคชันนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดนำเสนอตั้งหัวข้อต่อไปนี้

1. แนวความคิดเกี่ยวกับขยะมูลฝอย
2. เทคโนโลยีในการผลิตพลังงานจากขยะ
3. ศักยภาพของการแปรรูปขยะเป็นพลังงาน
4. เศรษฐศาสตร์ด้านการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงาน
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แนวความคิดเกี่ยวกับขยะมูลฝอย

1.1 นิยามเกี่ยวกับขยะมูลฝอย

มีผู้ให้ความหมายของ “ขยะมูลฝอย” ไว้ดังนี้

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานฉบับ พ.ศ. 2525 ได้ให้ความหมายของคำว่ามูลฝอย หมายถึง เศษสิ่งของที่ทิ้งแล้ว หยากเยื่อ และขยะ หมายถึง หยากเยื่อ มูลฝอย

พระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ให้คำจำกัดความของคำว่ามูลฝอยไว้ ดังนี้

มูลฝอย (waste) หมายถึง สิ่งของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและอุปโภค ซึ่งเสื่อมสภาพจนใช้การไม่ได้หรือไม่ต้องการใช้แล้วบางชนิดเป็นของแข็งหรือกากของเสีย (solid waste) มีผลเสียต่อสุขภาพทางกายและจิตใจ เนื่องจากความสกปรก เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค ทำให้เกิดมลพิษและทัศนียภาพ

มูลฝอย (solid waste) หมายความว่า เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร ถัง มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. 2550: 3) ได้ให้ความหมายของคำว่า ขยะมูลฝอย หมายถึง สิ่งเหลือใช้และสิ่งปฏิกูลที่อยู่ในรูปของแข็ง ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์และสัตว์ ทั้งจากการบริโภค การผลิต การขับถ่าย การดำรงชีวิตและอื่น ๆ

สิ่งปฏิกูล หมายถึง สิ่งสกปรก ของสกปรก ของเน่าเปื่อย อุจจาระหรือปัสสาวะ และหมายรวมถึงสิ่งอื่นใดซึ่งเป็นสิ่งโสโครกหรือมีกลิ่นเหม็น

ขยะมูลฝอย หมายถึง สิ่งเหลือใช้และสิ่งปฏิกูลที่อยู่ในรูปของแข็ง ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์และสัตว์ทั้งจากการบริโภค การผลิต การขับถ่าย การดำรงชีวิต และอื่น ๆ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2548: 80)

กรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ. 2540: 6) ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับขยะประกอบด้วย

ขยะมูลฝอยชุมชน (municipal solid waste) หมายความว่า ขยะมูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในชุมชน เช่น บ้านพักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานประกอบการ ตลาดสด สถาบันต่าง ๆ รวมทั้งเศษวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้ไม่รวมของเสียอันตรายและมูลฝอยติดเชื้อ

ของเสียอันตราย (hazardous waste) หมายความว่า ของเสียที่มีองค์ประกอบของวัตถุอันตราย ได้แก่ วัตถุระเบิดได้ วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ และวัตถุเปอร์ออกไซด์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุกัดกร่อน วัตถุที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุติดไฟ วัตถุที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง วัตถุอย่างอื่นไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์ หรือสิ่งอื่นใดที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อม

มูลฝอยติดเชื้อ (infectious waste) หมายความว่า ขยะมูลฝอยที่เป็นผลมาจากกระบวนการให้การรักษายาบาล การตรวจวินิจฉัย การให้ภูมิคุ้มกันโรค การศึกษาวิจัยที่ดำเนินการทั้งในคนและสัตว์ ซึ่งมีเหตุอันควรสงสัยว่าหรืออาจมีเชื้อโรค อันได้แก่

ก. ซากหรือชิ้นส่วนของคนหรือสัตว์ที่เป็นผลมาจากการผ่าตัด การตรวจชันสูตรศพ การใช้สัตว์ทดลองเกี่ยวกับโรคติดต่อ

ข. วัสดุมีคม หรือ วัสดุที่ใช้ในการให้บริการทางการแพทย์ การวิจัยในห้องปฏิบัติการ เช่น เข็ม ใบมีด กระบอกฉีดยา สารสี ผ้าก๊อซ ผ้าต่าง ๆ ท่อยาง และอื่น ๆ ซึ่งสัมผัสหรือสงสัยว่าจะสัมผัสกับเลือด ส่วนประกอบของเลือด หรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเลือด หรือสารนำจากร่างกายหรือวัคซีนที่หาจากเชื้อโรคที่มีชีวิต

ค. ขยะมูลฝอยอื่น ๆ ทุกประเภทที่มาจากห้องติดเชื้อร้ายแรง ห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายสูง

ดังนั้นขยะมูลฝอย คือ ของเหลือทิ้งจากขบวนการผลิตและการใช้สอยของมนุษย์ การเติบโตของเมืองที่มีขนาดใหญ่อย่างรวดเร็ว อาจจะมีขยะมูลฝอยที่มีลักษณะแตกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิด เช่น มูลฝอยจากบ้านเรือนส่วนใหญ่จะเป็นเศษอาหารที่เหลือจากการปรุงอาหารและการบริโภค รวมทั้งเศษอาหาร พลาสติกและของที่ไม่ใช้แล้ว มูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรมก็มีลักษณะต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงตามประเภทของอุตสาหกรรมนั้น ๆ มูลฝอยที่ถูกทิ้งอยู่ตามถนน แม่น้ำ ลำคลอง ที่สาธารณะต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะเป็นใบไม้ เศษกระดาษ ขวดพลาสติก เศษดิน เป็นต้น ซึ่งมูลฝอยเหล่านี้หากไม่ได้กำจัดอย่างถูกวิธี นอกจากจะทำให้ชุมชนขาดความสะอาดเรียบร้อย ยังทำให้เกิดปัญหามลพิษต่อสภาพแวดล้อม เป็นแหล่งเพาะพันธุ์และแพร่กระจายของเชื้อโรค ตลอดจนก่อให้เกิดความรำคาญต่าง ๆ

1.2 ประเภทขยะมูลฝอยและแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอย สามารถแบ่งออกได้หลายประเภทตามเกณฑ์ที่ใช้แบ่ง ในที่นี้ขอแบ่งประเภทขยะออกเป็น 4 ประเภทดังนี้ (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. 2550: 19)

1. ขยะทั่วไป (general waste) เป็นขยะจากสำนักงาน ถนนหนทาง การก่อสร้าง ได้แก่ กระดาษ เศษไม้ กิ่งไม้ ฟาง ข้าว แก้ว กระเบื้อง ยาง เศษอิฐ กรวด ทราย ถุงพลาสติก เศษปูน อิฐหัก หิน ทราย ขยะประเภทนี้ไม่เกิดการย่อยสลายและเน่าเหม็น การกำจัดขยะทั่วไป ควรคัดแยกขยะที่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้ก่อนการกำจัด

2. ขยะย่อยสลายได้ หรือขยะอินทรีย์ (organic waste) เป็นขยะจากครัวเรือน ภัตตาคาร โรงอาหาร ตลาดสด และการเกษตรกรรม ได้แก่ เศษอาหาร เศษผัก เศษเนื้อ เศษผลไม้ ซากสัตว์ มูลสัตว์ ขยะประเภทนี้จะเป็นพวกย่อยสลายและเน่าเปื่อยได้ง่าย เพราะว่าเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีความชื้นค่อนข้างสูง ประกอบกับขยะประเภทนี้ มีกลิ่นเหม็น การกำจัดควรพิจารณาความเป็นไปได้ในการหมักทำปุ๋ยก่อน

3. ขยะรีไซเคิล หรือขยะที่สามารถนำไปขายได้ เช่น แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะ อโลหะ

4. ขยะติดเชื้อและขยะอันตราย hazardous waste เป็นขยะจากสถานพยาบาลหรืออื่น ๆ ซึ่งต้องใช้กรรมวิธีในการทำลายเป็นพิเศษ ได้แก่ วัสดุที่ผ่านการใช้ในโรงพยาบาล แบตเตอรี่ กระป๋องสี พลาสติก फिल्मถ่ายภาพ ถ่านไฟฉาย เป็นต้น

แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอยที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งชุมชน กิจกรรมอุตสาหกรรม และกิจกรรมเกษตร เมื่อประชากรเพิ่มขึ้นขยะมูลฝอยก็จะเพิ่มขึ้น ประกอบกับมีการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ทำให้มีขยะมูลฝอยใหม่ ๆ เกิดขึ้นมากมาย ขยะมูลฝอยเหล่านี้มีทั้งขยะมูลฝอยทั่วไปและของเสียอันตราย แต่ละประเภทมีลักษณะแตกต่างกัน สามารถแบ่งตามแหล่งกำเนิดได้ดังนี้

1. ของเสียจากอุตสาหกรรม ของเสียอันตรายทั่วประเทศไทยร้อยละ 73 มาจากระบบอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ยังไม่มีจัดการที่เหมาะสมโดยทิ้งกระจายอยู่ตามสิ่งแวดล้อมและทิ้งร่วมกับมูลฝอย

2. ของเสียจากโรงพยาบาลและสถานศึกษาวิจัย เช่น ขยะติดเชื้อ เศษอวัยวะจากผู้ป่วย และการรักษาพยาบาล รวมทั้งของเสียที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี สารเคมี ได้ทั้งสู่สิ่งแวดล้อมโดยปะปนกับมูลฝอย สิ่งปฏิกูลเป็นการเพิ่มความเสี่ยงในการแพร่กระจายของเชื้อโรคและสารอันตราย

3. ของเสียจากภาคเกษตรกรรม เช่น ยาฆ่าแมลง ปุ๋ย มูลสัตว์ น้ำทิ้งจากการทำปศุสัตว์ ฯลฯ

4. ของเสียจากบ้านเรือนแหล่งชุมชน เช่น หลอดไฟ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ แก้ว เศษอาหาร พลาสติก โลหะ หินไม้ กระเบื้อง ผนัง ยาง ฯลฯ

5. ของเสียจากสถานประกอบการในเมือง เช่น ภัตตาคาร ตลาดสด วัด สถานบันเทิง

1.3 องค์ประกอบที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขยะมูลฝอย

ปริมาณและลักษณะของขยะมูลฝอยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้ (กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ. 2553)

1. ลักษณะชุมชนหรือที่ตั้งของท้องถิ่น ชุมชนการค้า (ตลาด ศูนย์การค้า) จะมีปริมาณขยะมูลฝอยมากกว่าชุมชนที่อยู่อาศัย ส่วนบริเวณเกษตรกรรม จะมีปริมาณขยะมูลฝอยอีกรูปแบบหนึ่ง

2. ความหนาแน่นของประชากรในชุมชน บริเวณที่อยู่อาศัยหนาแน่นปริมาณขยะเก็บมากกว่าบริเวณที่มีประชากรอาศัยอยู่น้อย เช่น บริเวณ แฟลต คอนโดมิเนียม ทาวน์เฮาส์ ซึ่งมีผู้อยู่อาศัยหลาย ครอบครัว ปริมาณขยะมีมาก

3. ฤดูกาล มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณขยะเป็นอย่างมาก เช่น ฤดูที่ผลไม้มีมาก ปริมาณขยะมูลฝอยจากพวกเปลือก เม็ดของผลไม้จะมีมาก เพราะเหลือจากการบริโภคของประชาชน ถ้าผลไม้ยังไม่ออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก ยิ่งทำให้มีเปลือกและเศษผลไม้ทิ้งมากในปีนั้น

4. สภาวะเศรษฐกิจ ชุมชนที่มีฐานะดี ย่อมมีกำลังซื้อสินค้าสูงกว่าชุมชนที่มีฐานะเศรษฐกิจต่ำกว่า จึงมีขยะมูลฝอยมากตามไปด้วย ชุมชนที่มีฐานะเศรษฐกิจดี จะมีขยะมูลฝอยจากบรรจภัณฑ์ เช่น กล่อง กระป๋อง โฟม ถุงพลาสติก ส่วนพวกฐานะที่ไม่ดีมักเป็นเศษอาหาร เศษผัก

5. อุปนิสัยของประชาชนในชุมชน ประชาชนที่มีอุปนิสัยรักษาความสะอาด เป็นระเบียบเรียบร้อยจะมีปริมาณขยะมูลฝอยในการเก็บขนมากกว่าประชาชนที่มีอุปนิสัยมักง่ายและไม่เป็นระเบียบ ซึ่งจะทิ้งขยะมูลฝอยกระจัดกระจาย ไม่รวบรวมเป็นที่เป็นทาง ปริมาณขยะมูลฝอยที่จะเก็บขนจึงน้อยลง แต่ไปมากอยู่ตามลำคลอง ถนนสาธารณะ ถนน ที่สาธารณะ เป็นต้น ตัวแปรอีกตัวหนึ่งคือ พฤติกรรมการบริโภคและค่านิยมของคนแต่ละกลุ่ม มีผลต่อลักษณะของขยะมูลฝอย เช่น กลุ่มวัยรุ่นนิยมอาหารกระป๋อง น้ำอัดลม อาหารใส่โฟม พลาสติก กล่องกระดาษ

6. การจัดการบริการเก็บขยะมูลฝอย องค์ประกอบนี้ก็เป็นผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณขยะมูลฝอย ความไม่สะดวกในการจัดเก็บขยะมูลฝอย ตรอก ซอยแคบมาก ต้องใช้ภาชนะขนถ่ายอีกทอดหนึ่ง ก็ทำให้ปริมาณขยะมูลฝอยเหลือจากการเก็บอีกมาก

7. ความเจริญของอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี เนื่องจากคนบริโภคอาหารสำเร็จรูปกันมากขึ้น จึงมีขยะประเภทภาชนะฟุ่มเฟือย ขวด กระป๋อง กล่อง ถุงพลาสติก ฯลฯ ในปริมาณมาก

1.4 ปริมาณขยะมูลฝอยในประเทศไทย

ผลการสำรวจข้อมูลขยะมูลฝอยทั่วประเทศ ในปี 2556 มีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 26.77 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก ปี 2555 ร้อยละ 8 โดยเขตกรุงเทพมหานคร มีปริมาณขยะมูลฝอย 4.2 ล้านตัน-ประมาณวันละ 8,900 ตัน คิดเป็นร้อยละ 46 ประมาณการจากการเก็บขนของกรุงเทพมหานคร เดือนมกราคม - กันยายน 2555 ในเขตเทศบาลเมืองและเมืองพัทยา มีประมาณวันละ 15,560 ตัน คิดเป็นร้อยละ 38 และในเขตองค์การบริหารส่วนตำบล ประมาณวันละ 16,780 ตัน คิดเป็นร้อยละ 46 ขยะมูลฝอยทั่วประเทศได้รับการจัดเก็บและกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ

ได้เพียงประมาณ 15,540 ตันต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 38 ของปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ และมีการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์เพียง 3,405 ล้านตัน โดยขยะมูลฝอยจะถูกคัดแยกและนำกลับ ขยะรีไซเคิลประเภท แก้ว กระดาษ เหล็ก อะลูมิเนียม ผ่านทางกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ศูนย์วัสดุรีไซเคิลชุมชน ธนาคารขยะรีไซเคิล การเรียกคืนบรรจุภัณฑ์โดยผู้ประกอบการและการซื้อขายวัสดุรีไซเคิลโดยร้านรับซื้อของเก่ารวมประมาณ 3.03 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 89 การนำขยะอินทรีย์มาหมักทำปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ และการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) ประมาณ 0.249 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 7 และการนำมูลฝอยมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงทดแทนประมาณ 0.126 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 4 ของปริมาณการนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ (กรมควบคุมมลพิษ. 2557)

2. เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion)

เป็นกระบวนการหมักของเสียในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน เพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพสำหรับใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า/ความร้อน และได้ผลพลอยได้เป็นปุ๋ยสำหรับปรับสภาพดินที่สามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกพืชได้อย่างปลอดภัย

การหมักคือกระบวนการซับซ้อนที่จุลินทรีย์เปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นไบโอแก๊สในสภาวะไร้อากาศ ไบโอแก๊สที่เกิดขึ้นจะมี ไฮโดรเจน มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นองค์ประกอบ

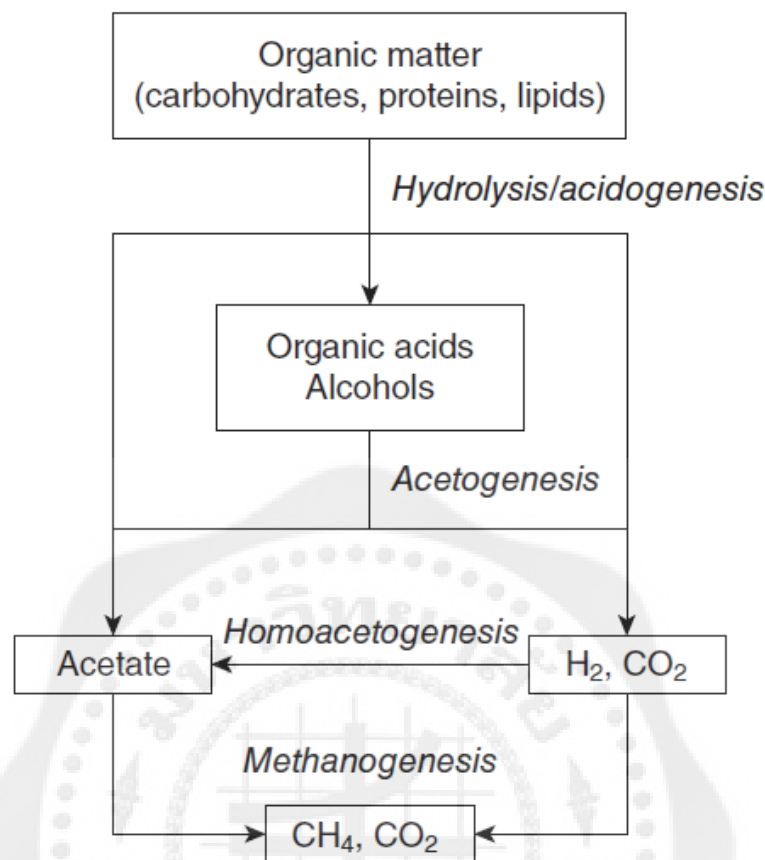
กระบวนการหมักแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์เข้าไปย่อยสลายสารอินทรีย์เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้จะปล่อยเอนไซม์เอกตราเซลลูลาร์ จากนั้นจะย่อยสลายสารประกอบที่มีขนาดใหญ่ให้เล็กลง ทำให้ได้กรดและแอลกอฮอล์

ขั้นที่ 2 อะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis) คือกระบวนการที่เกิดปฏิกิริยาในการปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสให้เป็นกรดที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง และเกิดแอลกอฮอล์

ขั้นที่ 3 อะซิโตเจเนซิส (Acetogenesis) เป็นกระบวนการผลิตไฮโดรเจน เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ได้จาก 2 ขั้นตอนแรก

ขั้นที่ 4 เมทาโนเจเนซิส (Methanogenesis) เป็นกระบวนการเปลี่ยนกรดอะซิเตทให้เป็นมีเทน



ภาพประกอบ 2 ลำดับกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ

ที่มา: K.Stamatelatou. (2012)

การใช้ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนบำบัดขยะชุมชน ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงาน 3 ขั้นตอน คือ

1. การคัดแยกและเตรียมสภาพขยะ (**Front-end Treatment**) ได้แก่ การคัดแยกขยะอินทรีย์ออกจากขยะรวม และการคัดแยกสิ่งปะปนออกจากขยะอินทรีย์ รวมทั้งการเตรียมสภาพขยะอินทรีย์ให้เหมาะสำหรับการหมักในระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน
2. การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (**Anaerobic Digestion**) เป็นขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ และทำให้ขยะคงสภาพ ปราศจากกลิ่นเหม็นและเชื้อโรค
3. การบำบัดขั้นหลัง (**Back-end Treatment**) ได้แก่ การทำให้การย่อยสลายของขยะอินทรีย์สมบูรณ์มากขึ้นโดยใช้ระบบหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศ การฆ่าเชื้อโรค และการทำให้สารปรับสภาพดินมีสภาพที่เหมาะสมและปลอดภัยสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกพืช

ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก ๆ ตามความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ถังหมัก ได้แก่ 1. การหมักแบบแห้ง (Dry Digestion) ซึ่งมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์ และ 2. การหมักแบบเปียก (Wet Digestion) ซึ่งมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งระบบหมักตามอุณหภูมิที่ใช้ในการเดินระบบ ได้แก่ ระบบหมักที่อุณหภูมิระดับกลาง (Mesophilic Digestion Process) และระบบหมักที่อุณหภูมิสูง (Thermophilic Digestion Process)

ปริมาณและคุณภาพของก๊าซชีวภาพจากระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นกับลักษณะสมบัติของขยะอินทรีย์เป็นหลัก นอกจากนี้ยังขึ้นกับการควบคุมระบบและสภาพแวดล้อมของการหมัก ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรีย ปริมาณสารอินทรีย์ อุณหภูมิ ระยะเวลาที่กักเก็บ การผสมคลุกเคล้า ฟีเอช และปริมาณสารยับยั้งแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้ในการผลิตพลังงานได้หลายรูปแบบ เช่น ผลิตไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์ก๊าซ หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำเพื่อผลิตน้ำร้อนหรือไอน้ำ เป็นต้น

การใช้งานเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการบำบัดและผลิตพลังงานจากขยะชุมชน ปัจจุบันมีมากกว่า 160 แห่งทั่วโลก โดยในประเทศไทยมีการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้งานแล้ว ได้แก่ โรงงานผลิตปุ๋ยอินทรีย์และพลังงานจังหวัดระยอง ของเทศบาลนครระยอง โครงการศูนย์กำจัดมูลฝอยรวมจังหวัดชลบุรี ขององค์การบริหารส่วน จังหวัดชลบุรี โครงการกำจัดขยะเกาะช้าง จ. ตรัง ขององค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (อพท.)

3. เทคโนโลยีผลิตพลังงานโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill Gas to Energy)

เป็นการพัฒนาและปรับปรุงระบบฝังกลบขยะเพื่อลดการปล่อยออก (Emission) และกู้คืนก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบขยะ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตพลังงานทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ประกอบด้วย

1. ระบบบำบัดขั้นต้น (Pre-treatment system) ได้แก่ การคัดแยก และการลดขนาด เพื่อปรับปรุงลักษณะสมบัติของขยะให้มีความเหมาะสมสำหรับการย่อยสลายของจุลินทรีย์มากขึ้น (อาจมีหรือไม่ก็ได้)

2. การฝังกลบขยะในพื้นที่ฝังกลบ (Sanitary landfill operation) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ การฝังกลบแบบพื้นที่ การฝังกลบแบบร่อง และการฝังกลบแบบบ่อหรือพื้นที่ลาดเอียง

3. ระบบปิดคลุมพื้นที่ฝังกลบ (Cover systems) ประกอบด้วย การปิดคลุมชั้นฝังกลบรายวัน การปิดคลุมระหว่างชั้นฝังกลบขยะ และการปิดชั้นฝังกลบชั้นสุดท้าย

4. ระบบควบคุมทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำชะขยะ เพื่อควบคุมไม่ให้น้ำชะขยะหรือน้ำจากภายนอกไหลซึมเข้า-ออกพื้นที่ฝังกลบ และระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดิน

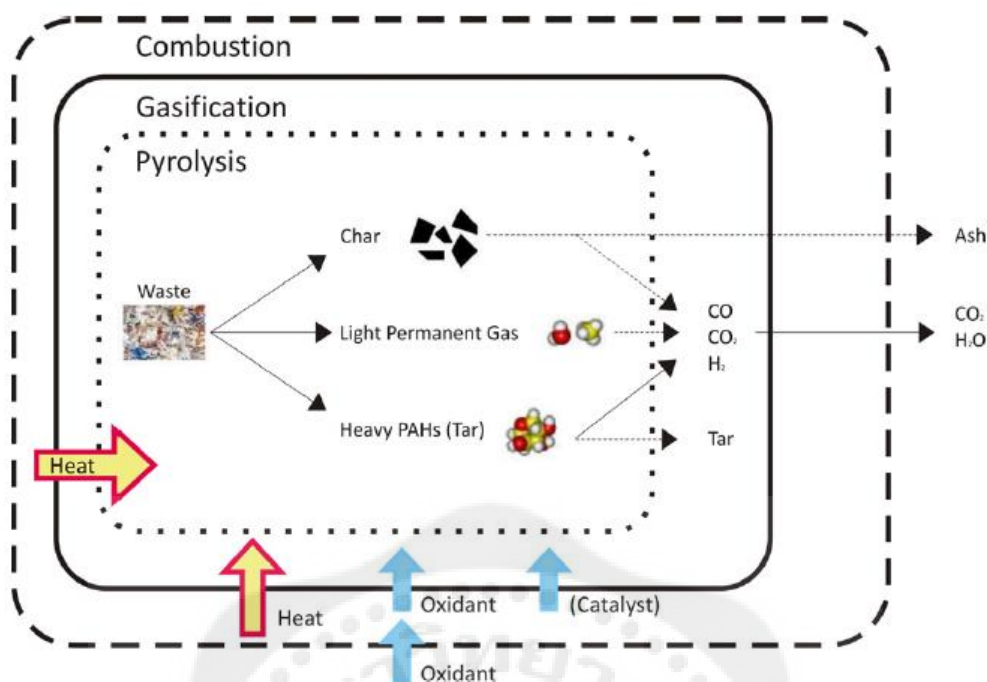
5. ระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพ (Landfill gas collection system) ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยหลุมดูดก๊าซ (Extraction Well) ระบบท่อเมน (Header System) ระบบควบแน่นของเหลวในก๊าซ (Condensate System) และระบบเผาก๊าซส่วนเกิน (Flaring System)

6. ระบบผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ (Gas utilization system) ก๊าซชีวภาพที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงพลังงานได้หลายทางเช่นเดียวกับก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่อาจมีความจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพก๊าซก่อนนำไปใช้ เช่น การกำจัดน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์และสารก่อกวนต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นกับข้อกำหนดคุณภาพก๊าซสำหรับการใช้ประโยชน์ในแต่ละรูปแบบ เทคโนโลยีผลิตพลังงานโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมีการใช้งานกันมากในประเทศแถบอเมริกาเหนือ สำหรับประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้งาน ได้แก่ โครงการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ กำแพงแสน จ. นครปฐม และโครงการผลิตไฟฟ้าราชเทวะ

4. เทคโนโลยีผลิตแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification)

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (MSW Gasification) เป็นกระบวนการทำให้ขยะชุมชนกลายเป็นก๊าซ โดยการทำปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ (Partial Combustion) กล่าวคือ สารอินทรีย์ในขยะ จะทำปฏิกิริยากับอากาศหรือออกซิเจนในปริมาณจำกัด และทำให้เกิดก๊าซซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน เรียกว่า Producer Gas ทั้งนี้ องค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง จะขึ้นกับชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ (Gasifier) สภาพความดันและอุณหภูมิ และลักษณะสมบัติของเชื้อเพลิงแข็ง

กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันซิฟิเคชันเป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปทางด้านเคมีความร้อนที่เปลี่ยนขยะมูลฝอยให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊สหรือซินแก๊สด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันบางส่วนที่ความร้อนอุณหภูมิสูงกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันมีลำดับการดูดความร้อนและคลายความร้อนอย่างต่อเนื่อง (Knoef. 2005)



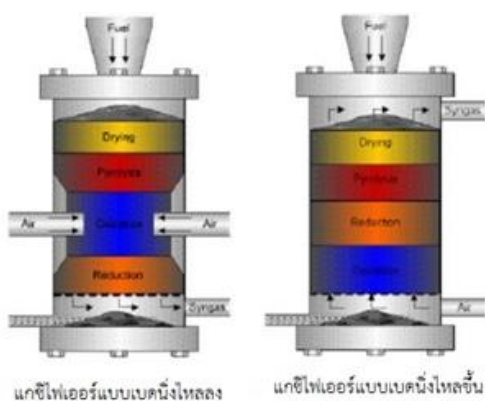
ภาพประกอบ 3 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการแกซิฟิเคชัน

ที่มา: Knoef. (2005).

การเพิ่มความร้อน (Heat) และลดความชื้นที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 160 องศาเซลเซียส ขยะหรือเชื้อเพลิงจะถูกระเหยออกไป ต่อมาจะเกิดกระบวนการไพโรไลซิส ที่อุณหภูมิประมาณ 700 องศาเซลเซียส จะได้ผลผลิตออกมาเป็น น้ำมันดิน (Tar) ถ่าน (Char) คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซเชื้อเพลิง เช่น ไฮโดรเจน เป็นต้น หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เป็นขั้นสุดท้าย ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นคือปฏิกิริยารีดักชัน ทำให้ได้ผลผลิตออกมาเป็นก๊าซเชื้อเพลิง เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรเจน (H₂) ในหลายปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีแกซิฟิเคชันถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง สามารถแบ่งได้เป็น 5 แบบ

4.1 แกซิฟิเคชันระบบเบดนิ่ง (Fixed bed gasifiers)

เตาแกซิฟิเคชันแบบเบดนิ่งสามารถแยกออกได้เป็นสองประเภทคือแบบไหลลง และ แบบ ไหลขึ้น เตาแบบนี้ขยะมูลฝอยจะอยู่ในเตาเผาเป็นลำดับขั้นที่แตกต่างกัน เตาแกซิฟิเคชันแบบเบดนิ่งไหลขึ้นอากาศจะถูกป้อนจากด้านล่างไหลขึ้นสู่ด้านบน สวนกับขยะมูลฝอยที่เคลื่อนที่จากด้านบนลงมาผ่านชั้นลดความชื้น ไพโรไลซิส รีดักชัน และ ออกซิเดชัน แก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จะไหลผ่านด้านบน คุณภาพแก๊สที่ได้จะมีความชื้นสูงและมีการปนเปื้อนถ้าปริมาณมาก เตาแกซิฟิเคชันแบบเบดนิ่งไหลลง ขยะมูลฝอยจะไหลลงมาจากทิศทางเดียวกับอากาศโดยมีลำดับขั้นเหมือนแบบเตาแบบไหลขึ้น คุณภาพแก๊สที่ได้จะมีความชื้นต่ำและแก๊สเชื้อเพลิงมีการปนเปื้อนถ้าปริมาณต่ำ

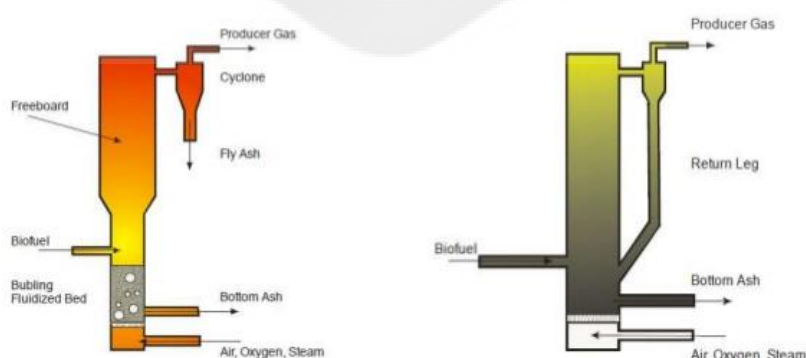


ภาพประกอบ 4 แก๊สไฟเออร์แบบไหลขึ้นและไหลลง

ที่มา: Olofsson. (2005).

4.2 แก๊สไฟเออร์ระบบฟลูอิดไคซ์เบด

เตาเผาแบบนี้สามารถแบ่งได้ 2 แบบคือแบบฟองอากาศ (Bubbling fluidized bed) และแบบไหลวน (Circulating fluidized bed) เตาเผาแบบฟองอากาศ อากาศจะถูกเป่าขึ้นด้านบนผ่านแผ่นที่มีวัสดุเฉื่อยเช่น ททราย อยู่ด้านล่างของเตาเผาพร้อมกับขยะมูลฝอยที่ถูกบำบัดมาเบื้องต้น (U Arena. 2013) ขยะ ก๊าซ วัสดุเฉื่อยจะสัมผัสกันที่อุณหภูมิสูงและเกิดการถ่ายเทมวลและความร้อน แก๊สทั้งหมดจะเกิดขึ้นภายในเตาเผาโดยจะผ่านชั้นมาบริเวณด้านบนเตาเผาที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ว่างและแก๊สจะถูกถ่ายออก ที่บริเวณด้านบนของเตาเผา เตาเผาแบบไหลวนเตาเผาแบบนี้จะมีลักษณะเหมือนกับเตาแบบฟองอากาศแต่แก๊สที่ได้จะถูกนำไปผ่านอุปกรณ์แยกตัวแบบไซโคลน (Cyclone separator) ซึ่งจะเป็นส่วนที่แยกขี้เถ้าออกจากแก๊สที่ได้ และขี้เถ้าจะถูกแยกเข้าไปในห้องเผาไหม้อีกครั้งหนึ่ง

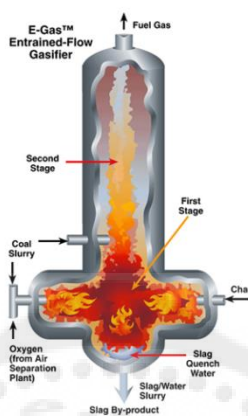


ภาพประกอบ 5 แก๊สไฟเออร์แบบไหลวนและฟองอากาศ

ที่มา: Nainesh Patel. (2014).

4.3 แก๊สไฟเออร์ระบบไหลผ่าน (Entrained flow gasifiers)

เตาแก๊สไฟเออร์แบบนี้จะทำงานที่ความดันสูงประมาณ 25 บาร์ ใช้ถ่านหินทุกประเภทเป็นเชื้อเพลิง ภายในระบบมีอุณหภูมิประมาณ 1200-1500 องศาเซลเซียส

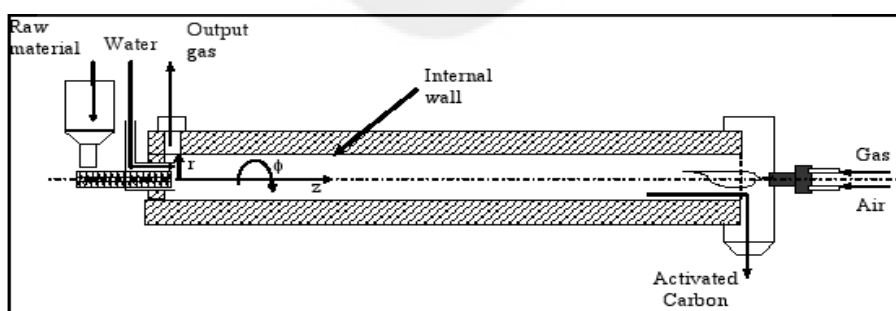


ภาพประกอบ 6 แก๊สไฟเออร์แบบไหลผ่าน

ที่มา: National Energy Technology Laboratory. (2017).

4.4 แก๊สไฟเออร์ระบบหมุน (Rotary kiln gasifiers)

เตาเผาแบบนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการเปลี่ยนขยะเป็นผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ หลักการของเตาแบบนี้คือเคลื่อนขยะมูลฝอยเข้าและออกที่ชั้นอุณหภูมิสูงและผสมขยะมูลฝอย ขยะมูลฝอยจะเคลื่อนตัวไปตามผนังของเตาเผาทรงกระบอกตามการหมุนของเตาเผา เตาแก๊สไฟเออร์ระบบหมุนจะมีประสิทธิภาพพลังงานที่ต่ำกว่าแบบอื่นเล็กน้อย

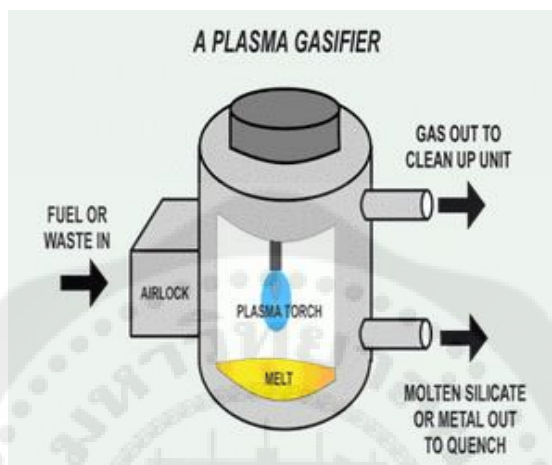


ภาพประกอบ 7 แก๊สไฟเออร์แบบหมุน

ที่มา: O.A. Ortiz. (2007).

4.5 แก๊สไฟเออร์ระบบพลาสมา (Plasma gasifiers)

เตาเผาแบบนี้ให้อุณหภูมิสูงประมาณ 1500 องศาเซลเซียสถึง 5000 องศาเซลเซียส สารอินทรีย์จะถูกเปลี่ยนเป็นซินแก๊สที่มีคุณภาพสูง สารอนินทรีย์จะถูกเปลี่ยนเป็นตะกอน เตาแก๊สพีเคชั่นแบบพลาสมาใช้หัวเผาพลาสมาซึ่งอยู่บริเวณด้านล่างของเตาเผาซึ่งพลาสมาสู่ห้องเผาที่มีคาร์บอนที่จะละลายเป็นสารอนินทรีย์ในขยะ



ภาพประกอบ 8 แก๊สพีเคชั่นแบบพลาสมา

ที่มา: Salman. (2015).

ชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ 1. Fixed Bed Gasifier ได้แก่ Downdraft Gasifier, Updraft Gasifier และ Cross-Current Gasifier และ 2. Fluidized Bed Gasifier ได้แก่ Bubbling Fluidized Bed Gasifier, Circulating Fluidized Bed Gasifier และ Pressurized Fluidized Bed Gasifier การเลือกใช้ชนิดเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier นั้นจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้งานก๊าซเชื้อเพลิง และขนาดกำลังไฟฟ้าที่ต้องการผลิต เป็นต้น

ก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้สามารถใช้งานได้หลายรูปแบบ เช่น การให้ความร้อนโดยตรง เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าโดยใช้กังหันก๊าซ เครื่องยนต์สันดาปภายใน หรือหม้อน้ำ และใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ ทั้งนี้การใช้งานต้องคำนึงถึงคุณภาพของก๊าซเชื้อเพลิง โดยต้องทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงด้วยการกำจัดก๊าซกรด สารประกอบของโลหะอัลคาไลน์ น้ำมันทาร์ และฝุ่นละออง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ลดปัญหาการเสียหายของอุปกรณ์ และป้องกันปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิงมาใช้ในการบำบัดและผลิตพลังงานจากขยะชุมชนมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศแถบยุโรปและญี่ปุ่น สำหรับประเทศไทยยังไม่มีใช้เทคโนโลยีนี้ในการบำบัดและผลิตพลังงานจากขยะชุมชน

5. เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง

เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง(Refuse Derived Fuel) เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ย่อยสลายขยะประเภทที่ไม่สามารถย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ให้เปลี่ยนเป็นพลังงาน เชื้อเพลิงขยะแข็งคือวัตถุดิบที่มีค่าความร้อนสูง สามารถทำให้เกิดการเผาไหม้ และเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า หลักการในการทำเชื้อเพลิงขยะแข็งคือการนำขยะมาคัดแยกขยะประเภทที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ออกเช่น อะลูมิเนียม เศษแก้ว รวมถึงเศษอาหารเนื่องจากมีค่าความชื้นสูง จากนั้นนำขยะที่ถูกคัดแยกผ่านกระบวนการลดขนาดให้มีขนาดเล็ก และนำเข้าสู่กระบวนการลดความชื้น สุดท้ายนำขยะที่ได้อัดเป็นเม็ด(Pellet) และใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับป้อนเข้าสู่โรงงานผลิตไฟฟ้าต่อไป เชื้อเพลิงขยะแข็งที่ได้สามารถจำแนกประเภทได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงขยะแข็งแต่ละชนิดและระบบการเผาไหม้

ชนิด	กระบวนการจัดการ	ระบบการเผาไหม้
RDF : MSW	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ได้ออกมาด้วยมือ รวมทั้งขยะที่มีขนาดใหญ่	Stoker
RDF2 : Coarse RDF	บดหรือตัดขยะมูลฝอยอย่างหยาบๆ	Fluidized Bed Combustor, Multi fuel Combustor
RDF3 : Fluff RDF	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ ออก เช่น โลหะ แก้ว และอื่นๆ มีการบดหรือตัดจนทำให้ 95% ของขยะมูลฝอยที่คัดแยกแล้วมีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว	Stoker
RDF4 : Dust RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการทำให้อยู่ในรูปของผงฝุ่น	Fluidized Bed Combustor, Pulverized Fuel Combustor
RDF5 : Densified RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการอัดแท่ง โดยให้ความหนาแน่นมากกว่า 600 kg/m ³	Fluidized Bed Combustor, Multi fuel Combustor
RDF6 : RDF Slurry	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการให้อยู่ในรูปของ Slurr	Swirl Burner

ตาราง 1 (ต่อ)

ชนิด	กระบวนการจัดการ	ระบบการเผาไหม้
RDF7 : RDF Syngas	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการ Gasification เพื่อผลิต Syn-gas ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซได้	Burner, Integrated Gasification-Combined Cycle(IGCC)

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554).

ข้อดีของการใช้เชื้อเพลิงขยะแข็งเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าคือเชื้อเพลิงขยะแข็งมีค่าความร้อนสูง ใช้ได้กับถ่านหินที่มีพลังงานความร้อนต่ำ ใช้พื้นที่ระบบน้อยสามารถสร้างกระจายตามหลุมฝังกลบแต่ละที่ได้ แต่ก็ยังมีข้อเสียที่ต้องลงทุนสูงคือการต้องมีระบบการคัดแยกขยะก่อนเข้าสู่ระบบและมีผลกระทบต่อหม้อต้มไอน้ำและระบบลำเลียงมากกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ

6. ศักยภาพในการนำขยะมาผลิตพลังงานในประเทศไทย

จากตาราง 2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณขยะในประเทศไทยมีปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงได้มีการศึกษาความเหมาะสมในการนำขยะมาผลิตพลังงานดังต่อไปนี้

ตาราง 2 ปริมาณขยะมูลฝอยในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2548-2553

พื้นที่	ปริมาณขยะมูลฝอย(ตันต่อวัน)					
	2548	2549	2550	2551	2552	2553
กรุงเทพมหานคร	8,291	8,403	8,532	8,780	8,834	8,766
เขตเทศบาลรวมเมืองพัทยา	12,635	12,912	13,600	14,915	16,368	16,620
ภาคกลางและภาคตะวันออก	5,499	5,619	5,780	5,258	5,830	5,918
ภาคเหนือ	2,148	2,195	2,346	2,931	3,255	3,315
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2,906	2,970	3,167	4,267	4,700	4,768
ภาคใต้	2,082	2,128	2,307	2,459	2,583	2,619
นอกเขตเทศบาล	18,295	18,697	18,200	17,369	16,208	16,146
รวมทั้งประเทศ	39,221	40,012	40,332	41,064	41,410	41,532

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ. (2553).

6.1 ความเหมาะสมและศักยภาพของการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยในประเทศไทย

แม้ว่าขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศไทยจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นทุกปี และมีการส่งเสริมและสนับสนุนจากภาครัฐในด้านพลังงานทดแทน แต่ความเป็นไปได้และความแพร่หลายของการผลิตพลังงานทดแทนจากขยะยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องอีกหลายประการ ซึ่งเป็นข้อควรพิจารณาในการนำขยะมูลฝอยมาผลิตพลังงานทดแทน ได้แก่

1. ปริมาณของขยะมูลฝอย เนื่องจากขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในจังหวัด เทศบาลและท้องถิ่นต่าง ๆ ทั่วประเทศมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน และมีการจัดการขยะมูลฝอยที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้น การเลือกนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้ในการจัดการและกำจัดขยะในแต่ละพื้นที่จึงอาจแตกต่างกันไปด้วย เนื่องจากเทคโนโลยีแต่ละเทคโนโลยีมีขนาด (Scale) หรือกำลัง (Capacity) การกำจัดขยะ (คิดเป็นปริมาณขยะที่สามารถกำจัดได้หน่วยตันต่อวัน) และมีความสามารถในการผลิตพลังงานที่ต่างกัน จึงต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบ รวมถึงปริมาณขยะที่ต้องใช้ในการเดินระบบให้สามารถผลิตพลังงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และมีความคุ้มค่าในเรื่องค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

2. คุณสมบัติของขยะมูลฝอย ได้แก่ ความชื้นของขยะและองค์ประกอบของขยะ โดยขยะของประเทศไทยมีเศษอาหารและสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ประมาณ 50% จึงทำให้มีความชื้นสูง นอกจากอินทรีย์สารในขยะแล้ว ในขยะยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่สำคัญอีก เช่น วัสดุรีไซเคิล วัสดุที่เผาไหม้ไม่ได้ เป็นต้น ซึ่งอาจมีสัดส่วนแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของขยะมูลฝอยเพื่อเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมมากำจัดเพื่อผลิตพลังงานให้ได้ประโยชน์สูงสุด

3. ระบบการคัดแยก เป็นประเด็นที่มีความสำคัญยิ่งในการนำขยะมูลฝอยมาผลิตพลังงาน ในปัจจุบันประเทศไทยยังคงมีการทิ้งขยะและเก็บขนขยะปะปนกัน การคัดแยกตั้งแต่ต้นทางหรือที่ครัวเรือนถือว่ายังมีน้อยมาก ซึ่งแตกต่างกับในต่างประเทศที่สามารถแยกขยะประเภทต่าง ๆ ได้ตั้งแต่ต้นทาง ดังนั้นจึงสามารถนำขยะแต่ละประเภทมาทำการกำจัด หรือใช้ประโยชน์ในการแปรรูปเป็นพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมได้ง่าย แต่ถ้าขยะปะปนกันภายในประเทศไทย จะไม่สามารถนำเทคโนโลยีเฉพาะทางมาใช้ในการจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ความพร้อมของบุคลากรในประเทศ เป็นที่พบว่าความรู้ ความชำนาญ และประสบการณ์ของบุคลากรในท้องถิ่นต่าง ๆ เกี่ยวกับเทคโนโลยีการกำจัดขยะมูลฝอยและการผลิตพลังงานจากขยะยังมีน้อย และไม่มีความคุ้นเคยกับเทคโนโลยีอื่นนอกจากการฝังกลบประเด็นนี้มีส่วนสำคัญที่ทำให้เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะไม่สามารถแพร่หลายไปได้ทั่วประเทศและต้องการการสนับสนุนจากภาครัฐและความร่วมมือจากภาคเอกชน

5. การยอมรับของประชาชน ประชาชนส่วนใหญ่คิดถึงขยะว่าเป็นเป็นสิ่งสกปรก ไม่อยากให้โรงงานกำจัดขยะหรือโรงงานผลิตพลังงานจากขยะมาไว้ใกล้บ้านซึ่งเป็นความเชื่อที่ไม่ถูกต้องเพราะมีโรงงานกำจัดขยะและโรงงานผลิตพลังงานจากขยะทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ได้

มาตรฐาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและประชาชน ทั้งยังสามารถช่วยลดปริมาณของเสียและผลิตพลังงานที่เป็นประโยชน์กับสังคมและสร้างความมั่นคงให้กับประเทศ

6. เทคโนโลยี ถึงแม้ว่าจะมีเทคโนโลยีในการกำจัดขยะและผลิตพลังงานที่หลากหลาย แต่มีเทคโนโลยีบางประเภทเท่านั้นที่สามารถผลิตได้ในประเทศเนื่องจากเทคโนโลยีเหล่านี้เป็นเทคโนโลยีที่ถูกคิดค้นขึ้นโดยต่างชาติและมีการพัฒนามาเป็นเวลานานหลายสิบปี และยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องต่อมาจนถึงปัจจุบัน เช่น เทคโนโลยีการเผา ไพโรไลซิส แกซิฟิเคชัน และการหมักก๊าซชีวภาพ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเหล่านี้ขึ้นในประเทศทั้งในสถาบันวิจัยและภาคเอกชน และประสบผลสำเร็จในระดับหนึ่ง ซึ่งควรจะต้องได้รับการสนับสนุนและส่งเสริมให้นำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดขยะและผลิตพลังงานในประเทศ

6.2 การพิจารณาศักยภาพในการนำขยะมาผลิตพลังงาน

แหล่งฝังกลบขยะที่มีศักยภาพในการนำก๊าซมาใช้ประโยชน์ ควรมีหลักเกณฑ์ ดังนี้

1. ปริมาณมูลฝอยที่ถูกฝังกลบมีไม่น้อยกว่า 2 ล้านตัน
2. ปริมาณมูลฝอยที่ถูกฝังกลบในแต่ละวันมีไม่น้อยกว่าวันละ 150 – 400 ตัน/วัน
3. พื้นที่ฝังกลบ 0 – 16 ตารางกิโลเมตร
4. ความสูงของมูลฝอยที่ถูกฝังกลบมากกว่า 12 เมตร

ปัจจุบันแหล่งฝังกลบขยะที่ถูกหลักสุขาภิบาลในประเทศไทยมีอยู่ประมาณ 103 แห่ง แต่ส่วนใหญ่มีปริมาณมูลฝอยที่ฝังกลบไม่มากนัก แหล่งฝังกลบที่มีศักยภาพที่จะนำก๊าซมาใช้ประโยชน์ได้แก่ แหล่งฝังกลบขยะอำเภอกำแพงแสน แหล่งฝังกลบราชาทะเว (ทั้งสองแห่งนี้เป็นแหล่งฝังกลบขยะจากกรุงเทพมหานคร) แหล่งฝังกลบจังหวัดนนทบุรี และ แหล่งฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่

การผลิตพลังงานจากการเผาขยะแบบถูกหลักสุขาภิบาล จำเป็นต้องใช้เตาเผาที่มีประสิทธิภาพซึ่งราคาค่อนข้างสูง สำหรับโรงเผาขยะเพื่อผลิตไฟฟ้าควรมีปริมาณขยะมากกว่า 150 ตันต่อวัน จึงจะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การผลิตก๊าซชีวภาพโดยวิธีการหมักขยะจะต้องคัดแยกขยะ และหมักขยะเฉพาะส่วนที่เป็นขยะอินทรีย์ ก๊าซชีวภาพที่ได้สามารถนำไปใช้ผลิตความร้อนหรือผลิตกระแสไฟฟ้าได้

7. การศึกษาทางเศรษฐศาสตร์การเงิน

การวิเคราะห์และประเมินโครงการเป็นการประเมินภาพรวมทั้งหมดของโครงการ การประเมินเพื่อตัดสินใจลงทุนด้านการเงิน สามารถใช้เครื่องมือในการประเมินดังนี้

7.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิคือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินเข้าและมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินออก มูลค่าปัจจุบันสุทธิใช้ในการวางแผนงบประมาณเพื่อวิเคราะห์กำไรในการลงทุนโครงการต่างๆ มีสูตรในการคำนวณดังสมการ 2.1

$$NPV = \sum_{t=1}^n (B_t / (1+k)^t) - \sum_{t=1}^n (C_t / (1+k)^t) \quad (2.1)$$

เมื่อ

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

B_t = กระแสเงินสดรับสุทธิแต่ละปีตลอดอายุของโครงการ

k = อัตราผลตอบแทนที่ต้องการ

C_t = เงินสดจ่ายลงทุน

n = อายุของโครงการ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวกจะแสดงให้เห็นว่าโครงการที่ดำเนินการได้กำไรสูงกว่าที่คาดการณ์ไว้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิลบจะทำให้เกิดผลขาดทุน เพราะฉะนั้นมูลค่าปัจจุบันสุทธิควรเป็นบวก

7.2 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return)

อัตราผลตอบแทนภายในเป็นตัวชี้วัดที่ใช้วัดความสามารถในการทำกำไรของการลงทุนในโครงการ อัตราผลตอบแทนภายในคิดอัตราดอกเบี้ยทำให้ค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์ การคำนวณใช้สูตรดังสมการ 2.2

$$IRR = \sum_{t=1}^n [(B_t - C_t) / (1+r)^t] = 0 \quad (2.2)$$

เมื่อ

IRR = อัตราผลตอบแทน

B_t = กระแสเงินสดรับสุทธิแต่ละปีตลอดอายุของโครงการ

k = อัตราผลตอบแทนที่ต้องการ

C_t = เงินสดจ่ายลงทุน

n = อายุของโครงการ

สูตรที่ใช้คำนวณมีตัวแปรเดียวกับกับสูตรคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยทั่วไปอัตราผลตอบแทนภายในโครงการจะมีค่าสูงมากซึ่งจะเป็นที่น่าพอใจ ดังนั้นอัตราผลตอบแทนภายในจะสามารถนำไปใช้ในการจัดอันดับความน่าสนใจของโครงการ เช่นถ้าค่าใช้จ่ายในการลงทุนเท่ากัน โครงการที่มีอัตราผลตอบแทนภายในสูงสุดจะน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง

7.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวคือการศึกษาถึงความเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ที่อาจเกิดความเสียหายและความไม่แน่นอน เป็นการทดสอบความมั่นคงของข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์บนผลลัพธ์ของการประมาณค่าความน่าจะเป็นด้วยวิธีการแทนค่าสมมติฐานหรือตัวเลขในการประเมินทางด้านการเงินแบบเดิม แล้วปรับเปลี่ยนค่าไปเรื่อยๆ บนผลลัพธ์ตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ความอ่อนไหว มี 2 แบบ ได้แก่ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวแบบทางเดียว (One way sensitivity analysis) และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวแบบหลายทาง (Multiway sensitivity analysis)

1. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวแบบทางเดียว คือรูปแบบที่ง่ายที่สุดในการวิเคราะห์ความอ่อนไหว โดยเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรที่มีผลกระทบต่อโมเดลเพียง 1 ค่า การวิเคราะห์แบบนี้ทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรนั้นๆ

2. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวแบบหลายทาง คือการวิเคราะห์ที่ใช้ตัวแปรมากกว่า 1 ที่แตกต่างกันเปลี่ยนแปลงพร้อมกัน การวิเคราะห์วิธีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสมดุลของการเปลี่ยนแปลงตัวแปร เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เท่าเดิม

7.4 การวิเคราะห์ผลตอบแทนในกรณีฐาน

เพื่อพิจารณาราคาค่าพลังงาน โดยที่ไม่มีการสนับสนุนทางการเงินใด ๆ ในการลงทุนก่อสร้าง รวมทั้งการดำเนินงานและบำรุงรักษา ทั้งนี้เพื่อจะได้ทราบราคาค่าพลังงานที่เหมาะสมในแต่ละเทคโนโลยี ผลิตพลังงานจากขยะชุมชน หากมีการดำเนินการโครงการตามเงื่อนไขนี้ ซึ่งจะต้องมีการช่วยเหลือให้ราคาค่าพลังงานที่ผลิตได้ให้มีราคาตามผลการวิเคราะห์ทางการเงินดังกล่าว

7.5 นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff
(สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2558)

Feed-in Tariff หรือ Fit คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เพื่อจูงใจให้ผู้ประกอบการเอกชนเข้ามาลงทุนในธุรกิจโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน (เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนมีต้นทุนค่อนข้างสูง) ซึ่งอัตรา Fit จะอยู่ในรูปแบบอัตราซื้อไฟฟ้าคงที่ตลอดอายุโครงการ (มีการปรับเพิ่มสำหรับกลุ่มที่มีการใช้เชื้อเพลิง) โดยอัตรา Fit จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามค่าไฟฟ้าฐานโดยมีอัตราซื้อไฟฟ้าดังตาราง 3

ตาราง 3 อัตราซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Fit ที่ประกาศใช้ในปี 2558 สำหรับกลุ่มชีวภาพ(ขยะ)

กำลังผลิต(MW)	Fit (บาท/หน่วย)			ระยะเวลา สนับสนุน (ปี)	Fit Premium (บาท/หน่วย) สำหรับโครงการกลุ่ม เชื้อเพลิงชีวภาพ (8 ปีแรก)
	Fit _F	Fit _{V,2560}	Fit ⁽¹⁾		
1) ขยะ (การจัดการขยะแบบผสมผสาน)					
กำลังผลิตติดตั้ง ≤ 1 MW	3.13	3.21	6.34	20 ปี	0.70
กำลังผลิตติดตั้ง > 1-3 MW	2.61	3.21	5.82	20 ปี	0.70
กำลังผลิตติดตั้ง > 3 MW	2.39	2.69	5.08	20 ปี	0.70
2) ขยะ (หลุมฝังกลบขยะ)					
ทุกขนาด	5.60	-	5.60	10 ปี	-

หมายเหตุ (1) อัตรา FiTV จะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องตามอัตราเงินเพื่อขึ้นพื้นฐาน

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558).

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Liban Yassin (2552) ศึกษาเทคนิค-เศรษฐศาสตร์ในการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานโดยการเปรียบเทียบกระบวนการแกซิฟิเคชันและกระบวนการเผาไหม้โดยขยะมีองค์ประกอบของคาร์บอน 69.63% ไฮโดรเจน 5.75% ออกซิเจน 22.25% ไนโตรเจน 0.88% ซัลเฟอร์ 0.62% คลอไรด์ 0.87% จากการวิเคราะห์ด้วยสมดุลพลังงานพบว่าพลังงานความร้อนที่ได้มีค่าเท่ากันคือ 29-59 กระบวนการแกซิฟิเคชันผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่ากระบวนการเผาไหม้โดยกระบวนการแกซิฟิเคชันผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 23-27 เมกะวัตต์ และจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิอยู่ที่ 297 ถึง 351 เหรียญต่อตัน มีค่าอัตราผลตอบแทนโครงการ 11.1% ถึง 11.7 % จากผลการทดลองพบว่าการลงทุนนี้มีกำไรและคุ้มค่า

Marcio Montagnana Vicente Leme (2557) วิเคราะห์ด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานจากขยะชุมชนในประเทศบราซิล โดยเปรียบเทียบรูปแบบในการผลิตไฟฟ้า 2 รูปแบบ คือ การเผาและการใช้ก๊าซจากหลุมฝังกลบ ขยะมูลฝอยชุมชนประกอบด้วย เศษอาหาร 52% โลหะและอื่น 16.7% พลาสติก 16% กระดาษ 10% ไม้ 3% สิ่งทอ 2% ยาง 0.4% ประเมินพลังงานด้วย IPCC ผลการประเมินพลังงานพบว่าขยะ 1 ตันสามารถผลิตพลังงานด้วยการเผามากกว่าจากหลุมฝังกลบ โดยปริมาณพลังงานได้ 400 กิโลวัตต์ ชั่วโมง และเมื่อประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ -73,857,512 จากปริมาณ

ชุมชนที่กำลังเผชิญ 500,000 คน จากการประเมินนี้พบว่าการผลิตพลังงานด้วยการเผาชาตุน เนื่องค่าการติดตั้ง ดำเนินการ บำรุงรักษาสูง ซึ่งจะสามารถมีกำไรได้ต้องขึ้นภาษี

Narawute Srisaeng (2560) ประเมินพลังงานและเศรษฐศาสตร์การเปลี่ยนขย่เป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขย่แข็ง ขย่ที่ใช้ในการศึกษาอยู่ที่พื้นที่จังหวัดลำปาง ประเทศไทย เครื่องมือในการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์คือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทน วิเคราะห์ความอ่อนไหวของเงินลงทุนการก่อสร้างและอัตราการรับซื้อไฟฟ้า อัตราการบ่อนเชื้อเพลิงขย่แข็งเป็น 220 ตันต่อวัน สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 5 เมกะวัตต์ โครงการนี้มีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์โดยมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ ± 50 ของต้นทุนทั้งหมด

กฤตภาส มงคลธำรงกุล และประพิราร์ ธารักษ์ (2555) ประเมินความเป็นไปได้โครงการแปรรูปขย่ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยเปรียบเทียบโครงการแปรรูปขย่เป็นไฟฟ้าจากเทคโนโลยีฝักรูปแบบถูกต้องหลักสุขภาพิบาล และโครงการแปรรูปขย่เป็นน้ำมันจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส ด้วยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน กำหนดระยะเวลาโครงการ 15 ปี ตั้งแต่ปี 2550-2564 นอกจากนี้แล้วยังมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้พบว่าโครงการแปรรูปขย่เป็นไฟฟ้าสามารถลงทุนได้ แต่ให้ผลตอบแทน เท่ากับ 9.22% ซึ่งน้อยกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด คือ 10% สำหรับโครงการแปรรูปขย่เป็นน้ำมันมีผลการวิเคราะห์ที่คุ้มค่าต่อการลงทุน โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 116,360,849.09 บาท ผลตอบแทนต่อต้นทุน 1.84 EIRR 32.38% และระยะเวลาการคืนทุน 3 ปี 1.99 เดือน อย่างไรก็ตามการเกิดขึ้นของโครงการแปรรูปขย่เป็นไฟฟ้าและโครงการแปรรูปขย่เป็นน้ำมันจะยิ่งเพิ่มความเป็นไปได้ในการลดปัญหา การกำจัดขย่ของประเทศสูงขึ้น ซึ่งรัฐบาลและเอกชนควรมีส่วนร่วมในการตัดสินใจดำเนินโครงการเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นและเพื่อใช้เงินทุนที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

จันทิมา อุทะกะ (2554) ศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ของการแปรรูปขย่พลาสติกเป็นน้ำมันภายใต้ภาพเหตุการณ์ 3 กรณี คือ ขย่ที่ไม่มีมูลค่า ขย่ที่มีมูลค่าจากการบริหารจัดการภายในของเทศบาล และขย่ที่ต้องจัดซื้อจากแหล่งภายนอก การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วัดความคุ้มค่าโดยการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ และวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ จากการประเมินพบว่าโครงการแปรรูปขย่เป็นน้ำมันนี้จะมีผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อรัฐบาลให้การสนับสนุนด้วยการกำหนดราคารับซื้อน้ำมันที่ผลิตได้ราคาอัตราละ 18 บาท

ปรัชญา กริโส (2555) ศึกษาการทดสอบระบบผลิตพลังงานจากขย่มูลฝอยโดยเทคโนโลยีก๊าซซิพีเคชั่นแบบไหลลง การศึกษานี้ใช้เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงในระดับเครื่องต้นแบบขนาด 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บ่อนเชื้อเพลิงครั้งละประมาณ 300 กิโลกรัม การทดสอบพบว่า ขย่มูลฝอยที่นำมาอัดแท่ง ผสมกับไม้สับอัตราส่วน 3:1 ผลิตพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิง 3.99 MJ/Nm³ อัตราการเกิดก๊าซเชื้อเพลิงเฉลี่ย 22.14 kg/hr อัตราการใช้

เชื้อเพลิงต่อหน่วยไฟฟ้าเฉลี่ย 1.26 kg/kWh ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิง ร้อยละ 80.32 ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบร้อยละ 16.92

สุปรียา แสงมณี วรรัตน์ ปัตตประกร และ พระพิพัฒน์ ภาสบุตร (2555) ศึกษาวิธีการจัดการขยะมูลฝอยโรงเรียนซึ่งเป็นขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นอยู่ทุกพื้นที่ในประเทศไทย แม้ว่าทุกโรงเรียนจะมีการจัดการเพื่อลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้น แต่วิธีการส่วนใหญ่ล้วนแล้วแต่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาทั้งสิ้น งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาค้นคว้าความเหมาะสมในการตั้งโรงแปรรูปมูลฝอยโรงเรียนเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการไพโรไลซิส โดยการวิเคราะห์ศักยภาพจากพื้นที่ที่มีความเสี่ยงด้านต้นทุนจากการขนส่งมากที่สุดคือภาคตะวันตกและภาคใต้ พบว่าพื้นที่ดังกล่าวมีศักยภาพในการผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้ถึง 640,174 ลิตรต่อปี และจากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์พบว่าให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าทุกดัชนี โดยใช้ระยะเวลาในการคืนทุนเพียง 1.55 ปี ให้ค่าเงินปัจจุบันสุทธิที่เป็นบวกคือ 155,656,680 บาท ให้ค่าอัตราผลตอบแทนภายในที่สูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ที่ 83% และให้ค่าอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนที่มากกว่าหนึ่งคือ 2.83 แต่หากพิจารณาถึงต้นทุนการขนส่งพบว่าการตั้งโรงงานเพียงแห่งเดียวในพื้นที่ภาคตะวันตกและภาคใต้ จะทำให้ได้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ลดลงเมื่อค่าขนส่งเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งต้นทุนค่าขนส่งต่ำสุดจะต้องไม่สูงกว่า 156%, 115%, และ 180% ของต้นทุน จึงจะทำให้ค่าเงินปัจจุบันสุทธิเป็นบวก, อัตราผลตอบแทนภายในยอมรับได้, และอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนมากกว่าหนึ่ง ตามลำดับ

อุไรวรรณ ชิกข่า (2553) ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการนำขยะมูลฝอยเก่าจากพื้นที่ฝังกลบในเขตเทศบาลนครภูเก็ต ทำการศึกษาโดยใช้ตัวอย่างขยะมูลฝอยเก่าบริเวณบ่อฝังกลบ เทศบาลนครภูเก็ต ผ่านกระบวนการเชิงกลชีวภาพเป็นเวลา 1 เดือน และ 4 เดือน โดยขยะแต่ละกองมีน้ำหนัก 200 กิโลกรัม จากนั้นนำไปทดสอบค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ พบว่าค่าความร้อนเฉลี่ยของตัวอย่างขยะที่ผ่านกระบวนการเชิงชีวภาพ 4 เดือน มีค่าสูงกว่า 1 เดือน โดยมีค่าความร้อนเป็น 6,568 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และเมื่อวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็น 918 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน มีค่าเป็นร้อยละ 431 ดังนั้นจึงมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาความคุ้มค่าในการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง ประเด็นที่ต้องศึกษา ได้แก่ คุณลักษณะของขยะมูลฝอย รูปแบบการผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง และเศรษฐศาสตร์ในการเปลี่ยนขยะให้เป็นพลังงาน โดยมีแนวทางการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับขยะมูลฝอยในบ่อฝังกลบบ้านคำบอน จังหวัดขอนแก่น
 2. วิเคราะห์ปริมาณก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบ
 3. วิเคราะห์ปริมาณเชื้อเพลิงขยะแข็ง
 4. วิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ใช้แหล่งพลังงานจากก๊าซมีเทนและเชื้อเพลิงขยะแข็ง
 5. ประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์
- ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การศึกษาคุณลักษณะของขยะมูลฝอย

การวิจัยนี้เลือกพื้นที่การศึกษาที่เป็นพื้นที่รองรับขยะมูลฝอยชุมชนจากจังหวัดขอนแก่น คือ หลุมฝังกลบมูลฝอย บ้านคำบอน จังหวัดขอนแก่น โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบขยะ 2 วิธี คือ 1.รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับขยะมูลฝอยจากสำนักงานสิ่งแวดล้อม จังหวัดขอนแก่น 2. วิเคราะห์องค์ประกอบขยะจากพื้นที่หลุมฝังกลบมูลฝอย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ข้อมูลทั่วไป

พื้นที่ศึกษา คือ หลุมฝังกลบบ้านคำบอน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น มีขนาดพื้นที่ทั้งหมด 98 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ฝังกลบขยะของเทศบาลนครขอนแก่น และองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นในจังหวัดขอนแก่น เริ่มใช้เป็นพื้นที่ฝังกลบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2498 จนถึงปัจจุบัน มีการประมาณการว่ามีปริมาณขยะในพื้นที่หลุมฝังกลบนี้ 1,960,000 ล้านลูกบาศก์เมตร

ข้อมูลที่ใช้สำหรับงานวิจัยได้แก่ 1.ข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยน้ำหนักของขยะชุมชน ใช้ประเมินศักยภาพของขยะชุมชนในหลุมฝังกลบบ้านคำบอน 2. ข้อมูลจากเอกสารและการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ด้านวิชาการสิ่งแวดล้อม สำนักงานเทศบาลนครขอนแก่น

1.2 องค์ประกอบของขยะมูลฝอย

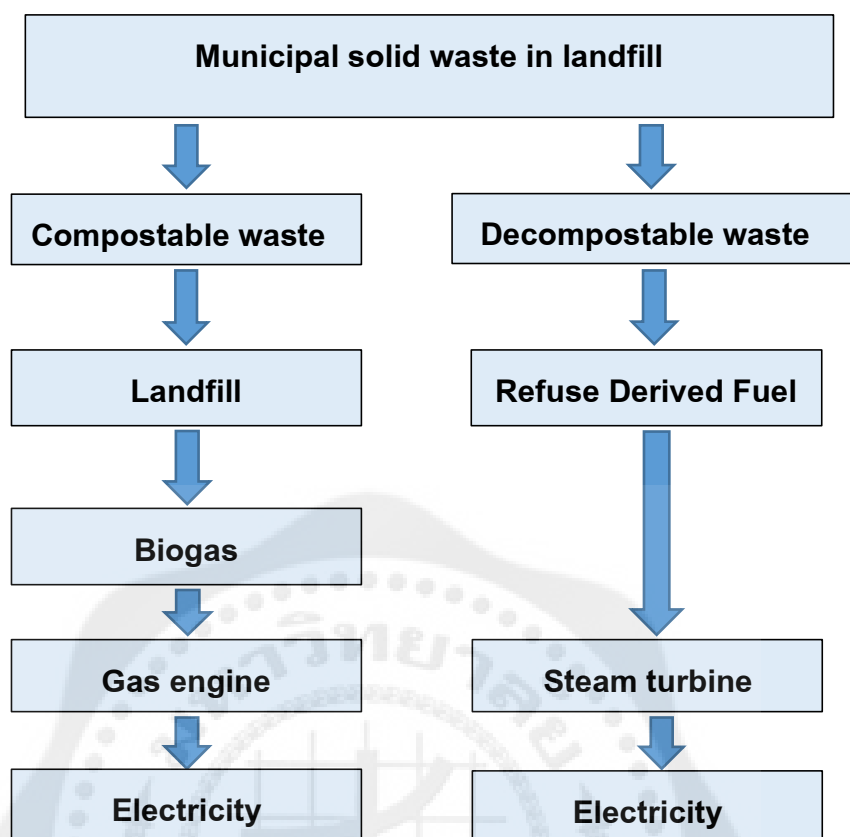
ลักษณะของขยะมูลฝอย สามารถจำแนกออกได้เป็น ด้านกายภาพ ชีวภาพ และเคมี โดยลักษณะของขยะมูลฝอยที่นำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้แบ่งตามประเภทของขยะ เช่น กระดาษ พลาสติก เป็นต้น และคิดปริมาณจากค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยใช้วิธีการ Quartering โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบของมูลฝอยดังนี้

1. สุ่มตัวอย่างมูลฝอยจากกองมูลฝอยรวมประมาณ 1-2 ลูกบาศก์เมตร
2. คลุกมูลฝอยให้เข้ากัน
3. แบ่งมูลฝอยออกเป็น 4 ส่วน (Quartering)
4. เลือกมูลฝอย 2 กองที่อยู่ด้านตรงกันข้ามมารวมกันที่เหลือทิ้งออกนอกกอง
5. นำมูลฝอยกองที่เลือกมาคลุกผสมกันใหม่
6. แบ่งมูลฝอยออกเป็น 4 ส่วน (Quartering)
7. เลือกมูลฝอย 2 กองโดยเป็นคนละด้านกับที่เลือกในครั้งที่ผ่านมา
8. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 6-8 ไปเรื่อย ๆ จนเหลือมูลฝอยประมาณ 50 ลิตร
9. ทำการคัดแยกองค์ประกอบของมูลฝอยทางกายภาพ เช่น เศษอาหาร กระดาษ พลาสติก ไม้
10. ชั่งน้ำหนักขององค์ประกอบแต่ละประเภท และจดบันทึก

2. การศึกษารูปแบบการผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยด้วยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศและกระบวนการแกซิฟิเคชัน

รูปแบบการผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง เป็นกระบวนการที่ใช้ประโยชน์จากขยะที่สามารถย่อยสลายได้และขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ โดยขยะที่สามารถย่อยสลายได้จะถูกย่อยสลายในหลุมฝังกลบ ขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการทำเชื้อเพลิงขยะแข็ง มีรูปแบบดังภาพประกอบ 9 โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้



ภาพประกอบ 9 รูปแบบการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง

2.1 แก๊สชีวภาพจากเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ

แก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นเป็นการย่อยสลายขยะอินทรีย์ที่มี คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เป็นองค์ประกอบ ดังนั้น วัสดุที่ใช้อย่างมาก คือ ขยะจำพวกเศษอาหาร อินทรีย์สารจากหลุมฝังกลบ เป็นต้น การวิเคราะห์ปริมาณแก๊สมีเทนสามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้ Landfill Gas Emissions Model Program (LandGEM version 3.02) ซึ่งได้รับการพัฒนาโดย U.S. Environmental Protection Agency: USEPA (U.S.EPA. 2005) และสามารถคำนวณอัตราการย่อยสลายดังสมการ 3.1

$$Q_{CH_4,i} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 kL_0 \left[\frac{M_i}{10} \right] e^{-kt_j} \quad (3.1)$$

เมื่อ $Q_{CH_4,i}$ คือ อัตราการเกิดแก๊สมีเทน (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)
 k คือ ค่าคงที่ของการปล่อยแก๊สมีเทน (1/ปี)

- L_0 คือ ศักยภาพการเกิดแก๊สมีเทน (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)
 M คือ ปริมาณขยะ (ตัน) i คือปีที่ฝังกลบ j คือเศษส่วนของปี (0.1-0.9)
 t_{ij} คือ ระยะเวลาของปีที่ฝังกลบ
 n คือ จำนวนปีของหลุมฝังกลบ

งานวิจัยนี้ใช้ค่าคงที่ของการปล่อยแก๊สมีเทน (k) กำหนดให้ค่าเท่ากับ 0.06 เมื่อค่าความหนาแน่นของขยะ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดย ค่า L_0 เท่ากับ 121.4 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของขยะเทศบาลทั่วประเทศและจำนวนปีที่ผลิตแก๊สได้คือปีที่ 6 ถึง 20 นับจากเริ่มทำการฝังกลบ (อรอนงค์ บัวอาจ. 2015)

2.2 การคำนวณศักยภาพพลังงานไฟฟ้าจากแก๊สหลุมฝังกลบ

เมื่อกระบวนการย่อยสลายภายในหลุมฝังกลบเป็นไปอย่างต่อเนื่อง จะทำให้เกิดแก๊สมีเทนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และถูกนำไปผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยการใช้เครื่องยนต์แก๊สแบบสันดาปภายใน (Internal gas combustion engine) ที่มีประสิทธิภาพ 33% (O.K.M. Ouda. 2016) ศักยภาพในการผลิตพลังงาน (Power Recovery Potential) และศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสุทธิ (Net Power Generation Potential) สามารถคำนวณได้จากสมการ (3.2) และ (3.3) ตามลำดับ

$$\text{Power Recovery Potential(MW)} = \frac{\text{Total Methane Generation} \times \text{NCV}}{1000} \quad (3.2)$$

$$\text{Net Power Generation Potential(MW)} = \frac{\text{Total Methane Generation} \times \text{NCV} \times \eta}{1000} \quad (3.3)$$

เมื่อ Total Methane Generation คือ ปริมาณมีเทน (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

NCV คือ ค่าความร้อนจำเพาะของแก๊สหลุมฝังกลบมีค่าเท่ากับ (กิโลวัตต์ต่อลูกบาศก์เมตร)

η คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเครื่องยนต์สันดาปภายใน (เปอร์เซ็นต์)

2.3 การคำนวณศักยภาพของการเปลี่ยนความร้อนจากเชื้อเพลิงขยะแข็งเป็นพลังงานไฟฟ้า

เชื้อเพลิงขยะ (RDF) ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเชื้อเพลิงขยะประเภท 5 (RDF 5) ซึ่งเป็นการนำขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้โดยเฉพาะองค์ประกอบที่มีค่าความร้อน (Calorific heating value) สูง กระบวนการผลิตใช้กรรมวิธีคัดแยกขนาด บดย่อย และอัดแท่งจนมีความความหนาแน่นประมาณ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้ความร้อนและสะดวกต่อการ

ป้อนเป็นเชื้อเพลิงเข้าสู่ระบบเผาไหม้ หลังจากที่ได้ขยะเชื้อเพลิงแข็งแล้วนำไปแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยกังหันก๊าซ สามารถประเมินศักยภาพของปริมาณขยะที่จะนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงขยะแข็ง (W) ได้จากสมการ (3.4)

$$W(\text{ton}) = \frac{\text{Volume}_{\text{Landfill}} \times \text{fraction}_{\text{plastic waste}} \times \rho_{\text{rdf}}}{1000} \quad (3.4)$$

เมื่อ	W	คือ ปริมาณเชื้อเพลิงขยะแข็ง (ตัน)
	$\text{Volume}_{\text{Landfill}}$	คือ ความหนาแน่นของหลุมฝังกลบ (ลูกบาศก์เมตร)
	$\text{Fraction}_{\text{plastic waste}}$	คือ อัตราส่วนของขยะพลาสติก (เปอร์เซ็นต์)
	ρ_{rdf}	คือ ความหนาแน่นเชื้อเพลิงขยะแข็ง (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

การคำนวณพลังงานเชิงความร้อน Thermal power (เมกะจูล) ดังสมการ (3.5)

$$\text{Thermal power(MJ)} = W \times \text{HHV}_{\text{rdf}_2} \quad (3.5)$$

เมื่อ	Thermal power	คือ พลังงานเชิงความร้อน (เมกะจูล)
	W	คือ ปริมาณเชื้อเพลิงขยะแข็ง (ตัน)
	$\text{HHV}_{\text{rdf}_2}$	คือ ค่าความร้อนเชื้อเพลิงขยะแข็ง (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)

คำนวณกำลังการผลิตไฟฟ้าสุทธิ Net power generation potential (เมกะวัตต์) แสดงได้ดังสมการ (3.6)

$$\text{NPGP(MW)} = \frac{Q_{\text{rdf}} \times \text{HHV}_{\text{rdf}_2} \times \text{Eff}}{24 \times 3,600} \quad (3.6)$$

เมื่อ	Q_{rdf}	คือ อัตราการป้อนเชื้อเพลิงขยะแข็ง(ตันต่อวัน)
	$\text{HHV}_{\text{rdf}_2}$	คือ ค่าความร้อนเชื้อเพลิงขยะแข็ง (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)
	Eff	คือ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า (เปอร์เซ็นต์)

3. การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ในการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงาน

ดำเนินการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ตามหลักการวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ ดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV)
2. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)

มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปอย่างง่ายสำหรับคำนวณ โดยพัฒนา Spread sheet ในการคำนวณ ซึ่งเลือกใช้ฟังก์ชันทางเศรษฐศาสตร์เพื่อกำหนดสูตรการคำนวณ โดย Spread sheet มีทั้งหมด 2 แผ่นงาน

แผ่นแรก (Input) คือ การกรอกค่าของตัวแปรจำเป็นดังแสดงในตารางที่ 4 ในช่องสีเหลือง ซึ่งสามารถแบ่งตัวแปรออกเป็น 7 หัวข้อใหญ่ ดังนี้

1. เงินลงทุน
2. ส่วนของทุน
3. ค่าเสื่อมราคา
4. รายได้
5. ต้นทุนการผลิต
6. ต้นทุนการบริหาร
7. ผลตอบแทนผู้ถือหุ้น
8. ดอกเบี้ย
9. ต้นทุนเฉลี่ย ไม่ต้องกรอก เพราะดึงข้อมูลมาจากด้านบน
10. ภาษีเงินได้นิติบุคคล กำหนดเป็น 20%

ระบุอัตราการเจริญ (3%) ต่อปี ในสดมภ์ (Column B)

แผ่นที่ 2 (Fin projection) คือ การนำค่าของตัวแปรที่กรอกในแผ่นงานแรก มาคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ในเรื่องของการประมาณการงบกำไรขาดทุน สำหรับแผ่นงานนี้ไม่ต้องกรอกรายละเอียด เพราะข้อมูลแผ่นงานแรก จะถูกนำมาคำนวณอัตโนมัติ ลักษณะแผ่นงานมีดังตาราง 5

ด้านล่างของแผ่นงานที่ 2 คือการวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ โดยใช้ดัชนีชี้วัดคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิและผลตอบแทนโครงการและผู้ถือหุ้น

ตาราง 4 แผนงาน (Spread sheet) 1

ปีที่			0	1	2	...	...	15
เงินลงทุน		บาท/ปี						
ส่วนของทุน								
หนี้สิน			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เงินต้นงวด			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ดอกเบี้ย MLR ลูกค้านี้	13%		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เงินคั่นระหว่างงวด	7	ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เงินต้นปลายงวด			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gross Assets			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าเสื่อม	15	ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Net Assets			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รายได้		บาท/ปี						
ขายไฟฟ้า	3%	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการผลิต		บาท/ปี						
ค่าเช่าที่ดิน	3%	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าวัตถุดิบ	3%	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าอุปกรณ์	3%	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าบำรุงรักษา	3%	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าไฟฟ้า	3%	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าน้ำ	3%	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าชุดล้างบ่อฝักกลบ	3%	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่ากำจัดขยะ	3%	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าเก็บ-ขนขยะ	3%	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าแรงงานสายการผลิต	3%	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการบริหาร		บาท/ปี						
เงินเดือนผู้บริหาร	3%	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ke (ผลตอบแทนผู้ถือหุ้น)	15%							
Kd (ดอกเบี้ย MLR)	13%							
WACC (ต้นทุนเฉลี่ย)	15%							
Tax Rate ภาษีเงินได้นิติบุคคล	20%							

ตาราง 5 แผ่นงาน (Spread sheet) 2

ปีที่	0	1	2	...	15
Consolidated Financial Projection	2016	2017	2018	20..	2030
ประมาณการงบกำไรขาดทุน(Income Statement)					
รายได้จากการขายผลิตภัณฑ์	-	-	-	-	-
ต้นทุนการผลิต	-	-	-	-	-
กำไรขั้นต้น	-	-	-	-	-
ค่าใช้จ่ายในการขายและบริหาร	-	-	-	-	-
EBITDA	-	-	-	-	-
ค่าเสื่อมราคาและค่าตัดจำหน่าย	-	-	-	-	-
กำไรจากการดำเนินงาน	-	-	-	-	-
ดอกเบี้ยจ่าย	-	-	-	-	-
กำไรก่อนหักภาษี	-	-	-	-	-
ภาษี	-	-	-	-	-
กำไรสุทธิ (ล้านบาท)	-	-	-	-	-
ประมาณการงบกระแสเงินสด (Cash Budgeting)					
กระแสเงินสดจากการดำเนินงาน					
กำไรสุทธิ	-	-	-	-	-
บวก ค่าเสื่อมราคาและค่าตัดจำหน่าย	-	-	-	-	-
บวก ดอกเบี้ยจ่ายทุนหมุนเวียนสุทธิ	-	-	-	-	-
(เพิ่ม) ลดเงินลงทุนหมุนเวียนสุทธิ	-	-	-	-	-
(เพิ่ม) ลดเงินสดสำรอง	-	-	-	-	-
(เพิ่ม) ลดลูกหนี้	-	-	-	-	-
(เพิ่ม) ลดสินค้าคงคลัง	-	-	-	-	-
กระแสเงินสดจากการดำเนินงานสุทธิ					
กระแสเงินสดจากการลงทุน					
รายจ่ายในการลงทุนเพื่อสินทรัพย์ระยะยาว	-	-	-	-	-
กระแสเงินสดจากการลงทุนสุทธิ					
กระแสเงินสดจากกิจกรรมจัดหาเงิน					
ดอกเบี้ยจ่าย	-	-	-	-	-
เพิ่ม (ลด) เงินเบิกล่วงหน้าเกินบัญชี	-	-	-	-	-
เพิ่ม (ลด) เงินกู้ยืมระยะยาว	-	-	-	-	-
เพิ่ม (ลด) ส่วนของทุน	-	-	-	-	-
กระแสเงินสดจากการจัดหาเงินสุทธิ	-	-	-	-	-
Free Cash Flow to Firm	15%				
Free Cash Flow to Equity Holders	15%				

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้ คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative analysis) เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนที่แท้จริงของธุรกิจ วิเคราะห์ราคาขายและคำนวณปริมาณเงินสดขายหรือเงินสนับสนุนที่ภาครัฐควรเพิ่มให้กับน้ำมันที่มาจากการแปรรูปขยะ

3.2.1 การวิเคราะห์ต้นทุน

วิเคราะห์ต้นทุนเฉลี่ยต่อปี โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2560 ซึ่งต้นทุนทั้งหมดของธุรกิจจะประกอบด้วยต้นทุนการผลิตและต้นทุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิต โดยต้นทุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตคือ ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการและการขาย

1. ต้นทุนการผลิต ประกอบด้วย

- ขยะ
- ค่าเครื่องจักร
- ค่าที่ดิน/ค่าเช่าที่ดิน
- ค่าวัสดุอุปกรณ์
- ค่าไฟ
- ค่าน้ำ
- ค่าแรงงานที่ใช้ในการผลิตโดยตรง
- ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ คิดกับสินทรัพย์ที่มีอายุการใช้งาน

มากกว่า 1 ปี โดยคำนวณค่าเสื่อมราคาตามวิธีเส้นตรง (straight line method) ดังสมการ 3.3

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \frac{\text{ราคาทุน} - \text{ราคาซาก}}{\text{อายุการใช้งาน}} \quad (3.3)$$

- ค่าปรับพื้นที่ตัดจำหน่าย คิดค่าใช้จ่ายตามอายุสัญญาเช่าที่ดินดังสมการ 3.4

$$\text{ค่าปรับพื้นที่} = \frac{\text{ค่าปรับพื้นที่}}{\text{อายุสัญญาเช่าที่ดิน}} \quad (3.4)$$

- ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาอุปกรณ์
- ค่าประกันภัย
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ เป็นค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดต่างๆ

2. ต้นทุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิต

- ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ เช่น ค่าโทรศัพท์สำนักงาน ค่าเงินเดือนผู้บริหาร ค่าเสื่อมราคาอาคารสำนักงาน
- ค่าใช้จ่ายในการขาย คือค่าใช้จ่ายที่ช่วยส่งเสริมการขาย เช่น ค่าโฆษณา ค่าขนส่งของ ค่าแรงงานของพนักงานส่งของ

3.2.2 วิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยหลักการดังกล่าว จะทำให้ทราบถึงความเหมาะสมและความเป็นไปได้สำหรับการลงทุนของธุรกิจ โดยใช้หลักเกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา และทำการวิเคราะห์ด้วยดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าต่างๆ ดัชนีชี้วัดที่ใช้คือ

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV)

หมายถึง ผลต่างของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิแต่ละปีตลอดอายุโครงการกับกระแสเงินสดจ่ายของเงินลงทุนตั้งสมการ 3.5

$$NPV = B - C \quad (3.5)$$

เมื่อ

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

B = มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับ

C = มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย

จากสมการ 3.6 ย่อมมีโอกาสเกิดเหตุการณ์ขึ้นได้ 3 กรณี คือ

1. $B - C = 0$ แสดงว่าผลตอบแทนเท่ากับต้นทุน หรือจุดคุ้มทุน กล่าวคือโครงการไม่มีกำไรไม่ขาดทุน
2. $B - C > 0$ แสดงว่าผลตอบแทนมากกว่าต้นทุน โครงการมีกำไร
3. $B - C < 0$ แสดงว่าผลตอบแทนน้อยกว่าต้นทุน โครงการนั้นขาดทุน

จากสมการ 3.6 เป็นการพิจารณาโครงการลงทุนเพียงปีเดียว ถ้าโครงการลงทุนมีหลายปี กระแสเงินสดรับ หรือผลตอบแทนจะมีหลายจำนวน ดังสมการ 3.6

$$NPV = \sum_{t=1}^n (B_t / (1+k)^t) - \sum_{t=1}^n (C_t / (1+k)^t) \quad (3.6)$$

เมื่อ

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

B_t = กระแสเงินสดรับสุทธิแต่ละปีตลอดอายุของโครงการ

k = อัตราผลตอบแทนที่ต้องการ

C_t = เงินสดจ่ายลงทุน

n = อายุของโครงการ

2. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)

คืออัตราผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการลงทุน หรือหมายถึงอัตราดอกเบี้ยได้ก็ ตามที่ใช้เป็นอัตราคิดลดซึ่งมีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นศูนย์สำหรับอัตราผลตอบแทน ภายในโครงการที่ได้ศึกษาดังนี้

- Financial Internal Rate of Return (FIRR) ใช้สำหรับการวิเคราะห์โครงการ ด้านการเงินเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าเสียโอกาสของทุน หรืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืม ถ้า FIRR มี ค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยของเงินกู้ยืม ถือว่าโครงการนั้นคุ้มค่าการลงทุนด้านการเงิน

- Economic Internal Rate of Return (EIRR) ใช้สำหรับการวิเคราะห์โครงการ ด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าเสียโอกาสของทรัพยากรที่นำมาใช้ในโครงการ หรือ ค่าเสียโอกาสเงินทุน ซึ่งถ้าค่า EIRR มีค่ามากกว่าค่าเสียโอกาสเงินทุน ถือว่าโครงการมีความคุ้มค่า ต่อการลงทุน โดยสูตรการคำนวณค่า IRR เป็นดังสมการ 3.9

$$IRR = \sum_{t=1}^n [(B_t - C_t) / (1+r)^t] = 0 \quad (3.9)$$

เกณฑ์ในการตัดสินใจที่จะยอมรับโครงการ คือ อัตราผลตอบแทนภายในของ โครงการ มีค่าสูงกว่าค่าเสียโอกาสของทุน แสดงว่าการลงทุนโครงการนี้จะคุ้มค่าเพราะผลตอบแทน ของเงิน ที่ใช้ไปในโครงการจะสูงกว่าใช้เงินไปในทางเลือกอื่น

3.3 การวิเคราะห์ภาพเหตุการณ์ตลาดเติบโตปกติ (BAU Case Analysis)

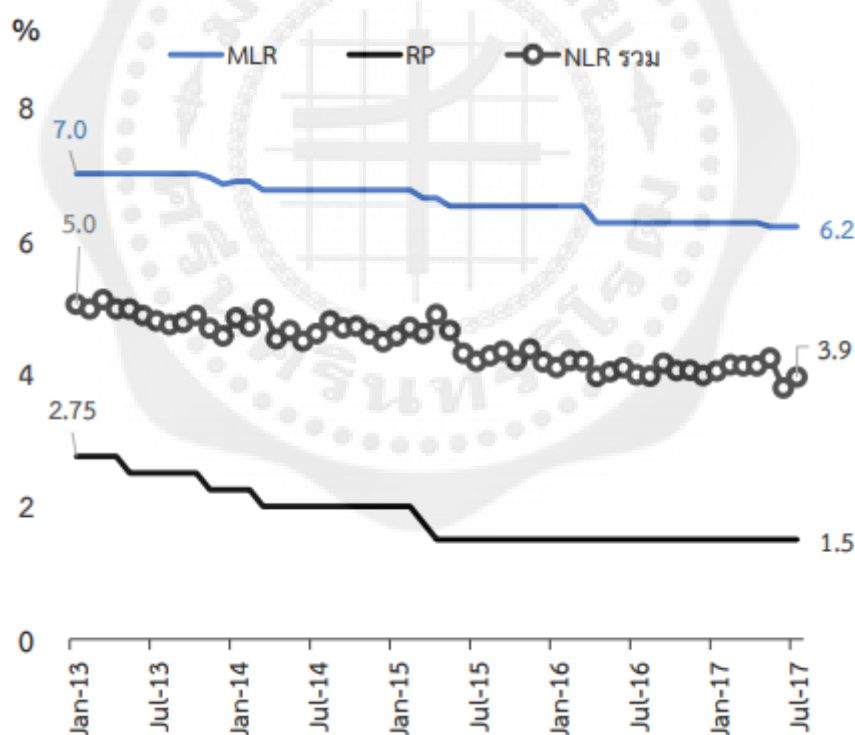
ภาพเหตุการณ์ตลาดเติบโตปกติเป็นภาพเหตุการณ์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ด้าน การเงินในปัจจุบัน ตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ได้แก่ ราคาเทคโนโลยี อัตราเงินเฟ้อ อัตราดอกเบี้ย และ อัตราภาษี

International energy agency ได้รายงานเกี่ยวกับราคาเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้าจาก พลังงานหมุนเวียนจะมีแนวโน้มลดลง (World energy outlook. 2016) ต้นทุนของเทคโนโลยี พลังงานทดแทนคาดว่าจะลดลงไปอีก 25 ปีข้างหน้า ต้นทุนที่ลดลงนี้ขึ้นอยู่กับ การปรับปรุงพัฒนา เทคโนโลยีและนักพัฒนาที่มีประสบการณ์มากขึ้น จากภาพเหตุการณ์สมมติที่ถูกสร้างขึ้น 450 เหตุการณ์พบว่าภายใต้สถานการณ์นโยบายใหม่จะทำให้ต้นทุนเฉลี่ยทั่วโลกลดลงร้อยละ 20

จากรายงานนโยบายการเงิน ฉบับเดือนกันยายน 2560 (ธปท. 2560) พบว่าเศรษฐกิจ โลกมีแนวโน้มขยายตัวได้ต่อเนื่องส่งผลให้เศรษฐกิจของประเทศไทยขยายตัวชัดเจนต่อเนื่อง อัตรา เงินเฟ้อทั่วไปในช่วง 2 เดือนแรกของไตรมาสที่ 3 ปี 2560 ปรับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากราคาพลังงาน ตามราคาน้ำมันขายปลีกในประเทศและค่าไฟฟ้าผันแปร (FT) ที่เพิ่มขึ้น ขณะอัตราเงินเฟ้อพื้นฐาน ทรงตัว

ในช่วงที่ผ่านมา อัตราเงินเฟ้อทั่วไปทรงตัวในระดับต่ำกว่าที่เคยประเมินไว้เนื่องจากผลของปัจจัยด้านอุปทานที่มากขึ้นโดยเฉพาะราคาอาหารสด นอกจากนี้ ราคาอาหารสดที่ลดลงยังส่งผลให้อัตราเงินเฟ้อพื้นฐานกลุ่มอาหารทรงตัวในระดับต่ำ ในระยะต่อไป อัตราเงินเฟ้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จากแรงกดดันเงินเฟ้อด้านอุปสงค์ที่ค่อยๆ ปรับสูงขึ้นตามแนวโน้มเศรษฐกิจที่ปรับตัวดีขึ้น และแรงกดดันเงินเฟ้อด้านอุปทานที่มีแนวโน้มปรับเพิ่มขึ้นตามการปรับขึ้นอัตราภาษีสรรพสามิต ค่าจ้างแรงงานที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากมาตรการจัดระเบียบแรงงานต่างด้าวและการขึ้นอัตราค่าจ้างขั้นต่ำในปี 2561 อย่างไรก็ตาม ปัจจัยเชิงโครงสร้าง เช่น กระแสการทำธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์และกระแสโลกาภิวัตน์ที่ทำให้การแข่งขันระหว่างผู้ประกอบการเพิ่มมากขึ้น รวมถึงเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าขึ้นช่วงลดต้นทุนการผลิตลงได้ จะส่งผลให้อัตราเงินเฟ้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้อย่างช้าๆ โดยคณะกรรมการฯ จึงปรับลดประมาณการอัตราเงินเฟ้อทั่วไปในปี 2560 และ 2561 มาอยู่ที่ร้อยละ 0.6 และ 1.2 ตามลำดับ

เมื่อตรวจสอบสภาวะการเงินพบว่าภาวะการเงินยังผ่อนคลายทำให้อัตราดอกเบี้ยระยะสั้นในตลาดการเงินส่วนใหญ่อยู่ในระดับใกล้เคียงกับอัตราดอกเบี้ยนโยบาย มีรายละเอียดดัง



ภาพประกอบ 10 อัตราดอกเบี้ย

ที่มา: ธปท. (2560).

ภาพประกอบ 10 อัตราผลตอบแทนพันธบัตรรัฐบาลปรับลดลงทุกช่วงอายุ โดยอัตราผลตอบแทนระยะสั้นปรับลดลงมากในเดือนกรกฎาคม

จากการประชุมคณะรัฐมนตรีในวันที่ 19 เมษายน 2559 ที่ประชุมมีมติเห็นชอบการปรับปรุงโครงสร้างภาษีเงินได้บุคคลธรรมดาตามที่กระทรวงการคลังเสนอ มีอัตราภาษีเงินได้ดังตาราง 6 ทำให้การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนต้องตรวจสอบรายรับจากการขายไฟฟ้าแล้วจึงปรับอัตราภาษีเงินได้ให้ตรงตามที่รัฐบาลกำหนด

ตาราง 6 อัตราภาษีเงินได้บุคคลธรรมดา

เงินได้สุทธิต่อปี(บาท)	อัตราภาษีเงินได้(ร้อยละ)
0-150,000 บาท	ได้รับการยกเว้น
150,001-300,000 บาท	5
300,001-500,000 บาท	10
500,001-750,000 บาท	15
750,001-1,000,000 บาท	20
1,000,001-2,000,000 บาท	25
2,000,001-5,000,000 บาท	30
5,000,001 บาทขึ้นไป	35

ที่มา: กรมสรรพากร. (2559)

3.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

ความเหมาะสมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะ นอกจากการวิเคราะห์ข้อมูลและการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์แล้วประเด็นที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมคือการวิเคราะห์ความอ่อนไหว เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนในกรณีมีสถานการณ์และการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อต้นทุนและผลประโยชน์ของธุรกิจ โดยในการศึกษาครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะ โดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านต้นทุนและผลประโยชน์ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเพิ่มขึ้นตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะทางเศรษฐกิจที่มีความผันผวนตลอดเวลา

เนื่องจากการปรับตัวของปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนของโครงการ เช่น ราคาไฟฟ้า ราคาน้ำมัน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการผลิตสินค้าในปัจจุบัน

กรณีที่ 2 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านอัตราการรับซื้อไฟฟ้า โดยกำหนดให้อัตราการรับซื้อไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากราคาเทียบเท่าถ่านหิน ซึ่งอัตราการรับซื้อนี้เป็นตัวกำหนดความเชื่อมั่นของโครงการในขั้นเบื้องต้น

3.5 การวิเคราะห์คาร์บอนเครดิต

วิเคราะห์ตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism หรือ CDM) กลไกนี้กำหนดให้ประเทศในกลุ่ม Annex 1 สามารถดำเนินโครงการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ร่วมกับประเทศในกลุ่ม Non- Annex 1 ได้ โดยราคาคาร์บอนในปัจจุบันดังตารางที่ 7

ตาราง 7 ตลาดคาร์บอนรายสัปดาห์(24 ตุลาคม 2560)

วันที่	ราคา EUAs แบบส่งมอบทันที (ยูโร/ตัน)	ราคาสัญญาซื้อ ขาย EUAs ล่วงหน้าสำหรับ ส่งมอบในเดือน ธันวาคม 2015 (ยูโร/ตัน)	ราคา CERs แบบส่งมอบทันที (ยูโร/ตัน)	ราคาสัญญาซื้อ ขาย CERs ล่วงหน้าสำหรับ ส่งมอบในเดือน ธันวาคม 2015 (ยูโร/ตัน)
24 ต.ค. 2017	7.46	7.47	0.19	0.18

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2560).

3.6 การสร้างภาพจำลองเหตุการณ์อนาคต

การวิเคราะห์ภาพเหตุการณ์อนาคตจำเป็นต้องมีการจำลองสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม โดยพิจารณาปัจจัยที่จะมีผลกระทบต่อเหตุการณ์อนาคตซึ่งเกิดจากปัจจัยที่สำคัญต่าง ๆ เช่น การเติบโตของประชากร การเติบโตทางเศรษฐกิจ การคมนาคม นโยบายทางการเมืองและเศรษฐกิจ จากวิธีการสร้างภาพเหตุการณ์อนาคต (บันทึก อีอีอาร์. 2557) ปัจจัยในการตัดสินใจ ได้แก่ 1. นโยบายของนักการเมือง 2. เศรษฐกิจ 3. สิ่งแวดล้อม 4. สังคม 5. เทคโนโลยี 6. เงื่อนไขนานาชาติ 7. ทรัพยากร โดยมีรายละเอียดดังตาราง 8 เมื่อจัดเรียงความไม่แน่นอนซึ่งแสดงผลดังภาพ 11 พบว่าปัจจัยหลักที่มีผลกระทบได้แก่ 1. เศรษฐกิจ 2. ทรัพยากร 3. เทคโนโลยี

ตาราง 8 แรงขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อปัจจัยหลักในการตัดสินใจ

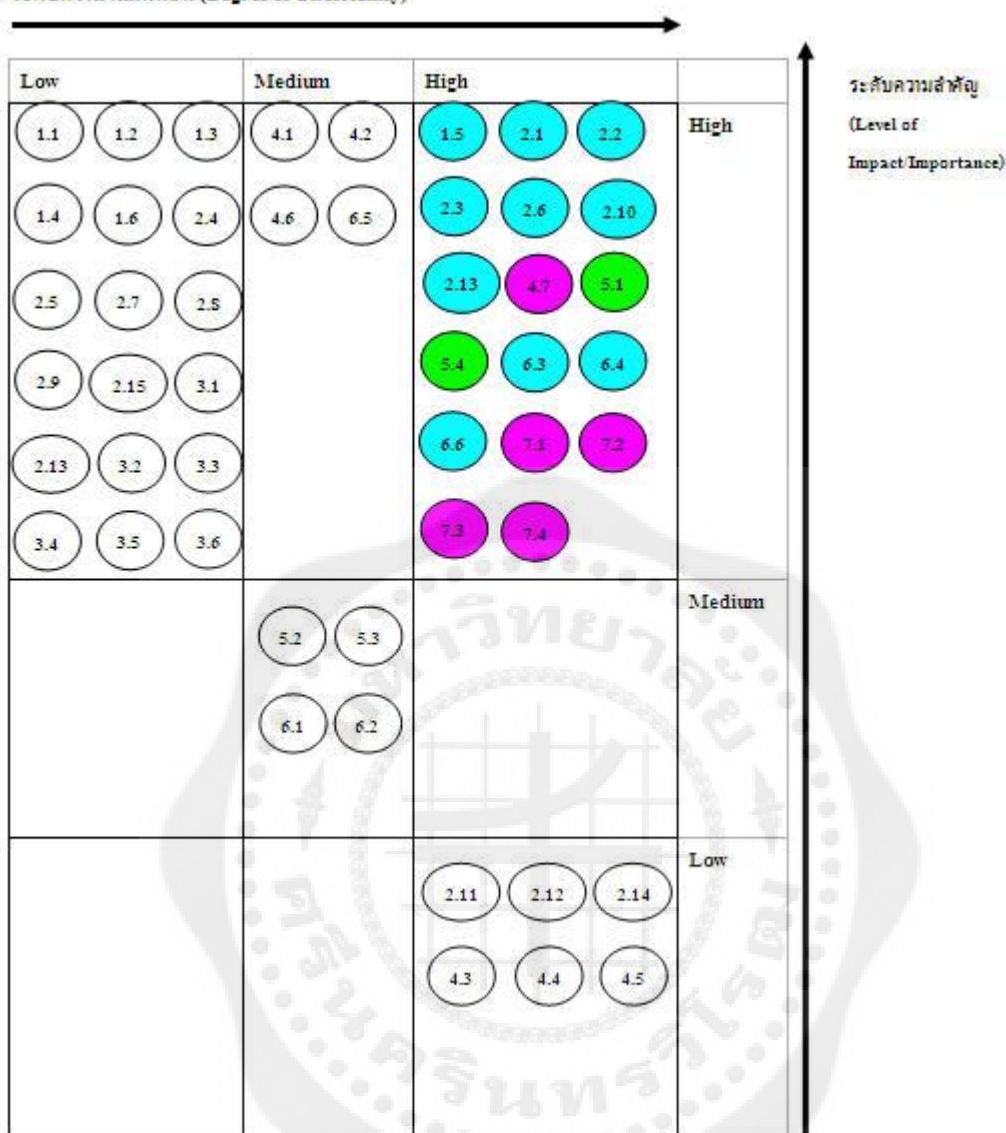
Key Decision Factors(KDFs)	แรงขับเคลื่อน(Forces and Driver)
1.นโยบายของนักการเมือง	1.1 มาตรการภาครัฐ 1.2 กฎหมาย 1.3 การสนับสนุนและส่งเสริม 1.4 งบประมาณแผ่นดิน 1.5 การเมือง 1.6 ยุทธศาสตร์และแผนงาน
2. เศรษฐกิจ	2.1 GDP 2.2 การผลิต การนำเข้า ส่งออก 2.3 การลงทุน 2.4 รายได้และค่าใช้จ่ายครัวเรือน 2.5 โครงสร้างอุตสาหกรรม 2.6 ราคาพลังงาน 2.7 อัตราดอกเบี้ย 2.8 อัตราเงินเฟ้อ 2.9 อัตราแลกเปลี่ยน 2.10 การขยายตัวอุตสาหกรรม 2.11 ค่าใช้จ่ายภาครัฐ 2.12 FTA 2.13 การแข่งขันและกลไกราคา 2.14 การเก็งกำไรตลาดเงิน 2.15 การท่องเที่ยว
3. สิ่งแวดล้อม	3.1 Emission Standard 3.2 CDM 3.3 นโยบายด้านสิ่งแวดล้อม 3.4 ภัยพิบัติ 3.5 ผลกระทบจากมลภาวะ 3.6 นโยบายพลังงานทดแทน

ตาราง 8 (ต่อ)

Key Decision Factors(KDFs)	แรงขับเคลื่อน(Forces and Driver)
4. สังคม	4.1 ขนาดครัวเรือน ชุมชน 4.2 การศึกษา 4.3 การอพยพย้ายถิ่นแรงงาน 4.4 NGOs 4.5 ภูมิปัญญาท้องถิ่น 4.6 จำนวน โครงสร้างประชากร(ช่วงอายุ) 4.7 ทศนคติ จิตสำนึกประชาชน
5. เทคโนโลยี	5.1 ราคาเทคโนโลยี 5.2 นวัตกรรมใหม่(อุปกรณ์) 5.3 การวิจัยและพัฒนา 5.4 การลงทุนด้านนวัตกรรมใหม่
6. เงื่อนไขนานาชาติ	6.1 ความร่วมมือระหว่างประเทศและภูมิภาค 6.2 สนธิสัญญา 6.3 การลงทุนของต่างชาติ 6.4 การแข่งขันและกลไกราคาระหว่างประเทศ 6.5 ความขัดแย้งทางศาสนาและกลุ่มเชื้อชาติ 6.6 สงครามและก่อการร้าย
7. ทรัพยากร	7.1 ปริมาณสำรอง 7.2 การค้นพบแหล่งพลังงานใหม่ 7.3 การจัดหาจากต่างประเทศ 7.4 ศักยภาพพลังงานในประเทศ

ที่มา: บัณฑิต เอื้ออาภรณ์. (2557).

ระดับความไม่แน่นอน (Degree of Uncertainty)



ภาพประกอบ 11 เมทริกซ์ผลกระทบและความไม่แน่นอน

ที่มา: บัณฑิต เอื้ออาภรณ์. (2557).

จากปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อเหตุการณ์ในอนาคต จึงได้นำปัจจัยเหล่านี้สร้างภาพเหตุการณ์แบบ exploratory (Exploratory scenario) ซึ่งคือการเปลี่ยนแปลงสมมติฐาน แล้วจึงคาดการณ์ภาพเหตุการณ์ในอนาคต โดยมีผลการเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

1. ปัจจัยเศรษฐกิจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงดอกเบี้ยเงินกู้ อัตราเงินเฟ้อ และภาษีเงินได้
2. ปัจจัยทรัพยากรมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ไฟฟ้า
3. ปัจจัยเทคโนโลยีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงราคาเทคโนโลยี

4. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

4.1 เงินลงทุน

1. เงินลงทุน คือ ค่าเครื่องจักรและค่าก่อสร้าง
2. ส่วนของทุน คือ อัตราส่วนระหว่างหนี้สินหารด้วยเงินลงทุน
3. เงินคืนระหว่างงวด กำหนดเป็น 7 ปี

4.2 ต้นทุนการผลิต

ต้นทุนการผลิต คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการผลิต และเพิ่มขึ้น 3% ทุกปี ยกเว้นค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 5% ต่อปี

1. ค่าเช่าที่ดิน คิด 0 บาท เนื่องจากอยู่ในพื้นที่หลุมฝังกลบ
2. ค่าวัตถุดิบ คือ ราคาขยะที่นำมาอัดเป็นเชื้อเพลิงขยะแข็ง 358 บาทต่อตัน
3. ค่าบำรุงรักษา กำหนดเป็น 5% ของเงินลงทุน ทุกกรณี
4. ค่าสาธารณูปโภค ค่าไฟหน่วยละ 1.666 บาท และค่าน้ำหน่วยละ 15.81 บาท
5. ค่าแรงงานสายผลิต คนละ 18,000 บาทต่อเดือน จำนวน 12 คน
6. ค่าขนส่งวัตถุดิบ คิดราคา 10,000 บาทต่อเที่ยวต่อ 10 ตัน
7. ค่าเก็บ-ขนขยะ คิดราคา 97.66 บาทต่อตัน
8. ค่ากำจัดขยะ คิดราคา 132.62 บาทต่อตัน
9. ค่าชุด-ล้างขยะจากบ่อฝังกลบ กำหนด ที่ 150 บาทต่อตัน ทุกกรณี

4.3 ต้นทุนการบริหาร

ต้นทุนการบริหารเพิ่มขึ้น 3% ทุกปี คิดเฉพาะกรณีผู้ประกอบการ

1. ค่าเงินเดือนของผู้บริหาร (2 คน คนละ 100,000 บาทต่อเดือน)
2. พนักงานในสำนักงาน (4 คน คนละ 25,000 บาทต่อเดือน)

4.4 รายได้

รายได้ คือ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

1. ราคาขายไฟฟ้า 5.6 บาทต่อหน่วย

4.5 ดอกเบี้ยเงินกู้

กำหนดเป็นดอกเบี้ย MLR ของลูกค้าชั้นดี โดยคิดอัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ 15 ปี คือ 13% (ธนาคารกรุงเทพ. 2560)

4.6 ค่าเสื่อมราคา (Gross asset)

คิดเฉพาะค่าเครื่องจักรโดยหารด้วยจำนวนปีโครงการ และไม่คิดค่าที่ได้จากการขายซาก

4.7 ผลตอบแทนผู้ถือหุ้น กำหนดเป็น 15%

4.8 ภาษีเงินได้นิติบุคคล กำหนดเป็น 20%

4.9 ระยะเวลาโครงการ กำหนดเป็น 15 ปี

4.10 ระยะเวลาทำงาน กำหนด 1 ปีทำงาน 320 วัน

5. ตัวแปรสำหรับภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ

จากการใช้ข้อมูลราคาตลาดปัจจุบัน และปัจจัยในการตัดสินใจต่าง ๆ เพื่อสร้าง key decision factor ภาพเหตุการณ์อนาคตที่ถูกสร้างขึ้น กำหนดให้มี 3 ภาพเหตุการณ์ ได้แก่

1.กรณีตลาดเติบโตปกติ (BAU Case) คือกรณีในสภาวะปกติเป็นไปตามมาตรการของรัฐบาล ดอกเบี้ยเงินกู้เป็นไปตามประกาศของธนาคาร อัตราการรับซื้อไฟฟ้าเป็นไปตามประกาศกระทรวงพลังงาน ปี 2558

2.กรณีตลาดเติบโตเพื่อผู้ได้รับการสนับสนุน (Sparking Case) คือกรณีที่เกิดภาวะขยี้ล้นเมืองหรือขาดแคลนพลังงาน ทำให้รัฐบาลต้องออกมาตรการสนับสนุนมากยิ่งขึ้น

3.กรณีตลาดไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ (Unexpected Case) คือกรณีที่เศรษฐกิจไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ ทำให้รัฐบาลขาดสภาพคล่องจึงไม่ออกมาตรการสนับสนุน

โดยตัวแปรที่ใช้สำหรับภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ เป็นดังตาราง 9

ตาราง 9 ตัวแปรภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ

ตัวแปร	BAU Case	Sparking Case	Unexpected Case
เงินลงทุน	ปกติ	ลดลงร้อยละ 15	ปกติ
ดอกเบี้ยเงินกู้ (เปอร์เซ็นต์)	13	7	15
อัตราการรับซื้อไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)	5.6	5.6	3.8
อัตราเงินเฟ้อ (เปอร์เซ็นต์)	3	3	6
ภาษีเงินได้ (เปอร์เซ็นต์)	20	10	20

6. การรับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed-in Tariff (กระทรวงพลังงาน. 2558)

Feed-in Tariff (FiT) คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เพื่อจูงใจผู้ประกอบการเอกชนเข้ามาลงทุนธุรกิจโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน สูตรโครงสร้าง FiT ประกอบด้วย 1.อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนคงที่ (FiT_F) ซึ่งจะคงที่ตลอดอายุโครงการ 2.อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน (FiT_V) จะปรับเปลี่ยนตามค่าอัตราเงินเฟ้อขั้นพื้นฐาน (Core inflation) เฉลี่ยของปีก่อนหน้า ตามประกาศของกระทรวงพาณิชย์ 3.อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (FiT Premium) แสดงสูตรได้ดังสมการ (3.1) และจากโครงสร้าง FiT รัฐบาลประกาศ

$$FiT_i = FiT_F + FiT_{V,i-1} \times (1 + Core\ inflation_{i-1}) + FiT\ Premium \quad \dots\dots\dots(3.10)$$

อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ในปี 2558 ของกลุ่มพลังงานชีวภาพ แสดงดังตาราง 10

ตาราง 10 อัตราารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT

กำลังผลิต(MW)	FiT (บาท/หน่วย)			ระยะเวลา สนับสนุน (ปี)	FiT Premium (บาท/หน่วย)	
	FiT _F	FiT _{V,2560}	FiT ⁽¹⁾		สำหรับโครงการ กลุ่มเชื้อเพลิง ชีวภาพ (8 ปีแรก)	สำหรับโครงการ ในพื้นที่จังหวัด ชายแดนภาคใต้ ⁽²⁾
ขยะ(การจัดการแบบผสมผสาน)						
กำลังผลิตติดตั้ง ≤ 1 MW	3.13	3.21	6.34	20 ปี	0.70	0.50
กำลังผลิตติดตั้ง > 1-3 MW	2.61	3.21	5.82	20 ปี	0.70	0.50
กำลังผลิตติดตั้ง > 3 MW	2.39	2.69	5.08	20 ปี	0.70	0.50
ขยะ (หลุมฝังกลบขยะ)						
ทุกขนาด	5.60	-	5.60	10 ปี		0.50
ชีวมวล						
กำลังผลิตติดตั้ง ≤ 1 MW	3.13	2.21	5.34	20 ปี	0.50	0.50
กำลังผลิตติดตั้ง > 1-3 MW	2.61	2.21	4.82	20 ปี	0.40	0.50
กำลังผลิตติดตั้ง > 3 MW	2.39	1.85	4.24	20 ปี	0.30	0.50
ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)						
ทุกขนาด	3.76	-	3.76	20 ปี	0.50	0.50
ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)						
ทุกขนาด	2.79	2.55	5.34	20 ปี	0.50	0.50

หมายเหตุ (1) อัตรา FiTV จะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องตามอัตราเงินเฟ้อขึ้นพื้นฐาน (Core Inflation)

(2) โครงการในพื้นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาส และ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา

6. ข้อกำหนดตัวแปรที่ใช้ในภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ

การศึกษานี้กำหนดตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับการประเมินความเหมาะสมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1.ระยะเวลาโครงการ

กำหนดให้ระยะเวลาโครงการ คือ 15 ปี เนื่องจากโครงการเชื้อเพลิงขยะแข็งเป็นโครงการที่ใช้ปริมาณขยะจากหลุมฝังกลบ โดยไม่คิดปริมาณขยะที่เข้ามาเพิ่มในแต่ละวัน เมื่อป้อนเชื้อเพลิงขยะแข็งอัตรา 50 ตันต่อวัน จะทำให้ขยะในหลุมฝังกลบหมดภายใน 15 ปี

2.ระยะเวลาการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใน 1 ปี

กำหนดให้ 1 สัปดาห์หยุด 1 วัน ดังนั้น 1 ปีผลิตกระแสไฟฟ้า 320 วัน

3.อายุโรงไฟฟ้า

กำหนดให้ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้ามีประสิทธิภาพคงที่ในระยะเวลา 15 ปี

4.การประเมินประชากรในอนาคต

ประเมินจากการเพิ่มของประชากรแบบเส้นตรง (Linear Population Growth)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดลองในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาศักยภาพการผลิตพลังงานความร้อนของหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย
 2. ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย
 3. ผลการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ในการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานไฟฟ้า
- ซึ่งแต่ละผลการทดลองมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาศักยภาพการผลิตพลังงานความร้อนของหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย

การศึกษาศักยภาพเชิงความร้อนของขยะมูลฝอยบริเวณหลุมฝังกลบบ้านคำบอน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ได้ประเมินจากปริมาณองค์ประกอบขยะในพื้นที่หลุมฝังกลบโดยใช้ข้อมูล 2 ชุด ได้แก่ 1. ปริมาณขยะที่สะสมในหลุมฝังกลบและองค์ประกอบของขยะ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้จากฝ่ายสิ่งแวดล้อมของเทศบาลนครขอนแก่น 2. การลงพื้นที่สุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยในหลุมฝังกลบบ้านคำบอน

1.1 ประชากรในพื้นที่แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย

ข้อมูลประชากรในพื้นที่แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย เป็นการสรุปประชากรในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2550 – พ.ศ. 2559 ซึ่งประกอบด้วยประชากรตามทะเบียนราษฎร์และประชากรแฝงของเทศบาลนครขอนแก่นและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ที่ได้นำขยะฝังกลบที่หลุมฝังกลบบ้านคำบอน

1.1.1 ประชากรตามทะเบียนราษฎร์

ในปี พ.ศ. 2559 เทศบาลนครขอนแก่น มีประชากรทั้งหมด 120,045 คน มีพื้นที่ 46 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นความหนาแน่น 2,609 คนต่อตารางกิโลเมตร จากจำนวนประชากรย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ. 2550 - 2559) ทำให้สามารถคาดการณ์ประชากรในอนาคตได้ดังตาราง 11 แต่เนื่องจากจำนวนประชากรในบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการปกครองจาก องค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) เป็นเทศบาล ทำให้ข้อมูลประชากรบางส่วนในเขต อบต.เปลี่ยนไปอยู่ในเขตเทศบาล ดังนั้น ในการคำนวณหาอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรของ อบต.ที่มีแนวโน้มลดลงจะใช้ค่าเฉลี่ยจาก อบต.ทั้งหมดมาเป็นตัวอ้างอิงในการหาจำนวนประชากรในอนาคต

1.1.2 ประชากรแฝง

ในปี พ.ศ. 2559 ประชากรแฝงของเทศบาลนครขอนแก่น มีจำนวน 48,000 คน สำหรับการคาดการณ์จำนวนประชากรแฝงในอนาคต จะใช้การคำนวณตามอัตราส่วนการเพิ่มของจำนวนประชากรในเขตเทศบาลนครขอนแก่น ซึ่งเป็นแบบอัตราการเพิ่มแบบโลจิสติก (Logistic) ซึ่งเท่ากับ 0.05 คนต่อปี ดังแสดงในตาราง 11



ตาราง 11 จำนวนประชากรในปัจจุบันและอนาคตในเขตพื้นที่แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย พ.ศ. 2548-2565

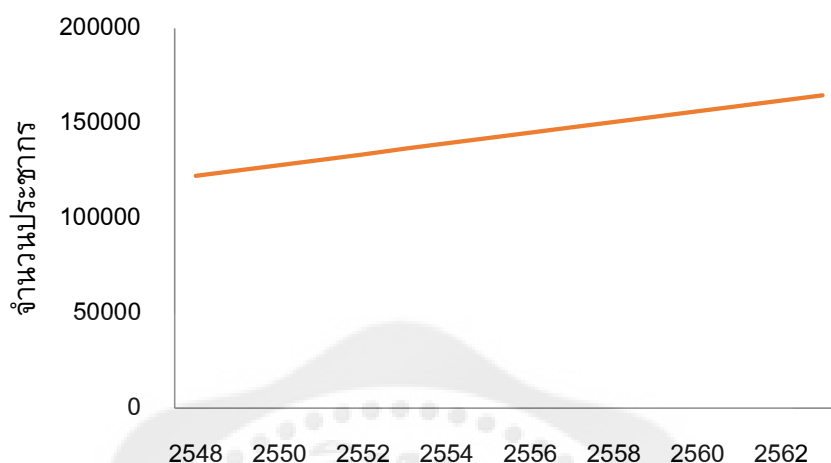
ลำดับ	อปท. ที่นำขยะฝังกลบ บ้านคำบอน	ประชากร (คน)								
		2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556
1	เทศบาลนครขอนแก่น	122,370	125,199	128,028	130,857	130,857	136,515	139,344	142,173	145,002
	ประชากรแฝง	48,000	48,300	48,601	48,601	48,901	49,502	49,802	50,103	50,403
2	เทศบาลตำบลท่าพระ	9,057	9,069	9,080	9,080	9,092	9,115	9,126	9,138	9,149
3	อบต.ท่าพระ	9,763	9,824	9,884	9,884	9,945	10,067	10,127	10,188	10,249
4	อบต.เมืองเก่า	22,280	22,943	23,605	23,605	24,268	25,593	26,256	26,919	27,582
5	อบต.ศิลา	41,605	42,574	43,543	43,543	44,512	46,450	47,419	48,388	49,356
6	อบต.บ้านเป็ด	25,156	25,830	26,503	26,503	27,177	28,524	29,198	29,872	30,545
7	อบต.พระลับ	19,900	20,195	20,490	20,490	20,785	21,375	21,670	21,965	22,260
8	อบต.บึงเนียม	7,170	7,209	7,248	7,248	7,287	7,365	7,404	7,443	7,482
	รวม	307,849	313,692	319,532	319,532	325,375	337,059	342,900	348,744	354,584

ตาราง 11 (ต่อ) จำนวนประชากรในปัจจุบันและอนาคตในเขตพื้นที่แหล่งกำเนิดขยะมลผอย พ.ศ. 2548-2566

ลำดับ	อปท. ที่นำขยะฝังกลบ บ้านคำบอน	ประชากร (คน)									
		2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2566	
1	เทศบาลนครขอนแก่น	147,831	150,660	153,489	156,318	159,147	161,976	164,805	167,634	170,463	
	ประชากรแฝง	50,704	51,004	51,305	51,605	51,905	52,206	52,506	52,807	53,107	
2	เทศบาลตำบลท่าพระ	9,161	9,172	9,184	9,195	9,207	9,218	9,230	9,241	9,253	
3	อบต.ท่าพระ	10,309	10,370	10,431	10,491	10,552	10,613	10,674	10,734	10,795	
4	อบต.เมืองเก่า	28,244	28,907	29,570	30,232	30,895	31,558	32,220	32,883	33,546	
5	อบต.ศิลา	50,325	51,294	52,263	53,232	54,201	55,170	56,139	57,108	58,077	
6	อบต.บ้านเป็ด	31,219	31,893	32,566	33,240	33,913	34,587	35,261	35,934	36,608	
7	อบต.พระลับ	22,555	22,850	23,145	23,440	23,736	24,031	24,326	24,621	24,916	
8	อบต.บึงเนียม	7,521	7,560	7,599	7,639	7,678	7,717	7,756	7,795	7,834	
	รวม	360,426	366,268	372,111	377,952	383,795	389,638	395,480	401,321	407,164	

ที่มา: เทศบาลนครขอนแก่น. (2557).

เทศบาลนครขอนแก่นเป็นเทศบาลที่มีปริมาณขยะที่เกิดจากประชาชนในเทศบาลไปฝังกลบที่หลุมฝังกลบบ้านคำบอนมากที่สุดและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังภาพประกอบ 12 จากจำนวนประชากรในแต่ละปีเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน



ภาพประกอบ 12 ปริมาณประชากรเทศบาลนครขอนแก่น

1.2 พื้นที่หลุมฝังกลบบ้านคำบอน

พื้นที่ศึกษาคือบ้านคำบอน ตำบลโนนท่อน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น มีพื้นที่ 98 ไร่ อยู่ห่างจากเทศบาลนครขอนแก่นประมาณ 17 กิโลเมตร ห่างจากหมู่บ้านคำบอนใหม่ หมู่ 11 ประมาณ 1 กิโลเมตร ดังภาพประกอบ 13 ถนนเข้าสู่หลุมฝังกลบเป็นถนนลาดยางและถนนลูกรังสภาพชำรุด แยกจากถนนมิตรภาพประมาณ 1 กิโลเมตร และมีชาวบ้านตั้งบ้านเรือนเพื่อเก็บหาของมีค่าจากกองขยะมูลฝอย ดังภาพประกอบ 14 และมีร้านรับซื้อขยะมูลฝอยบริเวณใกล้เคียงพื้นที่



ภาพประกอบ 13 พื้นที่หลุมฝังกลบบ้านคำบอน จังหวัดขอนแก่น

ที่มา: <http://map.google.com>



ภาพประกอบ 14 ทางเข้าสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย

พื้นที่โดยรอบหลุมฝังกลบ ทิศเหนือ ติดกับที่เกษตรกรรมบ้านคำบอน หมู่ 7 พืชที่ปลูก ได้แก่ อ้อย และมันสำปะหลัง มีหนองน้ำสาธารณะของชาวบ้าน 1 แห่ง ทิศตะวันออก ติดกับที่เกษตรกรรมของชาวบ้าน พืชที่ปลูกได้แก่ อ้อย และมันสำปะหลัง และไม้ยูคาลิปตัส ทิศตะวันตกติดกับที่ดินเอกชน และทิศใต้ ติดกับที่ดินเอกชน ป่าละเมาะและมีถนนเข้าหมู่บ้านคำบอนใหม่ หมู่ 11



ภาพประกอบ 15 สภาพแวดล้อมรอบ ๆ สถานที่หลุมฝังกลบ

จากการลงพื้นที่เบื้องต้นพบปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ 1.ขยะที่มีปริมาณสูงมาก ทำให้บริเวณดังกล่าวและพื้นที่ข้างเคียงสูญเสียทัศนียภาพ และการเดินทางเพื่อนำขยะมูลฝอยเข้าสู่หลุมฝังกลบเป็นไปได้ยาก 2.น้ำชะขยะบริเวณหลุมฝังกลบที่ไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้องไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียส่งกลิ่นเหม็น และส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

ของผู้อยู่อาศัยในบริเวณนี้ 3.เกิดเหตุเพลิงไหม้ในหลุมฝังกลบบ่อยครั้ง ทำให้เกิดแก๊สพิษ ส่งผลกระทบต่อผู้ที่สูดอากาศเข้าไปและยังส่งผลเสียต่อชั้นบรรยากาศ



ภาพประกอบ 16 กองขยะจากบริเวณหลุมฝังกลบบ้านคำบอน

1.3 ปริมาณขยะมูลฝอย

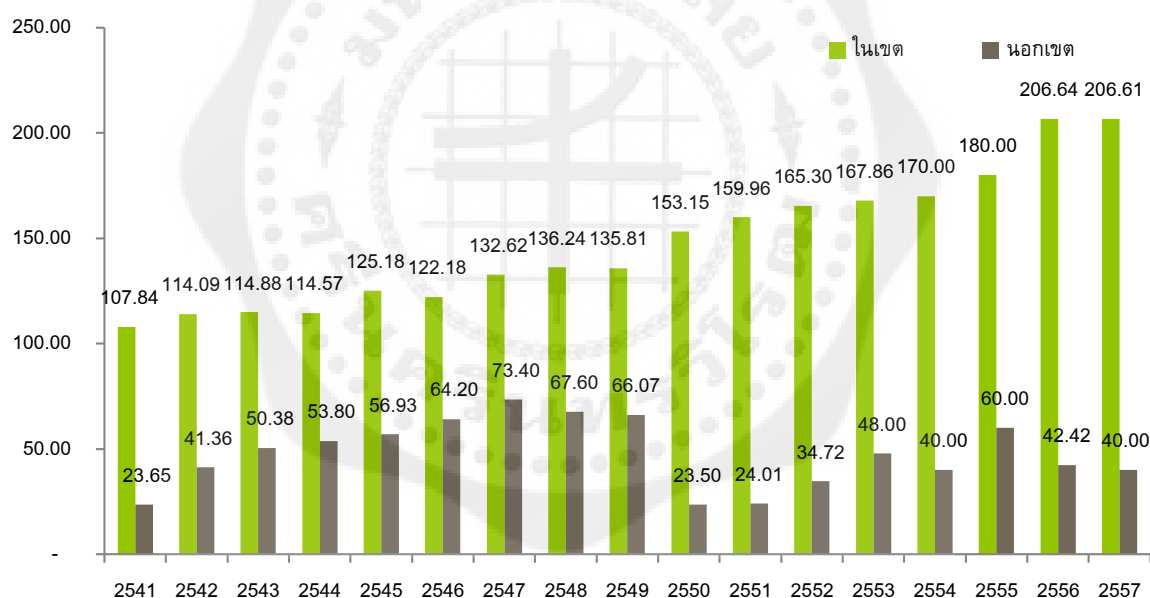
การประเมินศักยภาพของหลุมฝังกลบ พบว่า ความสูงของกองขยะประมาณ 12.5 เมตร ดังภาพประกอบ 17 มีการนำขยะจากเทศบาลนครขอนแก่น และจากเทศบาลใกล้เคียงเข้ามาทิ้งอย่างต่อเนื่อง ดังตาราง 12



ภาพประกอบ 17 ลักษณะทางกายภาพของขยะของหลุมฝังกลบ

ตาราง 12 แสดงขยะจากแหล่งต่างๆที่นำมาทิ้งหลุมฝังกลบบ้านคำบอน

แหล่งที่มาของขยะ	ปริมาณขยะ(ตันต่อวัน)
เทศบาลตำบลพระลับ	10-15
เทศบาลเมืองเก่า	18-27
เทศบาลตำบลโนนทอง	5
เทศบาลตำบลศีลา	25-27
เทศบาลตำบลสำราญ	10
เทศบาลตำบลบ้านเปิด	20
เทศบาลตำบลโคกสี หนองตุม	10-14
เทศบาลนครขอนแก่น	>240

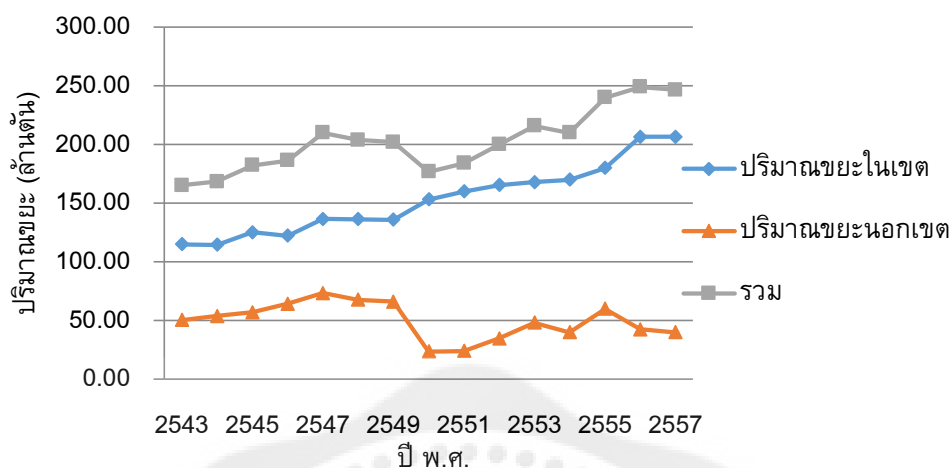


ภาพประกอบ 18 ปริมาณขยะในแต่ละปี

ที่มา: เทศบาลนครขอนแก่น. (2557).

จากภาพประกอบ 18 แสดงปริมาณขยะที่มีการนำมาฝังกลบในหลุมฝังกลบมีปริมาณสะสมในหลุมฝังกลบตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2557 โดยประมาณทั้งสิ้น 1.108 ล้านตัน โดยในแต่ละปีมีขยะที่ถูกนำมาฝังกลบทั้งในเขตและนอกเขต ดังภาพประกอบ 19 โดยพบว่าขยะรวมใน

เขตและนอกเขตมากที่สุดปี พ.ศ. 2556 และมีปริมาณขยะทั้งสิ้น 249.06 ล้านตัน โดยมีองค์ประกอบขยะในหลุมฝังกลบดังตาราง 13



ภาพประกอบ 19 ปริมาณขยะในเขตและนอกเขตเทศบาล

ตาราง 13 สัดส่วนองค์ประกอบของขยะมูลฝอยใหม่

ประเภทของขยะมูลฝอย		ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก
ย่อยสลายได้	เศษอาหาร	59
	เศษอาหาร	59
เผาไหม้ได้	พลาสติก	23
	กระดาษ	6
	เศษผ้า	2
	ไม้	1
	ยาง	1
	หนัง	1
	รวม	34
เผาไหม้ไม่ได้	เศษแก้ว	3
	หิน	1
	อื่น ๆ	3
	รวมทั้งหมด	100

องค์ประกอบของขยะชุมชนที่เข้ามาทิ้งในหลุมฝังกลบบ้านคำบอน มีขยะส่วนใหญ่เป็นเศษอาหาร ร้อยละ 59 ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย มีความชื้นสูง จึงไม่เหมาะที่จะนำไปกำจัดโดยวิธีการเผาและไม่สามารถนำมาผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ดังนั้นจึงนิยมกำจัดโดยวิธีการฝังกลบ นอกจากนี้ยังพบว่ามีขยะจำพวกพลาสติกและโฟม ร้อยละ 23 กระดาษ ร้อยละ 6 และ เศษไม้และใบไม้ ร้อยละ 2 ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ง่ายจึงเหมาะสำหรับการใช้เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็งเปลี่ยนจากขยะเป็นพลังงานไฟฟ้า

เมื่อทำการสำรวจข้อมูลขั้นต้นเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจึงได้ทำการสุ่มตัวอย่างขยะเก่าในพื้นที่จริงที่หลุมฝังกลบบ้านคำบอน จังหวัดขอนแก่น โดยวิธี Quartering ซึ่งทำโดย สุ่มตัวอย่างขยะใส่กล่องไม้ขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร จากนั้นนำขยะมาเทกอง ดังภาพประกอบ 20 แล้วจึงคลุกเคล้าให้องค์ประกอบต่าง ๆ กระจายอย่างทั่วถึง ดังภาพประกอบ 21 จากนั้นแบ่งขยะออกเป็น 4 ส่วนดังภาพประกอบ 22 เลือก 2 ส่วนที่อยู่ตรงกันข้ามมารวมกัน ส่วนที่เหลือแยกทิ้ง แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันอีก ทำอย่างนี้จนตัวอย่างขยะเหลือ 15 กิโลกรัม จึงนำขยะวิเคราะห์ความหนาแน่นและแยกองค์ประกอบของขยะ จากการประเมินพบว่า องค์ประกอบขยะที่มากที่สุดคือ พลาสติก มีปริมาณร้อยละ 80 องค์ประกอบขยะอื่น ๆ แสดงดังตาราง 14 และมีความหนาแน่น 146.7 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีสัดส่วนดังภาพประกอบ 24



ภาพประกอบ 20 นำขยะจากหลุมฝังกลบจุดต่างๆ เทกองรวมกัน



ภาพประกอบ 21 นำขยะจากหลุมฝังกลบมาคลุกเคล้า



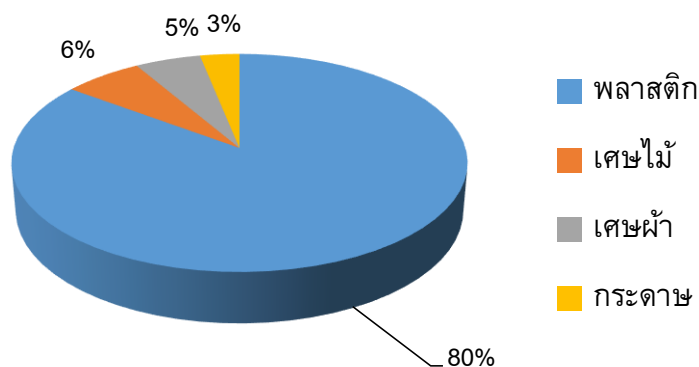
ภาพประกอบ 22 สุ่มตัวอย่างขยะด้วยวิธี Quartering



ภาพประกอบ 23 ชั่งน้ำหนักวิเคราะห์ความหนาแน่น

ตาราง 14 องค์ประกอบของขยะจากการสุ่มตัวอย่าง

องค์ประกอบ		ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก
เผาไหม้ได้		
	พลาสติก	80
	เศษไม้	6
	เศษผ้า	5
	กระดาษ	3
รวม		94
เผาไหม้ไม่ได้		
	เศษแก้ว หิน	6
รวมทั้งหมด		100
ความหนาแน่น(กก./ลบ.ม.)		146.7



ภาพประกอบ 24 สัดส่วนองค์ประกอบขยะมูลฝอยที่เผาไหม้ได้

1.4 ศักยภาพเชิงความร้อนของขยะมูลฝอย

ขยะแต่ละประเภทมีค่าความร้อนแตกต่างกัน ขยะมูลฝอยที่มีค่าความร้อนมากที่สุดคือ พลาสติก โดยมีค่าความร้อน 33,727 กิโลจูลต่อกิโลกรัม และขยะมูลฝอยประเภทอื่น ๆ มีค่าความร้อน ดังตาราง 15 เมื่อนำข้อมูลขยะมูลฝอยข้างต้นมาประเมินค่าความร้อนจะพบศักยภาพเชิงความร้อน ดังตาราง 16

ตาราง 15 ค่าความร้อนของขยะประเภทต่าง ๆ

ประเภทของขยะ	ช่วงของค่าความร้อน (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)	ค่าความร้อนที่ถูกรู้ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
กระดาด	16,282-18,608	17,445
พลาสติก	25,586-41,868	33,727
ยาง	23,260-37,216	30,238
เศษผ้า	18,608	18,608
ไม้	18,608-20,934	19,771
เศษอาหาร	4,652	4,652

ที่มา: Hollander. (1976).

ตาราง 16 ค่าความร้อนของขยะมูลฝอย

ประเภทขยะมูลฝอย	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ค่าความร้อน (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)	ค่าความร้อน ร้อยละโดยน้ำหนัก (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
ขยะมูลฝอยใหม่			
เศษอาหาร	59	4,652	2,744
พลาสติก	23	33,727	7,757
กระดาษ	6	17,445	1,046
เศษผ้า	2	18,608	372
ไม้	1	19,771	197
ยาง	1	30,238	302
รวมทั้งหมด			12,418
ขยะมูลฝอยเก่า			
พลาสติก	80	33,727	26,981
เศษไม้	6	19,771	1,186
เศษผ้า	5	18,608	930
กระดาษ	3	17,445	523
รวมทั้งหมด			29,620

จากตาราง 16 แสดงค่าความร้อนของขยะมูลฝอยใหม่และขยะมูลฝอยเก่า พบว่า ขยะมูลฝอยใหม่ที่มีค่าความร้อนมากที่สุดคือ เศษอาหาร เนื่องจากมีปริมาณมาก และจากข้อมูล พบว่า ปริมาณขยะที่หลุมฝังกลบบ้านคำบอนมีปริมาณรวม 3,040 ล้านตัน หรือ 3,040,000 ล้านกิโลกรัม ซึ่งเป็นขยะประเภทเศษอาหารร้อยละ 59 มีค่าความร้อน ร้อยละโดยน้ำหนัก เท่ากับ 2,744 กิโลจูลต่อกิโลกรัม เมื่อคำนวณศักยภาพเชิงความร้อน ดังสมการ 4.1 ได้ค่าความร้อนมีค่าเท่ากับ 5.00×10^9 กิโลจูล

$$\text{Thermal Potential} = \text{Weight}_{\text{Waste}} \times \text{Fraction}_{\text{Food waste}} \times \text{HHV} \quad \text{.....4.1}$$

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบขยะมูลฝอยเก่า พบว่า มีขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกมากที่สุด ซึ่งเป็นขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จึงนำขยะดังกล่าวมาพิจารณาคำนวณหาค่าความร้อน ดังสมการ 4.2

$$\text{Thermal Potential} = \text{Volume}_{\text{Landfill}} \times \text{Fraction}_{\text{Plastic waste}} \times \text{Bulk Density} \times \text{HHV} \quad \dots\dots 4.2$$

จากงานวิจัย พบว่า หลุมฝังกลบมีพื้นที่ 98 ไร่ หรือ 156,800 ตารางเมตร สูง 12.5 เมตร มีปริมาณพลาสติกย่อยสลาย 80 มีความหนาแน่น 146.7 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สามารถคำนวณค่าความร้อนได้ 26,981 กิโลจูลต่อกิโลกรัม มีศักยภาพเชิงความร้อนที่ได้เท่ากับ 6.20×10^{12} กิโลจูล

2. ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย

จากการประเมินศักยภาพของหลุมฝังกลบบ้านคำบอน พบว่า ขยะที่มีในหลุมฝังกลบมีศักยภาพการย่อยสลายเพื่อผลิตมีเทนและมีปริมาณพลาสติกที่ไม่ย่อยสลายเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมจึงประเมินจากเทคโนโลยี 2 เทคโนโลยีคือ 1.เทคโนโลยีผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแก๊สมีเทน และ 2.เทคโนโลยีผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะแข็ง

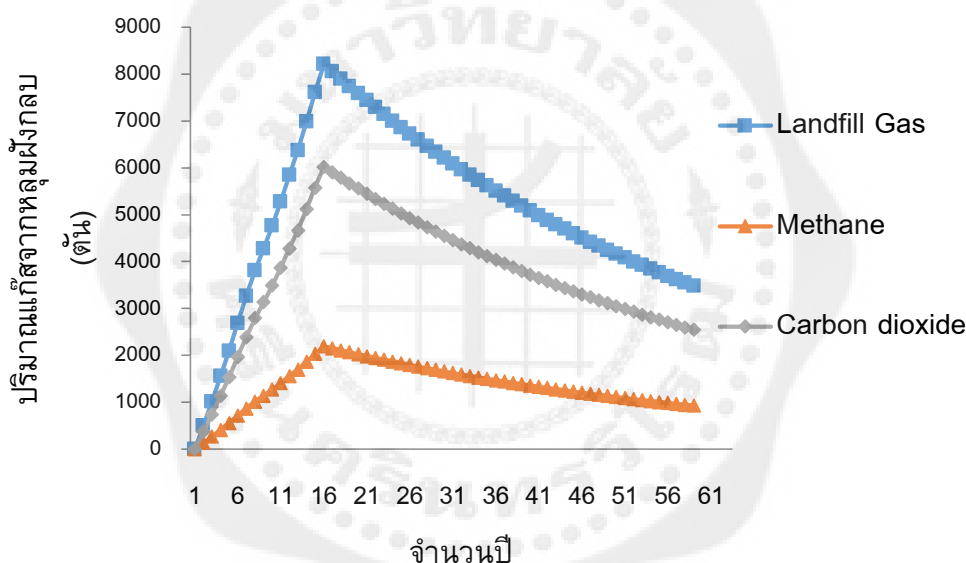
2.1 ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าจากแก๊สมีเทน

ขยะมูลฝอยประเภทเศษอาหารที่สะสมในหลุมฝังกลบ จะเกิดการทับถมกันจนอยู่ในสถานะที่ไร้ออกซิเจนจนเกิดกระบวนการไฮโดรไลซิส จุลินทรีย์จะเข้าไปย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน จากสารประกอบที่มีขนาดใหญ่ให้เล็กลง เมื่อย่อยสลายจนเป็นสารประกอบเชิงเดี่ยวแล้วจะถูกย่อยสลายให้กลายเป็นกรดอินทรีย์โมเลกุลเล็ก เช่น กรดอะซิติก กรดไพรโออินิก เป็นต้น ผลจากกระบวนการนี้จะทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เช่นกัน ต่อมาเป็นกระบวนการย่อยสลายกรดไขมันระเหยง่าย ซึ่งเรียกว่า กระบวนการอะซิโตเจเนซิส เป็นการย่อยสลายกรดไขมันระเหยง่ายที่มีคาร์บอนอะตอมเกินกว่า 2 อะตอม เช่น กรดไพรโออินิก ให้มีอะตอมลดลง ผลจากกระบวนการนี้จะทำให้เกิด กรดอะซิติก คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน และขั้นตอนสุดท้ายเกิดกระบวนการเมทาโนเจเนซิส ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนกรดอินทรีย์โมเลกุลเล็กให้กลายเป็นมีเทน ผลจากกระบวนการทั้ง 4 นี้ ทำให้เกิดแก๊สชีวภาพ ซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทนประมาณร้อยละ 50 ถึง 70 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 30 ถึง 40 และแก๊สอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไนโตรเจน และไอน้ำ แก๊สมีเทนที่ได้นี้จะสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) ในการผลิตไฟฟ้าต่อไป โดยช่วงเวลาที่เก็บแก๊สที่เหมาะสมอยู่ในช่วงเวลา 15 ปี ซึ่งเป็นเวลาที่แก๊สชีวภาพมีปริมาณมากที่สุด จึงทำให้งานวิจัยการประเมินพลังงานไฟฟ้าจากแก๊สมีเทน ได้กำหนดระยะเวลา

ในการนำข้อมูลมาใช้ทั้งสิ้น 15 ปี โดยใช้ปริมาณขยะตั้งแต่ปี 2543 ถึงปี 2557 การประเมินการปลดปล่อยแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบ สามารถคำนวณได้ดังสมการ 4.3 (อรอนงค์. 2558)

$$Q_{CH_4,i} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 kL_0 \left[\frac{M_i}{10} \right] e^{-kt_{ij}} \quad (4.3)$$

- เมื่อ k คือ ค่าคงที่ของการปล่อยแก๊สมีเทน 0.06 ต่อปี
 L_0 คือ ศักยภาพการเกิดแก๊สมีเทน 121 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน
 M คือ ปริมาณขยะในแต่ละปีเป็นไปดังภาพประกอบ 4.4
 n คือ จำนวนปีของหลุมฝังกลบ 15 ปี



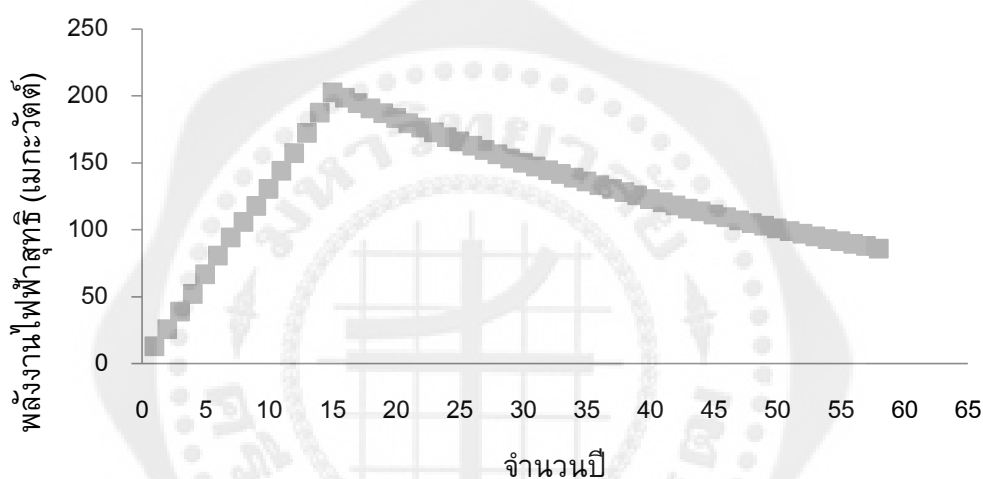
ภาพประกอบ 25 อัตราการเกิดแก๊สจากหลุมฝังกลบบ้านคำบอน

ในการคำนวณนี้เริ่มคำนวณตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 โดยเริ่มนับเป็นปีที่ 1 จากการคำนวณพบว่า ในปีที่ 16 มีปริมาณมีเทนที่ได้จากหลุมฝังกลบ 2,195 ตัน ซึ่งมีเทนมีความหนาแน่น 0.000717 ตันต่อลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นปริมาณมีเทน 3,060,785 ลูกบาศก์เมตรต่อปี มีอัตราการเกิดแก๊ส ดังภาพประกอบ 25 องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพจะประกอบไปด้วยแก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทนที่ได้จะถูกนำไปประเมินศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสุทธิ ดังสมการ 4.4 โดยในการประเมินครั้งนี้ได้กำหนดให้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ก๊าซสันดาป

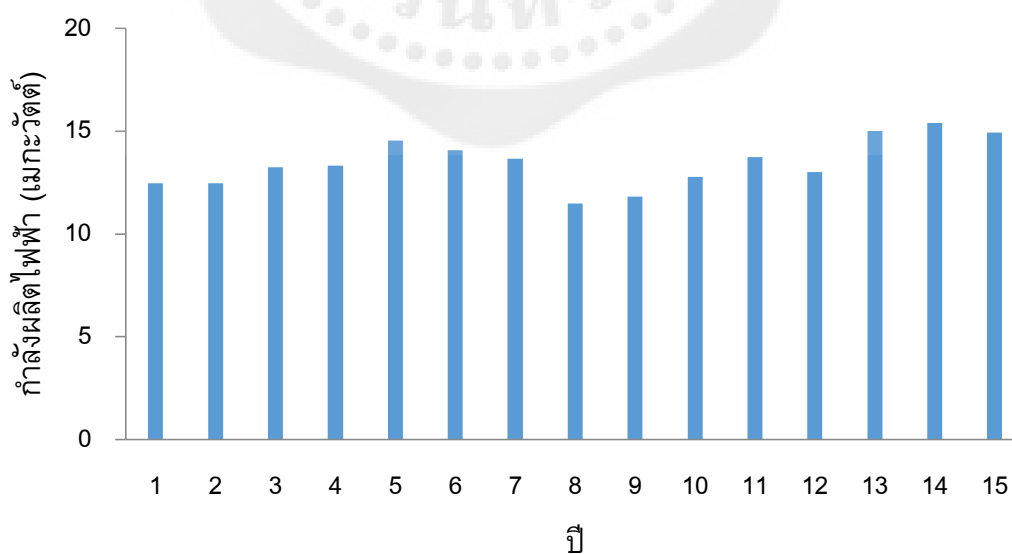
ภายในที่ใช้แก๊สมีเทนเป็นเชื้อเพลิง จุดระเบิดที่กระบอกสูบของเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 30 (ปริพันธ์. 2555)

$$\text{Net Power Generation Potential(MW)} = \frac{\text{Total Methane Generation} \times \text{NCV} \times \eta}{1000} \quad (4.4)$$

เมื่อ NCV คือ ค่าความร้อนจำเพาะของแก๊สหลุมฝังกลบ 0.22 กิโลวัตต์ต่อลูกบาศก์เมตร
 η คือ ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีเครื่องยนต์ก๊าซสันดาปภายในร้อยละ 30
 จากการประเมินพลังงานไฟฟ้าสุทธิใน 16 ปี แสดงดังภาพประกอบ 26 โดยในปีที่ 16
 ศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสุทธิสูงสุดคิดเป็นปริมาณกำลังไฟฟ้าสุทธิ 202 เมกะวัตต์



ภาพประกอบ 26 ศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากหลุมฝังกลบบ้านคำบอน



ภาพประกอบ 27 พลังงานไฟฟ้าสุทธิในแต่ละปี

เมื่อประเมินพลังงานไฟฟ้าสุทธิในช่วงเวลา 15 ปี แสดงดังภาพประกอบ 27 พบว่า มีพลังงานไฟฟ้าสุทธิสูงสุดในปีที่ 5 มีค่าเท่ากับ 15.41 เมกะวัตต์ คิดเป็นกำลังผลิตไฟฟ้าสุทธิ 2.00 กิโลวัตต์ชั่วโมง และพบว่ามีพลังงานไฟฟ้าสุทธิต่ำสุดในปีที่ 8 มีค่าเท่ากับ 11.48 เมกะวัตต์ คิดเป็น 1.49 กิโลวัตต์ชั่วโมง

ตาราง 17 พลังงานไฟฟ้าสุทธิ

ปี	ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม (ลูกบาศก์เมตร)	พลังงานไฟฟ้าสุทธิในแต่ละปี (เมกะวัตต์)
1	189121.6862	12.48203
2	378057.5612	12.46977
3	578976.1568	13.26063
4	780802.8376	13.32056
5	1001108.878	14.5402
6	1214557.798	14.08763
7	1421537.145	13.66064
8	1595545.098	11.48452
9	1774484.388	11.80999
10	1968247.882	12.78839
11	2176301.721	13.73155
12	2373529.698	13.01705
13	2601183.964	15.02518
14	2834698.534	15.41196
15	3060785.454	14.92174

จากผลการประเมินกำลังผลิตไฟฟ้าข้างต้น แสดงให้เห็นว่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิในแต่ละปีสามารถคำนวณขนาดโรงไฟฟ้าได้ ดังสมการ 25

$$\text{Power Plant(MWe)} = \frac{\text{NPGP}}{24 \times 320} \dots\dots\dots(4.5)$$

เมื่อ NPGP คือ พลังงานไฟฟ้าสุทธิในปีที่สูงสุดเท่ากับ 15.41 เมกะวัตต์ และกำหนดให้ 1 ปีผลิตไฟฟ้า 320 วัน

จากการคำนวณ พบว่า โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบควรใช้โรงไฟฟ้าที่มีกำลังผลิต 3 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งยังคงเป็นปริมาณที่ไม่เพียงพอ เพราะฉะนั้นหากต้องการความสำเร็จจากโครงการควรจะมีมาตรการส่งเสริมอื่น ๆ ร่วมด้วย

2.2 ผลประเมินพลังงานไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง

จากข้อมูลในหลุมฝังกลบบ้านคำบอน พบว่าหลุมฝังกลบบ้านคำบอนมีเนื้อที่ทั้งหมด 98 ไร่ มีความสูง 12.5 เมตร ลักษณะของหลุมฝังกลบถูกอัดแน่น ปัจจุบันมีปริมาณขยะประเภท พลาสติก ร้อยละ 80 ของปริมาณขยะทั้งหมด โดยมีปริมาณขยะทั้งหมด 2.88×10^8 กิโลกรัม มีศักยภาพเชิงความร้อนของขยะประเภทต่าง ๆ ดังตาราง 18 จากตารางพบว่าขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกมีศักยภาพเชิงความร้อนสูงสุด คือ 6.20×10^{12} กิโลจูล ดังนั้น ขยะประเภทนี้จึงถูกนำมาใช้ในการประเมินพลังงานไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนขยะประเภทพลาสติกเป็นพลังงานไฟฟ้า

ตาราง 18 ค่าความร้อนของขยะมูลฝอยที่สุ่มตัวอย่าง

ประเภทขยะมูลฝอย	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ค่าความร้อน ร้อยละโดยน้ำหนัก (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)	ศักยภาพเชิงความร้อน ของขยะมูลฝอย (กิโลจูล)
พลาสติก	230,025,600	26,981	6.20×10^{12}
เศษไม้	17,251,920	1,186	2.05×10^{10}
เศษผ้า	14,376,600	930	1.34×10^{10}
กระดาษ	8,625,960	523	4.51×10^9

เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็งเป็นเทคโนโลยีที่นำขยะอัดให้มีหนาแน่นประมาณ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ประเภทเชื้อเพลิงขยะแข็งที่เหมาะสม คือ ประเภทเชื้อเพลิงขยะแข็ง 5 หรือ RDF₅ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมี แสดงดังตาราง 19 มีองค์ประกอบหลักคือคาร์บอน ร้อยละ 56.4 โดยน้ำหนัก และมีองค์ประกอบอื่นๆ คือ ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ คลอรีน น้ำ และ แก๊สต่าง จากองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าว พบว่าองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และ

ไนโตรเจน มีอัตราส่วนใกล้เคียงกับการทดสอบคุณสมบัติของขยะเชื้อเพลิงขยะแข็งของ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2551) สามารถนำไปคำนวณค่าความร้อนได้ดังตาราง 20

ตาราง 19 องค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงขยะแข็ง

องค์ประกอบ								
เชื้อเพลิงขยะ	C(%)	H(%)	O(%)	N(%)	S(%)	Cl(%)	H ₂ O(%)	Ashes(%)
แข็ง								
พลาสติก	56.4	7.79	8.05	0.85	0.29	3.00	15.0	8.59

ที่มา: Maria & Pavesi. (2006).

ตาราง 20 สมการการประเมินค่าความร้อนต่ำของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

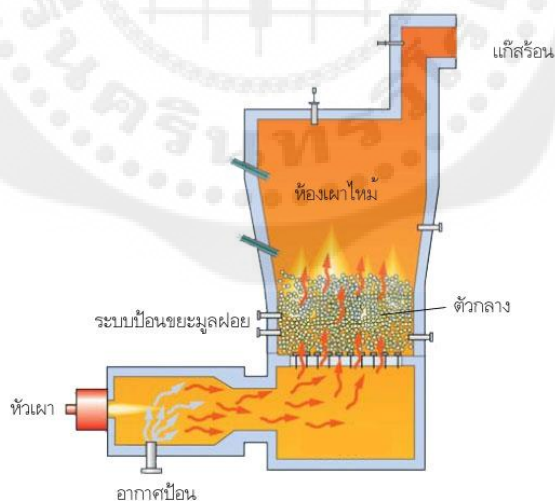
ผู้คิด	สมการ	ค่าความร้อน
Dulong	$LHV(MJ/kg) = 33.8 \times C + 122.3 \times (H - O/8) + 9.4 \times S$	27,387
(Lowry. 1947)		
Schuster	$LHV(MJ/kg) = (106.4 + 0.149O)(C/3 + H - (O - S)/8 - 22.0H)$	25,549
(Schuster. 1934)		
Grumell and Davies	$LHV(MJ/kg) = (1.52H + 98.8)(C/3 + H - (O - S)/8)$	25,343
(Grumel. 1933)		
	ค่าเฉลี่ย	26,093

ที่มา: Sou. (2016).

สมการ Dulong เป็นสมการที่ถูกพัฒนาโดยสมมติฐานว่าออกซิเจนในเชื้อเพลิงมีความสัมพันธ์กับไฮโดรเจนดังนั้นในสมการนี้ปริมาณไฮโดรเจนจะถูกลบด้วยปริมาณออกซิเจน ค่าความร้อนต่ำที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 27,387 กิโลจูลต่อกิโลกรัม สมการ Schuster มีความคล้ายคลึงกับสมการ Dulong นอกจากสมมติฐานที่ว่าออกซิเจนมีความสัมพันธ์กับไฮโดรเจนแล้วแต่ยังมีคาร์บอนที่มีความสัมพันธ์ ดังนั้นปริมาณคาร์บอนและปริมาณไฮโดรเจนจึงถูกลบด้วยปริมาณออกซิเจน ค่าความร้อนต่ำที่คำนวณได้ มีค่าเท่ากับ 25,549 กิโลจูลต่อกิโลกรัม สมการ Grumell และ Davies เป็นสมการรูปแบบเดียวกับสมการ Schuster เมื่อคำนวณค่าความร้อนได้ค่าความร้อนต่ำ

เท่ากับ 25,343 กิโลจูลต่อกิโลกรัม จากการคำนวณทั้ง 3 สมการข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ค่าความร้อนมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้น จึงนำใช้ค่าความร้อนที่คำนวณจากทั้ง 3 สมการ มาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลพบว่า มีค่าความร้อนเท่ากับ 26,093 กิโลจูลต่อกิโลกรัม เมื่อคิดจากปริมาณขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกทั้งหมด 2.30×10^8 กิโลกรัม ศักยภาพเชิงความร้อนจากค่าเฉลี่ยทั้ง 3 สมการมีค่าเท่ากับ 6×10^{12} กิโลจูล ซึ่งจากผลการดำเนินงานมีความสอดคล้องใกล้เคียงกับงานวิจัยการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการนำขยะมูลฝอยเก่าจากพื้นที่ฝั่งกลบเปลี่ยนเป็นพลังงาน มหาวิทยาลัยมหิดล (อุไรวรรณ ชิกข่า. 2553) เชื้อเพลิงขยะแห้งมีค่าความร้อน 6,568 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม หรือ 27,498 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ดังนั้นค่าเฉลี่ยของสมการทั้ง 3 ที่ใช้ในการคำนวณค่าความร้อนมีความเป็นไปได้และสามารถใช้ได้จริง

การใช้ RDF₅ เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า สามารถใช้ระบบการเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed) เตาเผาแบบนี้ไม่ต้องการใช้การลุกไหม้ที่รุนแรง ใช้อุณหภูมิที่สม่ำเสมอ ทำงานโดยอาศัยหลักการที่อนุภาคของแข็งที่รวมตัวเป็นตัวกลาง เทคโนโลยีนี้ลดการปลดปล่อยไนโตรเจนออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สามารถตรวจสอบการเผาไหม้ของของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเผาของเทคโนโลยีใช้อุณหภูมิ 750-900 องศาเซลเซียส เชื้อเพลิงที่ป้อนมีขนาด ประมาณ 10 – 30 เซนติเมตร ซึ่งเหมาะกับเชื้อเพลิงขยะแห้งที่เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 ถึง 5 เซนติเมตร และยาว 1 เซนติเมตร เมื่อเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงขยะแห้งในเตาเผา จะเกิดแก๊สร้อนออกมา โดยแก๊สร้อนนี้จะสามารถนำไปผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันไอน้ำ (steam turbine)



ภาพประกอบ 28 เตาเผาขยะแบบฟลูอิดไดซ์เบด

ที่มา: Eisenmann. (2017).

เมื่อกำหนดอัตราการป้อนเชื้อเพลิงขยะแข็ง 50 ตันต่อวัน จะสามารถคำนวณพลังงานไฟฟ้า ดังสมการ 4.5 โดยแทนค่าตัวแปร ดังตาราง 21

$$NPGP = \frac{Q_{rdf} \times LHV_{rdf} \times Eff}{24 \times 3,600} \quad (4.5)$$

ตาราง 21 ค่าตัวแปรสำหรับการประเมินพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะแข็ง

ตัวแปร	ค่า	หน่วย
อัตราการป้อนเชื้อเพลิงขยะแข็ง	50,000	กิโลกรัมต่อวัน
ค่าความร้อนเชื้อเพลิงขยะแข็ง	26,093	เมกะจูลต่อกิโลกรัม
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนเป็น- พลังงานไฟฟ้าด้วยกังหันไอน้ำ (Dinesh. 2011)	33	เปอร์เซ็นต์
กำลังโรงไฟฟ้า	4.98	เมกะวัตต์

จากผลการประเมินปริมาณขยะของหลุมฝังกลบบ้านคำบอน ขยะประเภทพลาสติกมีปริมาณ 230,025,600 กิโลกรัม เพียงพอต่ออัตราการป้อนเชื้อเพลิงขยะแข็ง 50,000 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งในอัตราการป้อนนี้ จะทำให้ขยะหมดในเวลา 4,600 วัน หรือถ้า 1 ปี เดินเครื่องผลิตไฟฟ้า 320 วัน ขยะจะหมดในเวลา 15 ปี ซึ่งเป็นระยะเวลาตลอดโครงการ

3. ผลการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ในการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานไฟฟ้า

ในงานวิจัยนี้ได้ประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ และ เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง โดยใช้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และ อัตราผลการตอบแทน เป็นตัวชี้วัด มีผลดังนี้

3.1 ผลการประเมินเศรษฐศาสตร์การเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ

โครงการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบมีกำลังผลิต 3 กิโลวัตต์ชั่วโมง แสดงดังตาราง 22 โดยใช้เงินลงทุนสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในและวางท่อแก๊ส 119,271 บาท (Adriana. 2014) ค่าบำรุงรักษา (ร้อยละ 10) และค่าแรงงาน

ตาราง 22 รายละเอียดเงินลงทุนโรงงานผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ

	รายละเอียด	ราคา
เงินลงทุน	39,757 บาทต่อกิโลวัตต์	119,268
ค่าบำรุงรักษา	0.56 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง หรือประมาณ 10 % ของเงินลงทุน	12,977
ค่าแรงงาน	2 คน คนละ 15,000 บาทต่อเดือน	36,000

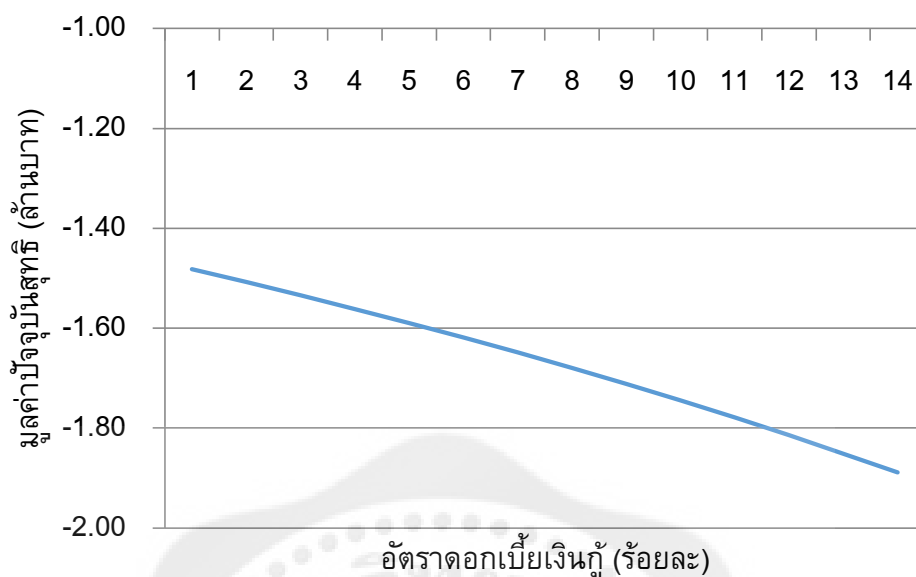
จากข้อมูลข้างต้นสามารถนำมาประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิโดยมีดอกเบียเงินกู้ อัตราการรับซื้อไฟฟ้า และภาษีเงินได้ เป็นไปตามรัฐบาลที่กำหนดไว้ โดยกำหนดให้เป็นกรณีตลาดเติบโตปกติ (BAU Case) จากการประเมินพบว่า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ -1,671,921 บาท และอัตราผลตอบแทนเท่ากับ ร้อยละ -218 โดยกำหนดให้มีรายละเอียดด้านการเงินดังตาราง 23

จากผลการประเมิน มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีผลเป็นลบ แสดงว่า ผลตอบแทนที่ได้น้อยกว่าเงินลงทุนทำให้โครงการนี้ขาดทุน ซึ่งไม่เหมาะแก่การลงทุน ดังนั้น ควรมีมาตรการส่งเสริมและสร้างแรงจูงใจแก่นักลงทุนเพิ่มมากขึ้น โดยอาจเพิ่มอัตราการรับซื้อไฟฟ้า และช่วยสนับสนุนเงินลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้า ลดดอกเบียเงินกู้ ลดภาษีเงินได้ เป็นต้น

ตาราง 23 รายละเอียดด้านการเงินเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ (BAU Case)

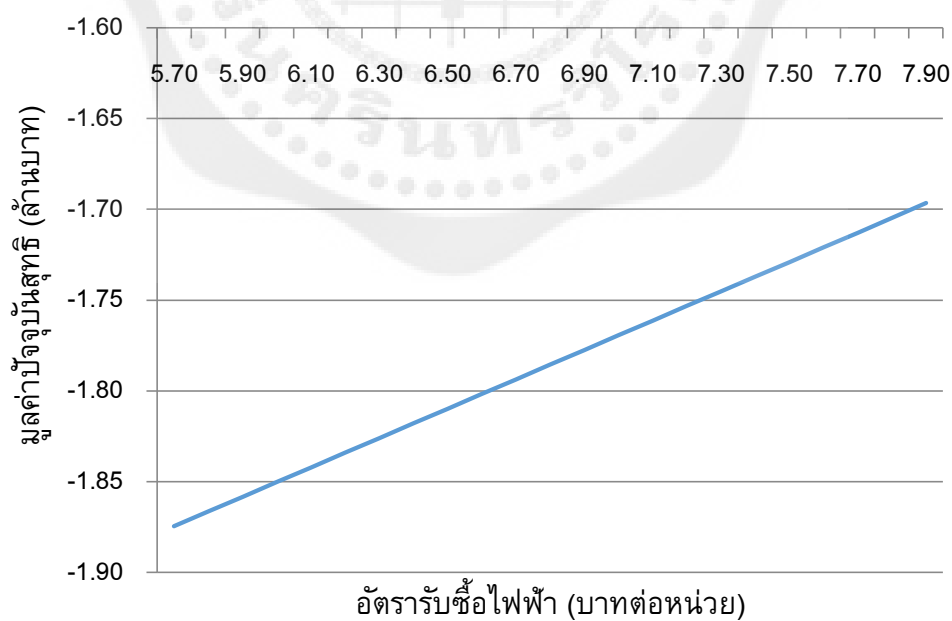
	จำนวน	หน่วย
เงินลงทุน	119,268	บาท
ดอกเบียเงินกู้	13	เปอร์เซ็นต์
อัตราการรับซื้อไฟฟ้า	5.6	บาทต่อหน่วย
อัตราเงินเฟ้อ	3	เปอร์เซ็นต์
ภาษีเงินได้	20	เปอร์เซ็นต์
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	-1,672,921	บาท
อัตราผลตอบแทน	-218	เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำกรณีตลาดเติบโตปกติมาวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) ผู้วิจัยได้เลือกอัตราดอกเบียเงินกู้ และ อัตราการรับซื้อไฟฟ้า ไว้สำหรับเปลี่ยนแปลง ในแต่ละพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนให้เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง แสดงดังภาพประกอบ 29 และ ภาพประกอบ 30 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 29 ความสัมพันธ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้กับมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยี
หลุมฝังกลบ (BAU Case)

จากภาพแสดงให้เห็นว่าทั้งอัตราดอกเบี้ยเงินกู้และอัตราการรับซื้อไฟฟ้าไม่สามารถทำให้
มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก ดังนั้น ในสถานการณ์ตลาดปกติจึงไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน



ภาพประกอบ 30 ความสัมพันธ์อัตราการรับซื้อไฟฟ้ากับมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยี
หลุมฝังกลบ (BAU Case)

3.2 ผลการประเมินเศรษฐศาสตร์การเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยี

เชื้อเพลิงขยะแข็ง

โครงการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ ที่มีกำลังผลิต 4.5 เมกะวัตต์ ชั่วโมง มีการใช้เงินลงทุน 3 ส่วน คือ 1.เงินลงทุน ค่าเครื่องจักร ก่อสร้าง 2.ต้นทุนการผลิต เป็นเงินที่ใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าขายในแต่ละวัน 3.ต้นทุนการบริหาร เป็นเงินสำหรับผู้ดำเนินการ เจ้าหน้าที่ของโครงการ ใช้บริหารจัดการภายใน โครงการ ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง 24

จากข้อมูลข้างต้นสามารถนำมาประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิโดยมีดอกเบี้ยเงินกู้ อัตราการรับซื้อไฟฟ้า และภาษีเงินได้ เป็นไปตามรัฐบาลที่กำหนดไว้ โดยกำหนดให้เป็นกรณีตลาดเติบโตปกติ (BAU Case) จากการประเมินพบว่า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 44,120,397 บาท และอัตราผลตอบแทนเท่ากับ ร้อยละ 15.6

จากผลการประเมิน (ตาราง 25) มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีผลเป็นบวก แสดงว่า ผลตอบแทนที่ได้มากกว่าเงินลงทุนทำให้ผลโครงการนี้ได้ผลกำไร จึงเหมาะแก่การลงทุน

ตาราง 24 รายละเอียดเงินลงทุนโรงงานผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง

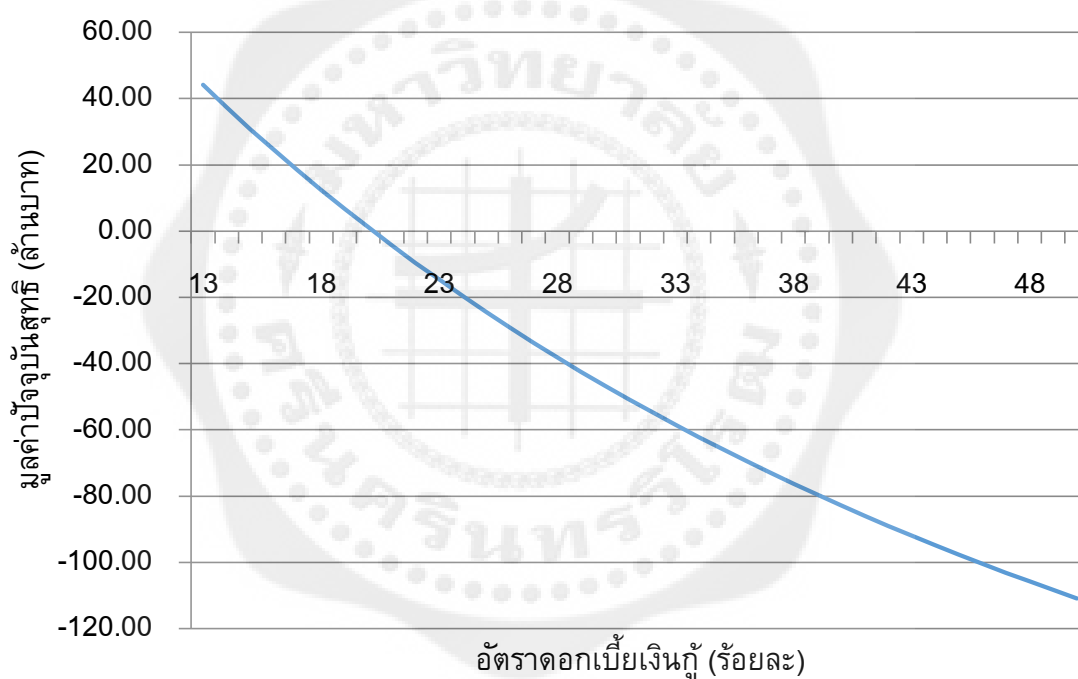
	รายละเอียด	ราคา
เงินลงทุน	90,500,000 บาทต่อเมกะวัตต์	271,500,000
ต้นทุนการผลิต	16,633,000 บาทต่อเมกะวัตต์ชั่วโมง หรือประมาณ 17 % ของเงินลงทุน	46,899,160
ต้นทุนการบริหาร		3,600,000

ตาราง 25 รายละเอียดด้านการเงินเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง(BAU Case)

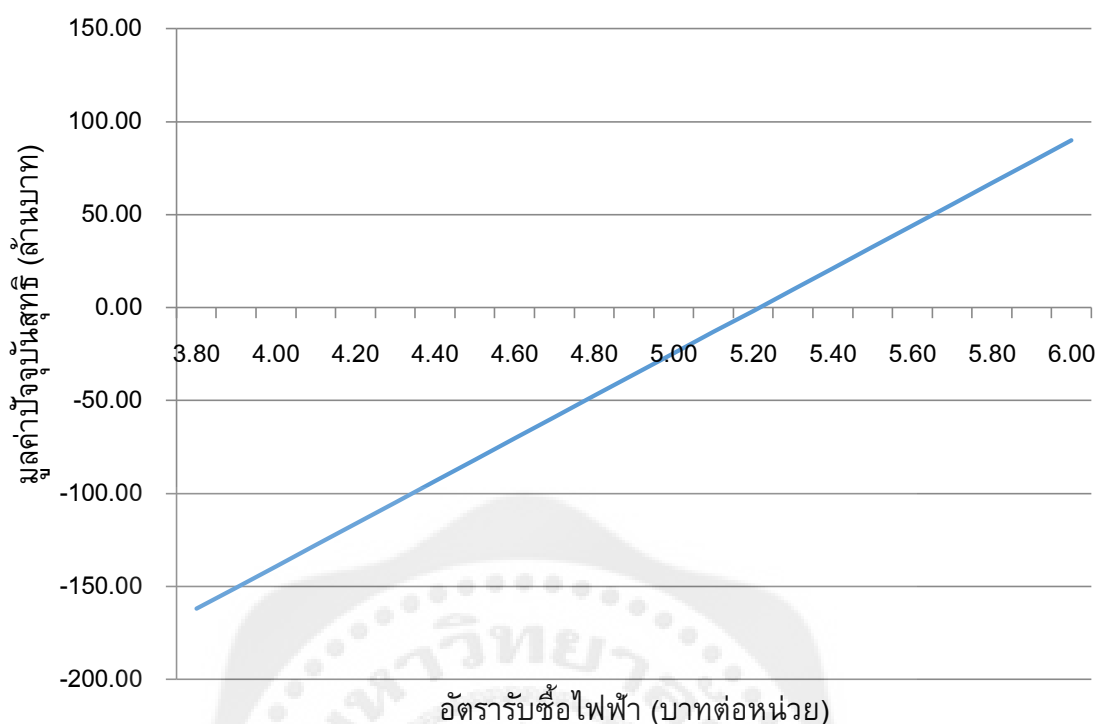
	จำนวน	หน่วย
เงินลงทุน	271,500,000	บาท
ดอกเบี้ยเงินกู้	13	เปอร์เซ็นต์
อัตราการรับซื้อไฟฟ้า	5.6	บาทต่อหน่วย
อัตราเงินเฟ้อ	3	เปอร์เซ็นต์
ภาษีเงินได้	20	เปอร์เซ็นต์
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	44,120,397	บาท
อัตราผลตอบแทน	15.6	เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำกรณีฐานมาวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) ได้เลือกอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และอัตราการรับซื้อไฟฟ้า ไว้สำหรับเปลี่ยนแปลง ในแต่ละพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องแสดงดังภาพประกอบ 31 และ ภาพประกอบ 32 ตามลำดับ จากภาพดังกล่าว ดอกเบี้ยและอัตรารับซื้อไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ซึ่งพบว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้สามารถมีผลทำให้ผลการตอบแทนตติลดตั้งแต่ 20 % ขึ้นไปและอัตราการรับซื้อไฟฟ้าสามารถทำให้ผลการตอบแทนเป็นบวกตั้งแต่ 5.2 บาทต่อหน่วย

จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีความอ่อนไหวสูงต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยดังกล่าว ดังนั้นโครงการนี้ควรจะมีการสนับสนุนอย่างชัดเจนทั้งทางด้านดอกเบี้ยเงินกู้และอัตราการรับซื้อไฟฟ้าให้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้นเพื่อความมั่นใจของผู้ลงทุน



ภาพประกอบ 31 ความสัมพันธ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้กับมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง (BAU Case)



ภาพประกอบ 32 ความสัมพันธ์อัตราการบริโภคไฟฟ้ากับมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยีเชื้อเพลิง
ขยะแข็ง (BAU Case)

3.3 ภาพเหตุการณ์ในการประเมินความเหมาะสมการใช้เทคโนโลยีหลุมฝังกลบและ เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง

ในการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์จำเป็นต้องมีการประเมินภาพเหตุการณ์ในอนาคต โดย
ประเมินภาพเหตุการณ์ทั้งเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง ดังต่อไปนี้

3.3.1 ภาพเหตุการณ์ของเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ

จากกรณีตลาดเติบโตปกติของโครงการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีหลุม
ฝังกลบ ได้นำมาพัฒนาเป็นภาพเหตุการณ์ 3 เหตุการณ์ เพื่อให้เห็นว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ทั้ง
การได้รับสนับสนุนและการไม่ได้รับสนับสนุนจะมีผลต่อ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และ อัตราผลตอบแทน
หรือไม่อย่างไร ภาพเหตุการณ์ทั้ง 3 เหตุการณ์ที่ใช้ ประกอบด้วย 1.กรณีตลาดเติบโตปกติ (BAU
Case) 2.กรณีที่ตลาดเติบโตเฟื่องฟู (Sparking Case) 3.กรณีที่ตลาดไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์
(Unexpected Case) โดยมีรายละเอียดดังตาราง 26

ตาราง 26 ตัวแปรในภาพเหตุการณ์ต่างๆ

	BAU Case	Sparking Case	Unexpected Case	หน่วย
เงินลงทุน	119,268	101,377	119,268	บาท
ดอกเบี้ยเงินกู้	13	7	15	เปอร์เซ็นต์
อัตราการรับซื้อไฟฟ้า	5.6	5.6	3.8	บาทต่อหน่วย
อัตราเงินเฟ้อ	3	3	6	เปอร์เซ็นต์
ภาษีเงินได้	20	10	20	เปอร์เซ็นต์

1. BAU Case คือ กรณีในสภาวะปกติเป็นไปตามมาตรการของรัฐบาล ดอกเบี้ยเงินกู้คิดจาก MRR+5.875 ซึ่ง MRR (Minimum Retail Rate) มีค่าเท่ากับ 13 ตามประกาศของธนาคารกรุงเทพ อัตราการรับซื้อไฟฟ้าเป็นไปตามประกาศกระทรวงพลังงานปี 2558 ในเงื่อนไขของการผลิตพลังงานจากขยะซึ่งกำลังผลิตติดตั้งทุกขนาด ค่า FIT คือ 5.6 บาทต่อหน่วย เงินเฟ้อ คือ ราคาสินค้าและบริการเพิ่มสูงขึ้นทำให้ค่าของเงินน้อยลง โดยปกติอัตราเงินเฟ้อเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ต่อปี

2. Sparking Case คือ กรณีที่เกิดภาวะขยะล้นเมืองหรือขาดแคลนพลังงาน ทำให้รัฐบาลต้องออกมาตรการสนับสนุนมากยิ่งขึ้น โดยในภาพเหตุการณ์นี้ รัฐบาลช่วยเงินลงทุนในการก่อสร้างร้อยละ 15 ของเงินลงทุนทั้งหมด และลดภาษีเงินได้ร้อยละ 10

3. Unexpected Case คือ กรณีที่เศรษฐกิจไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ ทำให้รัฐบาลไม่ออกมาตรการสนับสนุนโครงการด้านขยะและพลังงาน จึงไม่มีมาตรการเพิ่มอัตราการรับซื้อไฟฟ้า ราคารับซื้อไฟฟ้าจึงเทียบเท่ากับพลังงานไฟฟ้าถ่านหิน 3.8 บาทต่อหน่วย อีกทั้งเกิดการขยายตัวของปริมาณเงินมากเกินไปทำให้เกิดเงินเฟ้อมากยิ่งขึ้น กำหนดอัตราเงินเฟ้อเพิ่มเป็นร้อยละ 6 และมีดอกเบี้ยเงินกู้ที่เพิ่มสูงขึ้น ร้อยละ 15 ตัวแปรที่ใช้คำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ แสดงดังตาราง 27

ตาราง 27 ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลตอบแทนการลงทุนในกรณีต่างๆ

ตัวแปร	ปริมาณ	หน่วย
ค่าบำรุงรักษา	12,980	บาทต่อเดือน
ค่าแรงงานสายการผลิต 2 คน	360,000	บาทต่อเดือน
ระยะเวลาโครงการ	15	ปี
เงินคืนระหว่างงวด	7	ปี
อัตราเงินกู้:เงินลงทุน	1:1	
ผลตอบแทนผู้ถือหุ้น	15	เปอร์เซ็นต์
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้	2	กิโลวัตต์

จากการประเมินภาพเหตุการณ์ทั้ง 3 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนโครงการ แสดงดังตาราง 28

ตาราง 28 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สมีเทน

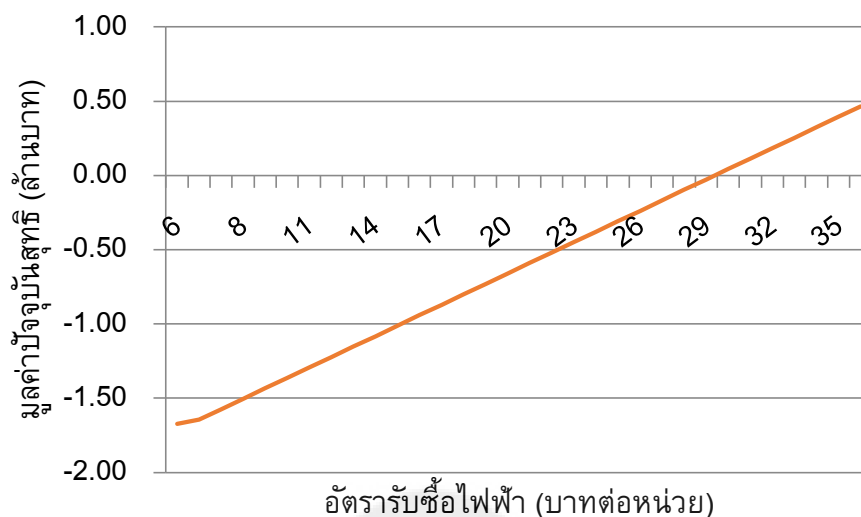
รายการ	BAU Case	Sparking Case	Unexpected Case
ผลตอบแทน	-201%	-200%	-205%
โครงการ(IRR)			
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-1,672,921	-1,645,314	-1,803,782

1. BAU Case คือกรณีที่เป็นไปตามนโยบายที่รัฐบาลประกาศใช้เมื่อ ปี 2558 จากกำลังการผลิตไฟฟ้า 3 กิโลวัตต์ อัตราการรับซื้อไฟฟ้า 5.6 บาทต่อหน่วย จะมีรายได้ 86,000 บาทต่อปี เมื่อนำมาคำนวณหาผลตอบแทนของโครงการพบว่า IRR = -201% และเมื่อคำนวณ มูลค่าปัจจุบันสุทธิพบว่า NPV = -1,672,921 บาท

2. Sparking Case คือรัฐบาลออกมาตรการช่วยเหลือเงินลงทุนร้อยละ 15 ของเงินลงทุนคิดเป็นมูลค่า 101,377 บาท อัตราการรับซื้อไฟฟ้าเป็นไปตามปกติคือ 5.6 บาทต่อหน่วย เมื่อนำมาคำนวณหาผลตอบแทนของโครงการพบว่า IRR = -200% และเมื่อคำนวณ มูลค่าปัจจุบันสุทธิพบว่า NPV = -1,645,314 บาท

3. Unexpected Case คือรัฐบาลไม่ออกมาตรการช่วยเหลือ อัตราการรับซื้อไฟฟ้าเทียบเท่าถ่านหิน ทำให้มีรายรับลดลงเหลือ 58,000 บาทต่อปี เมื่อนำมาคำนวณหาผลตอบแทนพบว่า IRR = -205% และเมื่อคำนวณ มูลค่าปัจจุบันสุทธิพบว่า NPV = -1,803,782 บาท

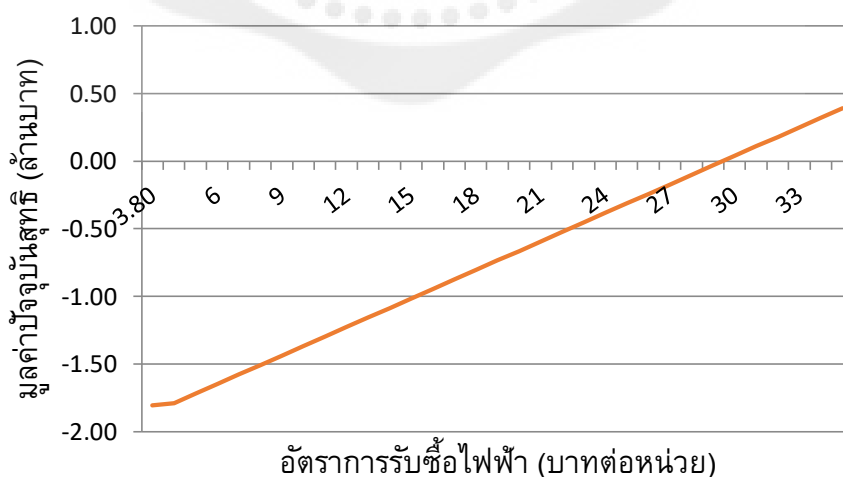
เมื่อนำภาพเหตุการณ์ทั้ง 3 มาเปรียบเทียบกัน พบว่า ไม่มีภาพเหตุการณ์ที่มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนติดลบทั้งหมด ดังนั้น การผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบจึงไม่เหมาะสมแก่การลงทุน จึงได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยการวิเคราะห์ความอ่อนไหว เพื่อให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก ผู้วิจัยจึงเพิ่มตัวแปรคือ อัตราการรับซื้อไฟฟ้า



ภาพประกอบ 33 ความสัมพันธ์อัตราการใช้ไฟฟ้าและมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยี
หลุมฝังกลบ (Sparking Case)

ผลการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ของอัตราการใช้ไฟฟ้ากับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ มีลักษณะแปรผันตรง โดยเมื่ออัตราการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเพิ่มขึ้น (ภาพประกอบ 33) มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ 0 เมื่ออัตราการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 30 บาทต่อหน่วย ดังนั้น โครงการลงทุนได้เมื่อรัฐบาลกำหนดให้อัตราการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 30 บาทต่อหน่วย

เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวภาพเหตุการณ์ Unexpected Case พบว่าอัตราการใช้ไฟฟ้าที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกได้นั้นมีค่าเท่ากับ Sparking Case คือเท่ากับ 30 บาทต่อหน่วย (ภาพประกอบ 34)



ภาพประกอบ 34 ความสัมพันธ์อัตราการใช้ไฟฟ้าและมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยี
หลุมฝังกลบ (Unexpected Case)

ดังนั้นในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวภาพเหตุการณ์ต่างๆนี้ จึงสรุปได้ว่าถ้ารัฐบาลต้องการจะสนับสนุนโครงการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบรัฐบาลต้องเพิ่มอัตราการรับซื้อไฟฟ้าเท่ากับ 30 บาทต่อหน่วย

ซึ่งงานวิจัยนี้มีความแตกต่างกับงานวิจัยของกฤตภาส (2555) ซึ่งได้ศึกษาการประเมินโครงการแปรรูปขยะเป็นพลังงานในเขตกรุงเทพมหานคร (กฤตภาส. 2555) เป็นโครงการแปรรูปขยะเป็นไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการ พบว่าเหมาะสมสำหรับการลงทุน อัตราผลตอบแทน ร้อยละ 9.22 ในขณะที่งานวิจัยนี้ มีปริมาณขยะของเทศบาลนครขอนแก่น มีปริมาณ 250 ตันต่อวัน มีปริมาณน้อยกว่า ปริมาณขยะของกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีปริมาณ 8,820 ตันต่อวัน ส่งผลให้ปริมาณแก๊สมีเทนมีอัตราไม่เพียงพอ

3.3.2 ภาพเหตุการณ์ของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง

จากกรณีฐานของโครงการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง ได้นำมาพัฒนาเป็นภาพเหตุการณ์ 3 เหตุการณ์ เพื่อให้เห็นว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ทั้งได้รับการสนับสนุนและไม่ได้รับการสนับสนุนจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนเป็นอย่างไร ภาพเหตุการณ์ทั้ง 3 ประกอบด้วย 1.กรณีตลาดเติบโตปกติ (BAU Case) 2.กรณีตลาดเติบโตเฟื่องฟู (Sparking Case) 3.กรณีที่ตลาดไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ (Unexpected Case) มีรายละเอียดดังตาราง 29

ตาราง 29 ตัวแปรในภาพเหตุการณ์ต่างๆ สำหรับเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง

	BAU Case	Sparking Case	Unexpected Case	หน่วย
เงินลงทุน	271,500,000	230,775,000	271,500,000	บาท
ดอกเบี้ยเงินกู้	13	7	15	เปอร์เซ็นต์
อัตราการรับซื้อไฟฟ้า	5.6	5.6	3.8	บาทต่อหน่วย
อัตราเงินเฟ้อ	3	3	6	เปอร์เซ็นต์
ภาษีเงินได้	20	10	20	เปอร์เซ็นต์

1. BAU Case คือกรณีในสภาวะปกติเป็นไปตามมาตรการของรัฐบาล ดอกเบี้ยเงินกู้คิดจาก $MRR+5.875$ ซึ่ง MRR (Minimum Retail Rate) มีค่าเท่ากับ 13 ตามประกาศของธนาคารกรุงเทพอัตราการรับซื้อไฟฟ้าเป็นไปตามประกาศกระทรวงพลังงานปี 2558 ในเงื่อนไขผลิตพลังงานจากขยะ กำลังผลิตติดตั้งทุกขนาด ค่า FIT คือ 5.6 บาทต่อหน่วย เงินเฟ้อ คือ ราคาสินค้าและบริการเพิ่มสูงขึ้นทำให้ค่าของเงินน้อยลง โดยปกติอัตราเงินเฟ้อจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ต่อปี

2. Sparking Case คือกรณีที่เกิดภาวะชะลันเมืองหรือขาดแคลนพลังงาน ทำให้รัฐบาลจึงต้องออกมาตรการสนับสนุนมากยิ่งขึ้น โดยในภาพเหตุการณ์นี้รัฐบาลช่วยเงินลงทุนในการก่อสร้างร้อยละ 15 ของเงินลงทุนทั้งหมด และลดภาษีเงินได้ร้อยละ 10

3. Unexpected Case กรณีที่เศรษฐกิจไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ ทำให้รัฐบาลไม่ออกมาตรการสนับสนุนโครงการด้านชะลันและพลังงาน จึงไม่มีมาตรการเพิ่มอัตราการรับซื้อไฟฟ้า ราคาการรับซื้อไฟฟ้าจึงเทียบเท่ากับพลังงานไฟฟ้าถ่านหินที่ราคา 3.8 บาทต่อหน่วย อีกทั้งเกิดการขยายตัวของปริมาณเงินมากเกินไปทำให้เกิดเงินเฟ้อมากยิ่งขึ้นโดยกำหนดอัตราเงินเฟ้อเพิ่มเป็นร้อยละ 6 และมีดอกเบี้ยเงินกู้ที่เพิ่มสูงร้อยละ 15

ตัวแปรที่ใช้คำนวณ จำนวนในระยะเวลาโครงการ 15 ปี จำนวนเงินลงทุนจากค่าซื้อเครื่องจักรและค่าก่อสร้างโรงงานโดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง และมีตัวแปรอื่นๆ ที่ใช้ลงทุนในโครงการดังตาราง 30

ตาราง 30 ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลตอบแทนการลงทุนในกรณีต่างๆ

ตัวแปร	ปริมาณ	หน่วย
ค่าวัตถุดิบ RDF	400	บาทต่อตัน
ค่าบำรุงรักษา	7	เปอร์เซ็นต์ของเงินลงทุนต่อปี
ค่าสารเคมี	50,000	บาทต่อเดือน
ค่าไฟฟ้า หน่วยละ 1.666 บาท	200	บาทต่อตัน
ค่าน้ำ หน่วยละ 15.81 บาท	1	ลูกบาศก์เมตรต่อตัน
ค่าชุดล้างบ่อฝังกลบ	150	บาทต่อตัน
ค่ากำจัดขยะ	150	บาทต่อตัน
ค่าเก็บขนขยะ	100	บาทต่อตัน
ค่าประกันภัยโรงงาน	2	เปอร์เซ็นต์ของเงินลงทุน
สวัสดิการของพนักงาน	50,000	บาทต่อเดือน
ค่าแรงงานแยกขยะ 6 คน	20,000	บาทต่อเดือน
ค่าแรงงานสายการผลิต 6 คน	20,000	บาทต่อเดือน
ระยะเวลาโครงการ	15	ปี
เงินค้ำระหว่างงวด	7	ปี
อัตราเงินกู้:เงินลงทุน	1:1	
ผลตอบแทนผู้ถือหุ้น	15	เปอร์เซ็นต์
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้	4.98	เมกะวัตต์

จากการประเมินศักยภาพด้านพลังงาน พบว่า การผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็งด้วยอัตราการป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้า 50 ตันต่อวัน จะทำให้ผลิตไฟฟ้าได้ 4.98 เมกะวัตต์ชั่วโมง คิดเป็น 68,160 หน่วยต่อวัน อัตราการรับซื้อไฟฟ้าจากรัฐบาลที่กำหนดไว้ในปี 2558 ที่ได้รับคือ 5.6 บาทต่อหน่วย ดังนั้น รายได้จากการขายไฟฟ้าเท่ากับ 381,696 บาทต่อวัน หรือ ถ้าใน 1 ปี ผลิตไฟฟ้า 320 วัน จะขายไฟฟ้าได้ 122,142,720 บาทต่อปี

ตาราง 31 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะแข็ง

รายการ	BAU Case	Sparking Case	Unexpected Case
ผลตอบแทน โครงการ(IRR)	15.6	23.1	-19
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	44,120,397	185,533,564	-200,427,285

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (ตาราง 31) พบว่า

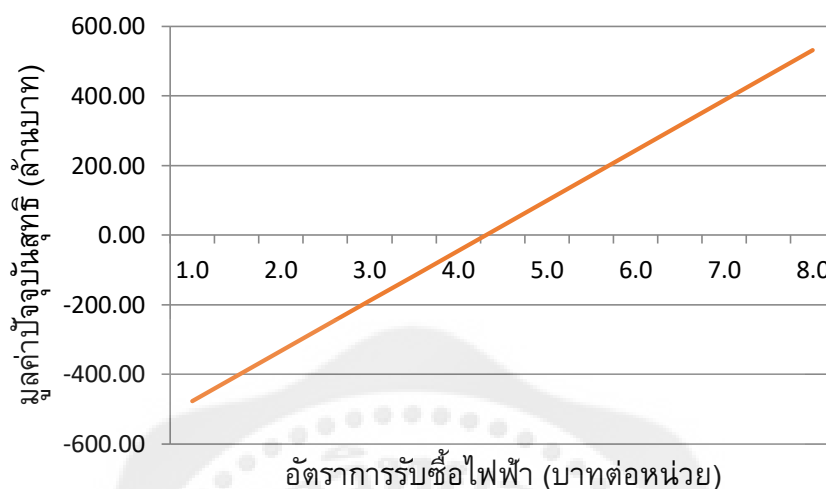
1. BAU Case คือคือกรณีที่ไปเป็นไปตามนโยบายที่รัฐบาลประกาศใช้เมื่อ ปี 2558 จากกำลังการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันไอน้ำ 4.98 เมกะวัตต์ อัตราการป้อนขยะ 50 ตันต่อวัน อัตราการรับซื้อไฟฟ้า 5.6 บาทต่อหน่วย พบว่ามีรายได้ทั้งสิ้น 122,142,720 บาทต่อปี ได้รับอัตราผลตอบแทนเท่ากับร้อยละ 15.6 และมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 44,120,397 บาท

2. Sparking Case โดยรัฐบาลออกมาตรการช่วยเหลือเงินลงทุนร้อยละ 15 ของเงินลงทุน อัตราการรับซื้อไฟฟ้าเป็นไปตามปกติคือ 5.6 บาทต่อหน่วย พบว่า อัตราผลตอบแทนเท่ากับร้อยละ 23.1 และมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 185,533,564 บาท

3. Unexpected Case คือรัฐบาลไม่ออกมาตรการช่วยเหลือ อัตราการรับซื้อไฟฟ้าเทียบเท่าถ่านหิน ทำให้มีรายรับลดลงเหลือ 83,973,120 บาทต่อปี ได้รับอัตราผลตอบแทนเท่ากับร้อยละ -19 และเมื่อคำนวณ มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 200,427,285 บาท

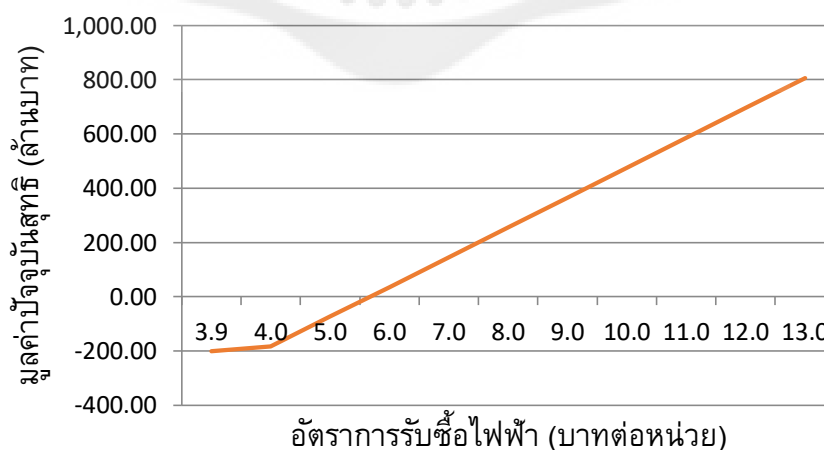
ดังนั้นจากการวิเคราะห์ในภาพเหตุการณ์พบว่าในกรณีฐาน มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีผลเป็นบวก แสดงว่า ผลตอบแทนมากกว่าเงินลงทุน ทำให้โครงการนี้มีกำไร เมื่อได้รับการกระตุ้นดอกเบี้ยเงินกู้ต่ำ จะสามารถทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิยิ่งเพิ่มมากขึ้นประมาณ 4 เท่า แต่เมื่อไม่ได้รับการสนับสนุน มีดอกเบี้ยเงินกู้สูง ไม่ได้รับการสนับสนุนอัตราการรับซื้อไฟฟ้าโดยให้อัตราการรับซื้อไฟฟ้าเทียบเท่าถ่านหิน ผลพบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิติดลบ

ภาพเหตุการณ์ที่สร้างขึ้น แสดงให้เห็นว่า แต่ละกรณีมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนแตกต่างกันมาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ความอ่อนไหวอัตรารับซื้อไฟฟ้าที่มีผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิในแต่ละภาพเหตุการณ์เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความมั่นใจแก่นักลงทุน



ภาพประกอบ 35 ความสัมพันธ์อัตราการรับซื้อไฟฟ้าและมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง (Sparking Case)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราการรับซื้อไฟฟ้าจากเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง ในภาพเหตุการณ์ Sparking Case (ภาพประกอบ 35) อัตราการรับซื้อไฟฟ้าเดิมคือ 5.6 บาทต่อหน่วย แต่เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหว พบว่า อัตราการรับซื้อไฟฟ้ายังสามารถปรับลดลงได้ถึง 4.5 บาทต่อหน่วย ซึ่งอาจเกิดจากนโยบายของรัฐบาล รวมถึงปริมาณพลังงานสำรอง จากการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าในเหตุการณ์ที่ตลาดเฟื่องฟูโครงการนี้ยังมีความน่าลงทุนมากยิ่งขึ้น



ภาพประกอบ 36 ความสัมพันธ์อัตราการรับซื้อไฟฟ้าและมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง (Unexpected Case)

เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราการรับซื้อไฟฟ้าจากเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง ในภาพเหตุการณ์ Unexpected Case (ภาพประกอบ 36) แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดสถานการณ์ที่คาดไม่ถึง รัฐบาลควรเพิ่มอัตรารับซื้อไฟฟ้าเป็น 6 บาทต่อหน่วยขึ้นไป เพื่อให้การลงทุนในโครงการนี้ น่าสนใจและไม่ขาดทุน

ผลจากงานวิจัยมีผลแตกต่างกับงานวิจัยของ อุไรวรรณ (2553) ซึ่งได้ศึกษาด้าน เศรษฐศาสตร์ในการนำขยะมูลฝอยจากพื้นที่ฝั่งกลบในเขตเทศบาลนครภูเก็ตแปรรูปเป็นพลังงาน ด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง ผลการศึกษา พบว่า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 844 ล้านบาท เมื่อพิจารณากรณีที่ต้นทุนของโครงการเพิ่มสูงขึ้น และรายได้ลดลงโครงการจะยังมีความคุ้มค่าทาง เศรษฐศาสตร์ ในขณะที่งานวิจัยนี้มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเพียง 44 ล้านบาท ผลการวิเคราะห์ด้าน เศรษฐศาสตร์ พบว่า การแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยจากพื้นที่ฝั่งกลบในเขตเทศบาล นครภูเก็ต และ การแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยจากพื้นที่ฝั่งกลบในเขตเทศบาล นครขอนแก่น เหมาะสมสำหรับการลงทุนเช่นกัน

ในขณะที่งานวิจัยนี้มีความแตกต่างกับการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้า พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลวในประเทศไทยของวิวัฒน์ (2558) ซึ่งมีอัตราผลตอบแทนมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 12 โดยที่รัฐบาลกำหนดอัตราการรับซื้อไฟฟ้า 6.6145 บาทต่อหน่วย เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้ เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็งได้รับอัตราผลตอบแทนมีค่า เท่ากับ ร้อยละ 15.6 โดยที่รัฐบาลกำหนดอัตราการรับซื้อไฟฟ้า 5.6 บาทต่อหน่วย มีอัตรา ผลตอบแทนที่ดีกว่า และ อัตราการรับซื้อไฟฟ้าเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็งน้อยกว่า ดังนั้น เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็งมีความเหมาะสมสำหรับการลงทุนมากกว่าเทคโนโลยีการผลิตพลังงาน จากแสงอาทิตย์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาความเหมาะสมในการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและ เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง กรณีศึกษาหลุมฝังกลบบ้านคำบอน มีจุดประสงค์ที่จะประเมินพลังงาน ไฟฟ้าและประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของทั้ง 2 เทคโนโลยี ผลสรุปเป็นดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย

ผลการประเมินพลังงานไฟฟ้า จากปริมาณขยะในหลุมฝังกลบที่มีทั้งขยะมูลฝอยที่สามารถ ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ เช่น เศษอาหาร และขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ เช่น พลาสติก จึงได้ถูกนำมาประเมินพลังงานไฟฟ้า

เทคโนโลยีหลุมฝังกลบเป็นเทคโนโลยีสำหรับการประเมินพลังงานของขยะมูลฝอยที่ สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ผลจากการประเมินพบว่า แก๊สมีเทนจากขยะมูลฝอยสามารถ นำไปผลิตไฟฟ้าได้โดยมีขนาดของโรงไฟฟ้า 2 กิโลวัตต์ ซึ่งเป็นขนาดของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ยังมี ศักยภาพไม่เพียงพอ ผลการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า โรงไฟฟ้าจากเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ มีขนาดไม่เพียงพอแก่การลงทุน กระแสเงินเข้าในแต่ละปีน้อยกว่าต้นทุนที่ใช้ในการผลิตพลังงาน ไฟฟ้า ดังนั้น เทคโนโลยีนี้ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน

เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง เป็นเทคโนโลยีสำหรับการประเมินพลังงานของขยะมูลฝอยที่ ไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ผลจากการประเมิน พบว่า เชื้อเพลิงขยะแข็งประเภท พลาสติกสามารถนำไปผลิตไฟฟ้าได้ที่โรงไฟฟ้าขนาด 4.98 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถใช้เป็นโรงไฟฟ้า ขนาดใหญ่ได้ การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ได้จำลองภาพเหตุการณ์ 3 ภาพเหตุการณ์ พบว่า ภาพ เหตุการณ์ตลาดเดบิตโตปกติ มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 44,120,397 บาท อัตราผลตอบแทนร้อยละ 15.6 และเมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหว พบว่า ช่วงอัตรา เพิ่มและลดของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้และอัตราการรับซื้อไฟฟ้าจากภาครัฐมีระดับการปรับลดได้ เล็กน้อยซึ่งทำให้การลงทุนนี้ยังมีระดับความน่าลงทุนไม่มากนัก ภาพเหตุการณ์ตลาดเดบิตโตเฟื่องฟู มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 185,533,564 บาท อัตรา ผลตอบแทนร้อยละ 23.1 และเมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราการรับซื้อไฟฟ้า พบว่า อัตราการ รับซื้อยังสามารถปรับลดได้ถึง 4.5 บาทต่อหน่วย อัตราการรับซื้อนี้จะยังทำให้การลงทุนโครงการนี้ ได้กำไร ภาพเหตุการณ์ตลาดไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ พบว่า ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจาก มี มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ -200,427,285 บาท อัตราผลตอบแทนร้อยละ -19 ถ้าต้องการให้ภาพ

เหตุการณ์นี้เหมาะสมแก่การลงทุนรัฐบาลจำเป็นต้องสนับสนุนอัตราซื้อไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 6 บาทต่อหน่วย

2. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบมีรายได้ในแต่ละปีไม่เพียงพอกับรายจ่ายในการดำเนินงานของโครงการ ดังนั้นการใช้ประโยชน์แก๊สมีเทนที่ได้จากเทคโนโลยีฝังกลบนี้ ควรมีการใช้แก๊สมีเทนผลิตไฟฟ้าสำหรับพื้นที่ในโครงการ นอกจากนี้ยังอาจเพิ่มการคำนวณคาร์บอนเครดิต หรือ คำนวณอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed-in Tariff ในกลุ่มขยะ (การจัดการขยะแบบผสมผสาน)

สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง พบว่า เหมาะสมสำหรับการลงทุน อย่างไรก็ตามโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็งจะยังไม่น่าสนใจจากนักลงทุน เนื่องจากความไม่แน่นอนของแนวทางการจัดการขยะ ที่ทำให้กลุ่มชาวบ้านในพื้นที่ไม่สนับสนุนโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะ ดังนั้นรัฐบาลจึงควรออกนโยบายเป็นแนวทางในการสนับสนุนการจัดการขยะ มีมาตรการส่งเสริมและทำความเข้าใจกับกลุ่มชาวบ้านในพื้นที่ ส่งผลให้ชาวบ้านสนับสนุนผู้ลงทุนโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2540). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2540. หน้า 6.
- (2550). โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ. หน้า 220.
- (2553). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2553.
- (2557). สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2556. หน้า 26.
- (2558). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2557. หน้า 63.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และ บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด. (2551). โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาการผลิตขยะเชื้อเพลิง (RDF).
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554). คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทนชุดที่ 6: พลังงานขยะ. หน้า 51-52.
- กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. (2550). มาตรฐานการจัดการขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล. หน้า 3
- (2550). มาตรฐานการจัดการขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล. หน้า 19
- กรมสรรพากร. (2559). การปรับปรุงโครงสร้างภาษีเงินได้บุคคลธรรมดาใหม่ เริ่มใช้ตั้งแต่ปีภาษี 2560 เป็นต้นไป. หน้า 1.
- กระทรวงพลังงาน. (2558). นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff. หน้า 1.
- กฤตภาส มงคลธำรงกุล; และ ประพิศาริ ธนารักษ์. (2555). การประเมินโครงการแปรรูปขยะเป็นพลังงานในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 55(17): 3-12.
- กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ. (2553). คู่มือการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพกรณีการจัดการขยะมูลฝอยสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. หน้า 3.
- จันทิมา อุทะกะ. (2554). การประเมินทางเศรษฐศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมของการแปรรูปขยะเป็นน้ำมัน. ปรินญาณิพนธ์ วท.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เทศบาลนครขอนแก่น. (2557). โครงการจัดตั้งศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนรวมแบบครบวงจร. ขอนแก่น: กองสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2560). รายงานนโยบายการเงิน ฉบับเดือนกันยายน 2560. กรุงเทพฯ: สำนักสื่อสารสัมพันธ์ ฝ่ายบริหารการสื่อสารองค์กร ธปท.
- บัณฑิต เอื้ออาภรณ์; จินตนา อุบลวัฒน์; และ วิชากร จารุศิริ. (2557). วิธีการสร้างภาพเหตุการณ์อนาคต(Scenario planning). สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ปรัชญา กริโส. (2555). การทดสอบระบบผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยโดยเทคโนโลยีก๊าซซิพีเคชั่นแบบไหลลง. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). นนทบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.
- ปรีพัฒน์ จีงชัยชนะ; และ สุภาวัฒน์ วิวรรณภัทรกิจ. (2555). การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วย Biogas จากขยะ กรณีศึกษา ตลาดไท. วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 9. 2555(1): 73-83.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff. หน้า 4.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2548). รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2548. หน้า 80.
- สุปรียา แสงมณี; วรรัตน์ ปัตตประกร; และ พระพีพัฒน์ ภาสบุตร. (2555). ความเหมาะสมในการแปรรูปถุณมโรงเรียนเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับพื้นที่ภาคตะวันตกและภาคใต้โดยกระบวนการไพโรไลซิส โดยพิจารณาต้นทุนการขนส่ง. การประชุมวิชาการชางานวิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี, 2555 ต.ค. 17-19; เพชรบุรี: กรุงเทพฯ.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2017, October). ตลาดคาร์บอน. สืบค้นเมื่อ 24 ตุลาคม 2560, จาก <http://carbonmarket.tgo.or.th>
- อรอนงค์ บัวอาจ; และ ดร.พรพรรณ สกุลคู. (2558). การประเมินการแพร่ขยายก๊าซมีเทนด้วยวิธี Default, First Order Decay และโปรแกรม LandGEM จากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบเทกองที่มีการควบคุม : กรณีศึกษาพื้นที่เทศบาลเมืองนครพนมจังหวัดนครพนม. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 15(1): 93-104.
- อุไรวรรณ ชิกข่า. (2553). การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการนำขยะมูลฝอยเก่าจากพื้นที่ฝังกลบในเขตเทศบาลนครภูเก็ตเป็นพลังงาน. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- Adriana, P.G. (2014). *Techno-Economic Feasibility Study of a Small Scale Biogas Plant for Treating Market Waste in the City of El Alto*. Dissertation, Master. (KTH School of Industrial Engineering and Management Energy Technology).
- Biofuels Academy. (2014). *Plasma Gasification*. Retrieved December 28, 2017, from <http://biofuelsacademy.org/index.html%3Fp=525.html>.
- Dinesh, S.; & Romeela, M. (2011). *Power Generation from Refuse Derived Fuel. International Conference on Environmental Engineering and Applications*. pp. 242 - 246.

- Eisenmann. (2017, October). *Waste Disposal*. Retrieved December 28, 2017, from <http://www.eisenmann.com/en/products-and-services/environmental-technology/waste-disposal.html>. Gasification edited by H. Knoef. BTG-Biomass Technology Group (BTG), ISBN: 90–810068-1–9. Enschede, The Netherlands.
- Grummel, E.S.; & Davies, I. (1933). *Fuel*. 2011(17): 199-203.
- Hollander, H.I. (1976). Parametric Considerations in Utilizing Refuse Derived Fuels in Existing Boiler Furnaces. *Proceedings of the 1976 National Waste Processing Conference*, 1976 May 23-26; Boston: USA.
- K Stamatelatou. (2014). Biomethane and biohydrogen production via anaerobic digestion and fermentation. *Advances in Biorefineries*. pp. 476 – 524.
- Knoef. 2005. *Practical aspects of biomass gasification*, chapter 3 in Handbook Biomass
- Liban, Yassin. (2009). Techno-economic Performance of Energy from Waste Fluidized Bed Combustion and Gasification Processes in the UK Context. *Chemical Engineering Journal*. pp. 315-327.
- Lowry, H.H. (1947). *Chemistry of Coal Utilization*. Vol. John Wiley & Sons Inc: New York. 138-141.
- Marcio, Montagnana; Vicente, Leme. (2014). Techno-economic Analysis and Environmental Impact Assessment of Energy Recovery from Municipal Solid Waste (MSW) in Brazil. *Resources Conservation and Recycling*. (87): 8-20.
- Maria, F.D; & Pavesi, G. (2006). RDF to Energy Plant for a Central Italian Region SUW Management System: Energetic and Economical Analysis. *Applied Thermal Engineering*. 26: 1291-1300.
- Nainesh Patel. 2014. *Hot Producer Gas Cleaning Systems*. pp. 9.
- Narawute, S.; Nakorn, T.; & Korrakot, Y. (2017). Energetic and Economic Feasibility of RDF to Energy Plant for a Local Thai Municipality. *Energy Procedia*. 17(110): 115-120.
- National Energy Technology Laboratory. (2014). *What is Gasification?*. Retrieved December 28, 2017, from <http://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/publication/photo>.
- Olofsson, I.; Nordin, A.; & Sonderlimd, U. (2005). *Initial Review and Evaluation of Process and Systems Suitable for Cost-Efficient Medium-Scale Gasification for Biomass to Liquid Fuel*. ISSN 1653-0551. ETPC Report 05-02. Sweden: University of Umea.
- Ortiz, O.A.; et al. (2007). *Optimal Operation Profit of a Pilot Rotary Kiln for Charcoal Activation*. Argentina: National University of San Juan.

- Ouda, O.K.M. (2016). Waste to Energy Potential: A Case Study of Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Review*. (61): 328-340.
- Salman, Zafar. (2015). *Gasification of Municipal Wastes*. Bioenergy consult. Retrieved December 28, 2017 from <https://www.bioenergyconsult.com/tag/plasma-gasification>.
- Schuster, F. (1934). *Brennst.-Chemistry*. 25: 45-46.
- Sou Hosokai; et al. (2016). Modification of Dulong's formula to estimate heating value of gas, liquid and solid Fuels. *Fuel Processing Technology*. 2016(152): 399 – 405.
- Umberto Arena. 2013. *Fluidized Bed Technologies for Near-Zero Emission Combustion and Gasification: A volume in Woodhead Publishing Series in Energy*. pp. 765-812.
- US EPA. (2005). *Landfill Gas Emissions Model (LandGem) Version 3.02 User's Guide*. United States Environmental Protection Agency, EPA-600/R-05/047.
- World Energy Outlook. (2016). *Part B: Special Focus on Renewable Energy*. pp. 458.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
การลงพื้นที่สู่ตัวอย่าง





















ภาคผนวก ข
ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์



เศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ (BAU Case)

เดือนที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
การลงทุน (ค่าเครื่องจักร-ค่าจ้าง)	บาท/ปี	137158.20														
	บาท/เดือน	68579.10														
	DE	68579.10														
หนี้สิน																
	บาท/ปี	68,579.10	64,007.16	59,435.22	54,863.28	50,291.34	45,719.40	41,147.46	36,575.52	32,003.58	27,431.64	22,859.70	18,287.76	13,715.82	9,143.88	4,571.94
	บาท/เดือน	5,715.76	5,333.93	4,952.93	4,571.94	4,190.95	3,809.95	3,428.96	3,047.96	2,666.96	2,285.97	1,904.97	1,523.97	1,142.98	761.98	380.98
ดอกเบี้ย M&A ขุดแร่	บาท/ปี	8,618.11	8,023.75	7,429.40	6,835.05	6,240.70	5,646.35	5,051.99	4,457.64	3,863.29	3,268.94	2,674.58	2,080.23	1,485.88	891.53	297.18
	บาท/เดือน	718.18	668.64	619.12	569.59	520.06	470.53	421.00	371.47	321.94	272.41	222.88	173.35	123.82	74.29	24.77
	DE	718.18	668.64	619.12	569.59	520.06	470.53	421.00	371.47	321.94	272.41	222.88	173.35	123.82	74.29	24.77
เงินคืนค่าจ้าง	บาท/ปี	64,007.16	59,435.22	54,863.28	50,291.34	45,719.40	41,147.46	36,575.52	32,003.58	27,431.64	22,859.70	18,287.76	13,715.82	9,143.88	4,571.94	0.00
	บาท/เดือน	5,333.93	4,952.93	4,571.94	4,190.95	3,809.95	3,428.96	3,047.96	2,666.96	2,285.97	1,904.97	1,523.97	1,142.98	761.98	380.98	0.00
	DE	5,333.93	4,952.93	4,571.94	4,190.95	3,809.95	3,428.96	3,047.96	2,666.96	2,285.97	1,904.97	1,523.97	1,142.98	761.98	380.98	0.00
Costs Assets	บาท/ปี	137,158.20	128,014.32	118,870.44	109,726.56	100,582.68	91,438.80	82,294.92	73,151.04	64,007.16	54,863.28	45,719.40	36,575.52	27,431.64	18,287.76	9,143.88
	บาท/เดือน	11,430.68	10,667.87	9,905.87	9,143.88	8,381.88	7,619.88	6,857.88	6,095.88	5,333.88	4,571.88	3,809.88	3,047.88	2,285.88	1,523.88	761.88
	DE	11,430.68	10,667.87	9,905.87	9,143.88	8,381.88	7,619.88	6,857.88	6,095.88	5,333.88	4,571.88	3,809.88	3,047.88	2,285.88	1,523.88	761.88
Net Assets	บาท/ปี	128,044.32	118,870.44	109,726.56	100,582.68	91,438.80	82,294.92	73,151.04	64,007.16	54,863.28	45,719.40	36,575.52	27,431.64	18,287.76	9,143.88	0.00
	บาท/เดือน	10,670.36	9,905.87	9,143.88	8,381.88	7,619.88	6,857.88	6,095.88	5,333.88	4,571.88	3,809.88	3,047.88	2,285.88	1,523.88	761.88	0.00
	DE	10,670.36	9,905.87	9,143.88	8,381.88	7,619.88	6,857.88	6,095.88	5,333.88	4,571.88	3,809.88	3,047.88	2,285.88	1,523.88	761.88	0.00
ภาษีหัก	บาท/ปี	86,016.00	86,016.00	86,016.00	86,016.00	86,016.00	86,016.00	86,016.00	86,016.00	86,016.00	86,016.00	86,016.00	86,016.00	86,016.00	86,016.00	86,016.00
	บาท/เดือน	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00
	DE	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00	7,168.00
ต้นทุนการผลิต	บาท/ปี	372,976.36	384,165.65	395,690.62	407,561.34	419,788.18	432,381.82	445,333.28	458,713.88	472,475.29	486,649.55	501,249.04	516,286.51	531,775.10	547,728.56	564,160.21
	บาท/เดือน	31,081.36	32,013.81	32,974.22	33,963.44	34,957.35	35,956.82	36,961.11	37,971.15	38,986.27	39,996.29	41,001.25	42,011.37	43,026.26	44,036.05	45,040.84
	DE	31,081.36	32,013.81	32,974.22	33,963.44	34,957.35	35,956.82	36,961.11	37,971.15	38,986.27	39,996.29	41,001.25	42,011.37	43,026.26	44,036.05	45,040.84
ค่าวัตถุดิบ	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	บาท/เดือน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าอุปกรณ์	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	บาท/เดือน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าบำรุงรักษา	บาท/ปี	12,976.36	13,365.65	13,766.62	14,179.62	14,605.01	15,043.16	15,494.45	15,959.28	16,438.06	16,931.20	17,439.14	17,962.31	18,501.18	19,056.22	19,627.91
	บาท/เดือน	1,081.36	1,113.80	1,147.22	1,181.64	1,217.08	1,253.60	1,291.20	1,329.85	1,368.67	1,407.60	1,446.60	1,485.69	1,524.76	1,563.85	1,602.99
	DE	1,081.36	1,113.80	1,147.22	1,181.64	1,217.08	1,253.60	1,291.20	1,329.85	1,368.67	1,407.60	1,446.60	1,485.69	1,524.76	1,563.85	1,602.99
ค่าไฟฟ้า	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	บาท/เดือน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าน้ำ	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	บาท/เดือน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าแรงงานภายนอก	บาท/ปี	301.84	370,800.00	381,924.00	393,381.72	405,183.17	417,338.67	429,858.33	442,754.59	456,037.23	469,718.35	483,809.90	498,324.19	513,273.92	528,671.14	544,532.30
	บาท/เดือน	25.15	30,900.00	31,827.00	32,781.81	33,765.26	34,778.22	35,821.53	36,893.72	37,994.77	39,126.54	40,288.33	41,470.35	42,672.83	43,895.93	45,139.36
	DE	25.15	30,900.00	31,827.00	32,781.81	33,765.26	34,778.22	35,821.53	36,893.72	37,994.77	39,126.54	40,288.33	41,470.35	42,672.83	43,895.93	45,139.36
ต้นทุนการบริการ	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	บาท/เดือน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เงินคืนผู้บริการ	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	บาท/เดือน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เงินคืนพนักงาน	บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	บาท/เดือน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kc (ตลอดจนผู้ถือหุ้น)	บาท/ปี	15%														
	บาท/เดือน	1.25%														
	DE	1.25%														
Kd (ตลอดจน M&A)	บาท/ปี	13.00%														
	บาท/เดือน	1.08%														
	DE	1.08%														
WACC (ต้นทุนเฉลี่ย)	บาท/ปี	12.7000%														
	บาท/เดือน	1.0583%														
	DE	1.0583%														
Tax Rate (ภาษีเงินได้บริษัท)	บาท/ปี	20%														
	บาท/เดือน	1.67%														
	DE	1.67%														

เศรษฐศาสตร์เชิงเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ (Unexpected Case)

เดือนที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
เงินลงทุน (ค่าเครื่องจักร-ค่าจ้าง)	119,268.00	บาท ปี														
ส่วนลงทุน	1	บาท ปี														
หนี้สิน																
เงินต้นส่วนลด		68,579.10														
ดอกเบี้ย MEX (หักคืนได้)	15.00%															
เงินคืนจากเงินงวด	15															
เงินต้นปีแรกงวด		68,579.10														
Genex Assets																
ค่าเสื่อม		68,579.10														
Net Assets																
รายได้																
ขายที่ดิน	0%															
ต้นทุนการผลิต																
ค่าเช่าที่ดิน	3%															
ค่าวัสดุอื่น	3%															
ค่าอุปกรณ์	3%															
ค่าประกันภัย	3%															
ค่าไฟฟ้า	5%															
ค่าจ้าง	3%															
ค่าแรงงานภายนอกการผลิต	3%															
ต้นทุนการบริการ																
เงินเดือนผู้บริหาร	3%															
เงินเดือนพนักงาน	3%															
Xc (ดอกเบี้ย MEX)	15%															
Xd (ดอกเบี้ย MEX)	15.00%															
WACC (ต้นทุนเฉลี่ย)	13.5000%															
Tax Rate (ภาษีเงินได้นิติบุคคล)	20%															

เศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีเชิงอะตอม (BAU Case)

โครงสร้างสตริงของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง (Sparking Case)

เดือนที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
เงินลงทุน (ค่าเครื่องจักร-ติดตั้ง)	230775000.00															
ค่าของทุน		265391250.00														
หนี้เงิน		132695625.00														
เงินต้นคืนงวด		132,695,625.00	123,649,250.00	115,002,875.00	106,156,500.00	97,310,125.00	88,463,750.00	79,617,375.00	70,771,000.00	61,924,625.00	53,078,250.00	44,231,875.00	35,385,500.00	26,539,125.00	17,692,750.00	8,846,375.00
ดอกเบี้ย MEX ถูกปรับลด	7.00%		8,979,070.63	7,740,578.13	7,121,331.88	6,502,085.63	5,882,839.38	5,263,593.13	4,644,346.88	4,025,100.63	3,405,854.38	2,786,608.13	2,167,361.88	1,548,115.63	928,869.38	309,623.13
เงินคืนะช่วงงวด	15		8,846,375.00	8,846,375.00	8,846,375.00	8,846,375.00	8,846,375.00	8,846,375.00	8,846,375.00	8,846,375.00	8,846,375.00	8,846,375.00	8,846,375.00	8,846,375.00	8,846,375.00	8,846,375.00
เงินต้นปลงงวด		123,849,250.00	115,002,875.00	106,156,500.00	97,310,125.00	88,463,750.00	79,617,375.00	70,771,000.00	61,924,625.00	53,078,250.00	44,231,875.00	35,385,500.00	26,539,125.00	17,692,750.00	8,846,375.00	0.00
Green Assets		265,391,250.00	247,698,500.00	230,005,750.00	212,313,000.00	194,620,250.00	176,927,500.00	159,234,750.00	141,542,000.00	123,849,250.00	106,156,500.00	88,463,750.00	70,771,000.00	53,078,250.00	35,385,500.00	17,692,750.00
ค่าใบใบ		17,692,750.00	17,692,750.00	17,692,750.00	17,692,750.00	17,692,750.00	17,692,750.00	17,692,750.00	17,692,750.00	17,692,750.00	17,692,750.00	17,692,750.00	17,692,750.00	17,692,750.00	17,692,750.00	17,692,750.00
Xes Assets	15	247,698,500.00	230,005,750.00	212,313,000.00	194,620,250.00	176,927,500.00	159,234,750.00	141,542,000.00	123,849,250.00	106,156,500.00	88,463,750.00	70,771,000.00	53,078,250.00	35,385,500.00	17,692,750.00	0.00
รายได้		122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00
ขายให้ครัว	0%		122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00	122,142,720.00
เงินทุนการติดตั้ง		45,323,910.00	44,637,551.30	46,088,633.04	47,588,844.99	49,139,940.85	50,743,741.31	52,402,135.80	54,117,086.23	55,890,029.49	57,724,880.59	59,622,035.82	61,584,376.16	63,614,270.67	65,714,180.17	67,886,661.03
ค่ารถที่คืน	5%		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าที่ดิน	3%	2.77	6,400,000.00	6,592,000.00	6,789,760.00	6,993,452.80	7,203,556.38	7,419,354.08	7,641,934.70	7,871,927.74	8,107,338.52	8,350,548.38	8,601,064.83	8,859,096.77	9,124,869.68	9,398,615.77
ค่าอุปกรณ์	3%	2.52	5,815,000.00	5,989,965.00	6,169,663.95	6,354,735.87	6,545,396.48	6,741,738.38	6,944,011.13	7,153,331.46	7,366,901.41	7,587,908.45	7,815,545.70	8,050,012.08	8,291,512.44	8,540,257.81
ค่าอุปกรณ์การ	3%	7.00	16,134,280.00	16,638,877.50	17,138,043.83	17,653,185.14	18,181,750.69	18,727,203.21	19,309,019.31	19,867,689.89	20,463,720.59	21,077,632.20	21,709,961.17	22,361,260.01	23,032,097.81	23,723,060.74
ค่าไฟฟ้า	5%	2.31	5,331,200.00	5,397,760.00	5,877,648.00	6,171,530.40	6,480,106.92	6,804,112.27	7,144,317.88	7,501,533.77	7,876,610.46	8,270,400.99	8,683,963.03	9,118,161.19	9,574,069.25	10,052,772.71
ค่าน้ำ	0.11	252,960.00	260,518.80	268,365.26	276,416.22	284,708.71	293,249.97	302,047.47	311,108.89	320,442.16	330,055.42	339,957.09	350,155.80	360,660.47	371,480.29	382,624.70
ค่าขนส่งไปยังโรงงาน	3%		2,472,000.00	2,516,160.00	2,625,544.80	2,701,221.14	2,782,257.78	2,865,725.51	2,951,697.28	3,040,248.20	3,131,455.64	3,225,599.31	3,322,161.29	3,421,826.13	3,524,480.91	3,630,215.34
ค่าที่ค้ชนะ	3%		2,472,000.00	2,516,160.00	2,625,544.80	2,701,221.14	2,782,257.78	2,865,725.51	2,951,697.28	3,040,248.20	3,131,455.64	3,225,599.31	3,322,161.29	3,421,826.13	3,524,480.91	3,630,215.34
ค่าปุ๋ย-ปุ๋ยคอก	3%		1,600,000.00	1,648,000.00	1,697,440.00	1,746,565.20	1,800,814.10	1,854,838.52	1,910,483.67	1,967,796.18	2,026,632.13	2,087,637.09	2,150,266.21	2,214,774.19	2,281,217.42	2,349,653.94
ค่าแรงงานสายการผลิต	3%	1.25	2,880,000.00	2,946,400.00	3,055,392.00	3,147,053.76	3,241,465.37	3,338,709.33	3,438,870.61	3,542,036.73	3,648,297.83	3,757,746.77	3,870,479.17	3,986,593.55	4,106,191.35	4,229,377.09
ต้นทุนการผลิต			3,708,000.00	3,810,240.00	3,933,877.20	4,051,831.72	4,173,386.07	4,298,588.27	4,427,545.92	4,560,771.29	4,698,321.01	4,838,098.97	4,983,241.93	5,132,739.19	5,286,721.37	5,445,325.01
เงินต้นทุนการ	3%		2,472,000.00	2,516,160.00	2,625,544.80	2,701,221.14	2,782,257.78	2,865,725.51	2,951,697.28	3,040,248.20	3,131,455.64	3,225,599.31	3,322,161.29	3,421,826.13	3,524,480.91	3,630,215.34
เงินต้นทุนการ	3%		1,200,000.00	1,236,000.00	1,273,080.00	1,311,272.40	1,391,128.89	1,432,862.76	1,475,846.64	1,520,124.10	1,565,227.82	1,612,699.66	1,661,080.64	1,710,913.06	1,762,240.46	1,815,107.67
Xc (ลดต้นทุน)	15%															
Xd (ลดต้นทุน)	7.00%															
WACC (ต้นทุนเฉลี่ย)	10.6500%															
Tax Base (ภาษีเงินได้บุคคล)	10%															

เศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแข็ง (Unexpected Case)

ปี	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ปีเริ่มต้น																
ปีลงทุน (ค่าตั้งต้น-ค่าตั้ง)		31,222,500.00														
ส่วนลงทุน		15,611,500.00														
หนี้สิน		15,611,500.00														
ปีเริ่มต้น		15,611,500.00	147,705,500.00	135,297,500.00	124,890,000.00	114,482,500.00	104,075,000.00	93,667,500.00	83,260,000.00	72,852,500.00	62,445,000.00	52,037,500.00	41,630,000.00	31,222,500.00	20,815,000.00	10,407,500.00
ดอกเบี้ย MEX ปีที่เริ่มต้น		22,656,312.50	21,073,187.50	19,514,062.50	17,952,297.50	16,391,812.50	14,830,687.50	13,269,562.50	11,708,437.50	10,147,312.50	8,586,187.50	7,025,062.50	5,463,937.50	3,902,812.50	2,341,687.50	780,562.50
ปีเริ่มต้น		10,407,500.00	10,407,500.00	10,407,500.00	10,407,500.00	10,407,500.00	10,407,500.00	10,407,500.00	10,407,500.00	10,407,500.00	10,407,500.00	10,407,500.00	10,407,500.00	10,407,500.00	10,407,500.00	10,407,500.00
ปีเริ่มต้น		145,705,000.00	135,297,500.00	124,890,000.00	114,482,500.00	104,075,000.00	93,667,500.00	83,260,000.00	72,852,500.00	62,445,000.00	52,037,500.00	41,630,000.00	31,222,500.00	20,815,000.00	10,407,500.00	0.00
Gross Assets		312,225,000.00	291,410,000.00	270,595,000.00	249,780,000.00	228,965,000.00	208,150,000.00	187,335,000.00	166,520,000.00	145,705,000.00	124,890,000.00	104,075,000.00	83,260,000.00	62,445,000.00	41,630,000.00	20,815,000.00
ค่าเสื่อม		20,815,000.00	20,815,000.00	20,815,000.00	20,815,000.00	20,815,000.00	20,815,000.00	20,815,000.00	20,815,000.00	20,815,000.00	20,815,000.00	20,815,000.00	20,815,000.00	20,815,000.00	20,815,000.00	20,815,000.00
Net Assets		291,410,000.00	270,595,000.00	249,780,000.00	228,965,000.00	208,150,000.00	187,335,000.00	166,520,000.00	145,705,000.00	124,890,000.00	104,075,000.00	83,260,000.00	62,445,000.00	41,630,000.00	20,815,000.00	0.00
กำไรสุทธิ		83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00
กำไรสุทธิ		83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00	83,973,120.00
กำไรสุทธิ		46,890,160.00	49,213,109.60	52,695,896.18	55,857,649.85	59,206,108.94	62,761,655.48	66,527,354.81	70,518,996.10	74,750,135.86	79,235,144.01	83,989,252.66	89,028,607.82	94,370,324.38	100,035,543.74	106,034,494.37
กำไรสุทธิ		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
กำไรสุทธิ		6,400,000.00	6,784,000.00	7,191,000.00	7,622,502.40	8,079,852.54	8,564,643.70	9,076,522.32	9,623,233.66	10,200,627.68	10,812,665.34	11,461,423.26	12,149,110.77	12,878,057.42	13,650,740.86	14,469,783.32
กำไรสุทธิ		2.36	7,027,800.00	7,449,488.00	7,896,256.08	8,370,222.54	8,872,435.58	9,404,781.71	9,969,086.62	10,567,212.73	11,201,245.50	11,873,320.23	12,585,719.44	13,340,862.61	14,141,314.56	14,989,792.23
กำไรสุทธิ		2.44	6,650,000.00	7,027,800.00	7,449,488.00	7,896,256.08	8,370,222.54	8,872,435.58	9,404,781.71	9,969,086.62	10,567,212.73	11,201,245.50	11,873,320.23	12,585,719.44	13,340,862.61	14,141,314.56
กำไรสุทธิ		7.00	19,035,000.00	20,145,300.00	21,340,618.00	22,635,259.08	23,993,374.62	25,432,977.10	26,958,945.73	28,574,493.07	30,291,547.62	32,108,547.62	34,033,060.47	36,077,164.10	38,241,793.95	40,536,301.58
กำไรสุทธิ		1.86	5,531,200.00	5,651,072.00	5,994,183.32	6,349,244.50	6,706,517.17	7,134,848.20	7,564,402.99	8,001,613.64	8,497,122.85	9,046,890.23	9,647,367.24	10,290,209.27	10,977,421.83	12,053,331.17
กำไรสุทธิ		0.09	252,260.00	264,137.60	284,225.86	301,279.41	319,356.17	338,828.59	360,388.31	403,179.81	427,370.60	453,014.83	480,193.60	509,005.22	539,545.53	571,912.26
กำไรสุทธิ		2,400,000.00	2,544,000.00	2,696,640.00	2,858,338.40	3,029,944.70	3,211,741.39	3,404,445.87	3,608,712.62	3,825,335.38	4,054,749.50	4,298,034.47	4,555,916.54	4,829,271.53	5,119,027.82	5,426,169.49
กำไรสุทธิ		2,400,000.00	2,544,000.00	2,696,640.00	2,858,338.40	3,029,944.70	3,211,741.39	3,404,445.87	3,608,712.62	3,825,335.38	4,054,749.50	4,298,034.47	4,555,916.54	4,829,271.53	5,119,027.82	5,426,169.49
กำไรสุทธิ		1,600,000.00	1,696,000.00	1,797,780.00	1,905,625.60	2,019,963.14	2,141,160.92	2,269,630.58	2,405,888.41	2,550,156.92	2,703,166.33	2,865,356.31	3,037,277.69	3,219,514.35	3,412,685.22	3,617,444.33
กำไรสุทธิ		2,800,000.00	2,800,000.00	2,800,000.00	2,800,000.00	2,800,000.00	2,800,000.00	2,800,000.00	2,800,000.00	2,800,000.00	2,800,000.00	2,800,000.00	2,800,000.00	2,800,000.00	2,800,000.00	2,800,000.00
กำไรสุทธิ		1.06	3,052,000.00	3,255,998.00	3,480,126.08	3,653,933.64	3,854,089.66	4,085,335.04	4,339,455.15	4,590,382.45	4,866,699.40	5,157,641.37	5,467,999.85	5,795,125.84	6,142,833.39	6,511,403.39
กำไรสุทธิ		2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00
กำไรสุทธิ		0.00	1,200,000.00	1,272,000.00	1,348,320.00	1,429,119.20	1,514,972.35	1,605,870.69	1,702,222.93	1,804,336.31	1,912,617.69	2,027,374.75	2,149,017.24	2,277,958.27	2,414,635.77	2,559,513.91
กำไรสุทธิ		0.00	1,200,000.00	1,272,000.00	1,348,320.00	1,429,119.20	1,514,972.35	1,605,870.69	1,702,222.93	1,804,336.31	1,912,617.69	2,027,374.75	2,149,017.24	2,277,958.27	2,414,635.77	2,559,513.91
กำไรสุทธิ		0.5	15.00%	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
กำไรสุทธิ		15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
กำไรสุทธิ		13.5000%	13.5000%	13.5000%	13.5000%	13.5000%	13.5000%	13.5000%	13.5000%	13.5000%	13.5000%	13.5000%	13.5000%	13.5000%	13.5000%	13.5000%
กำไรสุทธิ		20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%



ประวัตย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายอรรถสิทธิ์ สำหรับ
วัดเดือนปีเกิด	11 กรกฎาคม 2531
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	12 ตรอกสารพัดช่าง ถนนวิสุทธิกษัตริย์ แขวงวัดสามพระยา เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200
หน้าที่การงานปัจจุบัน	ครุคณิศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนทิวไผ่งาม
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2555	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาคณิศาสตร์ประยุกต์) จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
พ.ศ. 2561	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ