การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากไบโอก๊าซโดยเทคนิค LCA

ปาริชาติ แย้มศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

สิงหาคม 2560

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ปาริชาติ แย้มศรี ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร. สมชาย ดารารัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.จูงใจ ปั้นประณต)

..... กรรมการ
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

..... กรรมการ
(ดร. สมชาย ดารารัตน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิทวัส แจ้งเอี่ยม)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)
วันที่ 17 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร. อาณัติ ดีพัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และดร. สมชาย ดารารัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้องตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ขอบพระคุณอาจารย์ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในทุกด้านจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จูงใจ ปั้นประณต และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิทวัส แจ้งเอี่ยม ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจวิจารณ์ผลงาน รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขงานวิจัยให้มีคุณภาพ

เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ส่วนหนึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากโครงการภาคีบัณฑิตของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (ว.ว.) จึงขอขอบพระคุณ ณ ที่นี้ด้วย และขอขอบคุณวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ทุนและให้โอกาสผู้วิจัยได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ คุณพ่อ และทุกคนที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

ปาริชาติ แย้มศรี

55910258: สาขาวิชา: วิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม; วศ.ม. (วิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม)
คำสำคัญ: การประเมินวัฏจักรชีวิต/ ไบโอก๊าซ/ การผลิตไฟฟ้า/ น้ำเสียจากโรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร

ปาริชาติ แย้มศรี: การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากไบโอก๊าซโดยเทคนิค LCA (ENVIRONMENTAL IMPACTS OF ELECTRICITY PRODUCED FROM BIOGAS BY USING LIFE CYCLE ASSESSMENT) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: อาณัติ ดีพัฒนา, Ph.D., สมชาย ดารารัตน์, Ph.D. 51 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ผลิตและส่งออกสินค้าเกษตรและอาหารที่ใหญ่ที่สุดในโลกซึ่งได้แก่ ข้าวแป้งมันสำปะหลังข้าวโพดแปรรูปสดแช่แข็ง ในการผลิตมีน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงเกิดขึ้น ซึ่งน้ำเสียเหล่านั้นสามารถนำมาผลิตไบโอก๊าซเป็นพลังงานเพื่อนำกลับไปใช้ในโรงงานได้ แต่การได้มาซึ่งพลังงานนั้นต้องพิจารณาถึงเรื่องของผลกระทบที่จะเกิดกับสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปด้วย หากได้พลังงานมาใช้แต่การผลิตพลังงานนั้นทำให้เกิดผลหรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก พลังงานที่ได้ก็อาจจะไม่ถือว่าเป็นทางเลือกที่ดีนัก จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงผลกระทบต่อโลกและสิ่งแวดล้อมที่อาจจะเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ เพื่อช่วยในการปรับปรุงและหาแนวทางในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นเพื่อให้เราได้ทั้งพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่ดีควบคู่กันไป การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment - LCA) ของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ กำหนดหน่วยการทำงานคือ ไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง จากการศึกษาพบว่าการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการเกิดภาวะโลกร้อนมากที่สุดรองลงมาคือ การเกิดฝนกรด การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุในน้ำ ผลกระทบต่อระบบนิเวศของน้ำ ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ โดยขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพและเมื่อประเมินความคุ้มทุนในการลงทุนพบว่าระยะเวลาคืนทุนโครงการอยู่ที่ 4.5 ปีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 11,661,614.53 บาท อัตราผลตอบแทนโครงการ IRR 21% เมื่อเทียบกับอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่กำหนดไว้ 15% แต่ IRR มีค่ามากกว่า จึงถือว่าเป็นโครงการที่สามารถทำการได้

55910258: MAJOR: CHEMICAL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING; M.Eng. (CHEMICAL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING)
KEYWORDS: LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)/ BIOGAS/ ELECTRICITY/ AGRICULTURAL WASTEWATER

PARICHAT YAMSRI: ENVIRONMENTAL IMPACTS OF ELECTRITY PRODUCED FROM BIOGAS BY USING LIFE CYCLE ASSESSMENT. ADVISORY COMMITTEE: ANAT DEEPATANA, Ph.D., SOMCHAI DARARAT, Ph.D. 51 P. 2017.

Thailand is one of the largest producers and exporters of agricultural and food products in the world, including tapioca, fresh and frozen corn. In this process produce high organic wastewater its can be used to produce biogas. From various environmental impact analyst conducted in recent years have shown that in comparison to use of fossil fuels, using biogas production or bio methane for power generation lead to reduced greenhouse gas emission. Most of them have assessed the sustainability of biogas production for base load electricity generation.

The aim of this study was to evaluate Life Cycle Assessment (LCA) based on primary and secondary data associated with the generation of electricity from biogas produced by anaerobic digestion of agricultural products. The functional unit of the study is 1 kW electricity per hour. Results show that global warming potential (GWP) is identified as the most significant environmental impact category followed by acidification potential (AP), Eutrophication potential (EP), photochemical oxidation potential (POCP), and human toxicity potential (HTP).The economic value assessment of the biogas power plant the results show that Payback Period (PB) is 4.5 years, Net Present Value (NPV) 11,661,614.53 Bath, Internal Rate of Return (IRR) 21%

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่	
1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
วัตถุประสงค์ของโครงงาน	3
ขอบเขตของโครงงาน	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ทฤษฎี	4
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	21
ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ	21
การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ	29
4 ผลการวิจัย	31
ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ	31
การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ	35
ทางเลือกและแนวทางการนำก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ	36
5 อภิปรายและสรุปผล	38
ข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม	40
ภาคผนวก	42
ภาคผนวก ก	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข	46
ประวัติย่อของผู้วิจัย	51

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ข้อมูลงานวิจัยอื่นๆที่ประเมินความคุ้มทุนโครงการ	20
3-1	ข้อมูลเบื้องต้นของบริษัท	21
3-2	ข้อมูลการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพ	29
3-3	ข้อมูลการลงทุนผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ	29
4-1	ข้อมูลการลงทุน	35
4-2	ผลจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ	36
4-3	แสดงภาพรวมแนวทางการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในด้านต่างๆ	37

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	แผนภาพกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานกระป๋อง	5
2-2	กรอบการดำเนินงาน LCA ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040	10
2-3	ขอบเขตของระบบที่กำหนดตามความเหมาะสมเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมาย	12
2-4	แผ่นรวบรวมข้อมูลรายการบัญชีสิ่งแวดล้อม	14
2-5	การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ	15
3-1	ขอบเขตการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ	24
3-2	การจำแนกผลกระทบ	27
3-3	ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารแต่ละชนิด	28
4-1	ปริมาณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพ	32
4-2	ปริมาณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์	33
4-3	เปรียบเทียบปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อม	34

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ข้าวโพดกระป๋องเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทางการเกษตรของไทย ที่มียอดส่งออกเป็นอันดับต้น ๆ ของโลกและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มปริมาณการส่งออกขึ้นเรื่อยๆ โดยทั่วไปแล้วกระบวนการการผลิตข้าวโพดกระป๋องจะมีขั้นตอนดังนี้ ปอกเปลือก ตัดแต่ง ล้าง คัดขนาด บรรจุกระป๋อง เติมน้ำตาล เกลือ ไล่อากาศ อบฆ่าเชื้อ แล้วจึงได้เป็นผลิตภัณฑ์เป็นข้าวโพดกระป๋อง นอกจากผลิตภัณฑ์หลักที่ได้แล้วยังมีน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตอีกด้วย น้ำเสียที่เกิดขึ้นนี้จะถูกส่งไปบำบัดก่อนการปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะ กระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปแบ่งได้ 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ การบำบัดทางเคมี ทางกายภาพและทางชีวภาพ เนื่องจากน้ำเสียของโรงงานผลิตข้าวโพดกระป๋องที่กล่าวมานี้เป็นน้ำเสียที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจนและซัลเฟอร์ ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงนิยมบำบัดด้วยวิธีการทางชีวภาพ กระบวนการบำบัดทางชีวภาพนี้ยังสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามชนิดของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้แก่ การบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศหรือเรียกอีกอย่างว่าแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic process) และการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศหรือเรียกอีกอย่างว่าแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic process) กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน เป็นวิธีการบำบัดที่ต้องมีการเติมออกซิเจนลงไปในน้ำเสียเพื่อให้จุลินทรีย์ได้ใช้ออกซิเจนในการทำปฏิกิริยาชีวเคมีเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจนได้ผลผลิตสุดท้าย คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ เซลล์ของจุลินทรีย์และแอมโมเนีย ส่วนกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน กระบวนการนี้ไม่ต้องเติมออกซิเจนลงไปในน้ำเสีย สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน จนได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทนและก๊าซอื่น ๆ อีกเล็กน้อย ปัจจุบันโรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรส่วนใหญ่นิยมใช้ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพราะนอกจากจะไม่ส่งกลิ่นเหม็นรบกวนต่อผู้คนที่อาศัยอยู่โดยรอบบริเวณโรงงานแล้วยังประหยัดไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ในการเติมออกซิเจนให้แก่ระบบและที่สำคัญคือได้ก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ก๊าซชีวภาพที่ได้ยังสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานในการหุงต้มอาหารหรือผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ได้อีกด้วย ก๊าซชีวภาพที่เกิดจากกระบวนการนี้ มีก๊าซมีเทนเป็นส่วนประกอบหลัก (35-65%) รองลงมาคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (15-50%) และองค์ประกอบ

อื่น ๆ อีกเล็กน้อย เช่น แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และไอน้ำ (Katherine, Xavier, Gara, Laura, & Lidia, 2012) จากที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่าน้ำเสียจากโรงงานที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานเพื่อนำกลับไปใช้ในโรงงานได้ และก่อให้เกิดผลดีกับโรงงานอย่างมากในยุคที่หลายประเทศทั่วโลกรวมถึงประเทศไทยต่างประสบกับปัญหาความมั่นคงทางด้านพลังงาน เนื่องจากพลังงานที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันส่วนมากมาจากแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด (Francesco, Sergio,2010; Martina, Shane & Philip, 2012) และไม่เพียงพอต่อความต้องการพลังงานในปัจจุบัน อีกทั้งการแปรรูปจากฟอสซิลเป็นน้ำมันนั้น ยังปล่อยก๊าซที่ทำลายสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) และภาวะโลกร้อนนี้เองที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศไปทั่วทั้งโลก ทำให้เกิดภัยพิบัติต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นน้ำท่วม ไฟไหม้ แผ่นดินไหว เป็นต้น สาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อนมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ ได้แก่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) กลุ่มไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) และก๊าซอื่นๆก๊าซเหล่านี้เกิดขึ้นจากการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ ตัดไม้ทำลายป่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถยนต์เพื่อใช้ในการคมนาคม การผลิตกระแสไฟฟ้า และการปล่อยของเสียจากการผลิตในภาคอุตสาหกรรม พลังงานไม่เพียงพอและความต้องการพลังงานมีมากขึ้นไม่สิ้นสุด นักวิจัยหลาย ๆ ประเทศเริ่มให้ความสนใจกับพลังงานทางเลือกรูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นพลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานจากก๊าซชีวภาพได้รับความสนใจอย่างมากแต่ถึงจะมีความสนใจและต้องการพลังงานมากก็ตาม ก็จะต้องให้ความใส่ใจกับเรื่องของสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปด้วย การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อทดแทนพลังงานจากฟอสซิลอาจจะเป็นทางเลือกที่ดีก็จริง แต่ต้องพิจารณาถึงเรื่องของผลกระทบที่จะเกิดกับสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปด้วย หากเราได้พลังงานมาใช้แต่การผลิตพลังงานนั้นทำให้เกิดผลหรือส่งผลกระทบต่อโลกมาก พลังงานที่ได้ก็อาจจะไม่ถือว่าเป็นทางเลือกที่ดีนัก จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงผลกระทบต่อโลกและสิ่งแวดล้อมที่อาจจะเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อช่วยในการปรับปรุงและหาแนวทางในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นเพื่อให้เราได้ทั้งพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่ดีควบคู่กันไปด้วย โดยจะใช้การวิเคราะห์วงจรชีวิตและประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment: LCA) เป็นเครื่องมือช่วยในการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตนี้

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมควบคู่กับการศึกษาและประเมินความคุ้มทุนของผลตอบแทนทางการเงิน ของระบบการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโรงงานตัวอย่างที่ใช้น้ำเสียจากกระบวนการทำข้าวโพดกระป๋องมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยการวิเคราะห์วงจรชีวิตและประเมินผล

กระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของทุกกระบวนการตั้งแต่การนำน้ำเสียเข้าสู่บ่อพัก การผลิตก๊าซชีวภาพกระบวนการในการย่อยสลายภายในบ่อหมัก ครอบคลุมถึงกระบวนการนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปใช้ประโยชน์อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของระบบการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพในโรงงานตัวอย่าง โดยวิเคราะห์วงจรชีวิต (LCA) ของการดำเนินการจากแหล่งที่มาวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพรวมถึงกระบวนการในการย่อยสลาย การผลิตไฟฟ้าและประเมินประเภทผลกระทบที่สร้างขึ้น
2. เพื่อศึกษาและประเมินความคุ้มทุนของผลตอบแทนทางการเงินของการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ
2. ศึกษาความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพของน้ำเสียจากโรงงานผลิตข้าวโพดกระป๋อง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบปัจจัยที่มีผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของระบบการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพในโรงงานนี้ เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงให้ตรงจุด
2. ทราบความคุ้มทุนหรือจุดคุ้มทุนของโครงการเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจของโครงการอื่น
3. จำแนกประเภทของผลกระทบที่เกิดขึ้นได้และหาแนวทางแก้ไขหรือป้องกัน
4. มีความรู้ความเข้าใจในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎี

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องโครงงานวิจัยนี้ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของกระบวนการผลิตข้าวโพดกระป๋องในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเป็นที่มาของน้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่เรานำมาใช้ในการทำก๊าซชีวภาพ ทฤษฎีการผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ และกระบวนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์รวมถึงการประเมินทางเศรษฐศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินและความคุ้มค่าของซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. กระบวนการผลิตข้าวโพดกระป๋อง

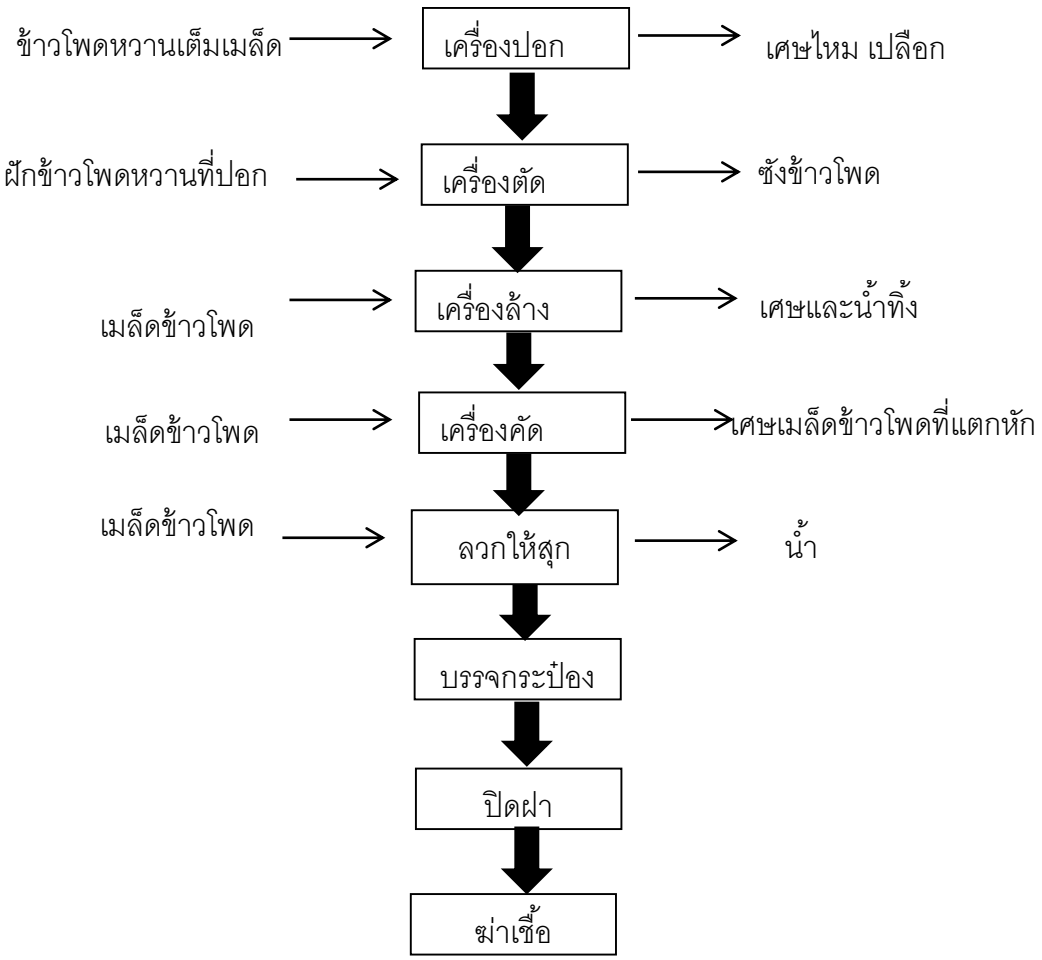
กระบวนการผลิตข้าวโพดกระป๋องเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมส่งออกของไทย โดยมีกระบวนการแสดงดังภาพที่ 2-1 ซึ่งกระบวนการดังกล่าวได้มีการใช้น้ำและมีน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์เกิดขึ้น

2. กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

โดยทั่วไปแล้วกระบวนการบำบัดน้ำเสียมีอยู่ด้วยกัน 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.1 การบำบัดทางกายภาพ เป็นกระบวนการแยกของแข็งที่ส่วนใหญ่เป็นของแข็งแขวนลอยขนาดใหญ่ที่สามารถตกตะกอนด้วยตนเองได้โดยง่ายเช่น ขยะต่าง ๆ ที่มากับน้ำเสีย กรวดทรายหรือไขมันน้ำมัน ในน้ำเสียออกก่อนที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดขั้นถัดไป

2.2 การบำบัดทางเคมี เป็นกระบวนการเติมสารเคมีไปในน้ำเสีย เพื่อบำบัดให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการก่อนจะปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ มักจะใช้กระบวนการบำบัดเช่นนี้กับน้ำเสียที่มีค่าพีเอช (pH) สูงหรือต่ำเกินไป มีโลหะหนักที่เป็นพิษ มีตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ยาก เป็นต้น



ภาพที่ 2-1 แผนภาพกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานกระป๋อง (เฉลิมฉัตร จันทร์อินทร์, 2545)

2.3 การบำบัดทางชีวภาพ เป็นกระบวนการที่ใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดสารอินทรีย์ทั้งที่เป็นคอลลอยด์และแขวนลอยรวมทั้งสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย สารอินทรีย์ที่บำบัดได้มักจะต้องเป็นสารอินทรีย์ที่สามารถถูกใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ได้ น้ำเสียจากโรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรมีองค์ประกอบหลัก คือ สารอินทรีย์ สารอินทรีย์ในน้ำเสียนี้ ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates) โปรตีน (Protein) และไขมัน (Lipid) ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพเป็นแหล่งคาร์บอนของจุลินทรีย์ได้ดีทำให้ความสกปรกในน้ำเสียลดลง ดังนั้นจึงนิยมใช้กระบวนการทางชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทนี้ (สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์, 2552)

3. ก๊าซชีวภาพ (Biogas)

ก๊าซชีวภาพหรือไบโอก๊าซ เป็นผลพลอยได้จากระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยเกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจนกระบวนการย่อยสลายประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น ไขมัน แป้ง และโปรตีน ให้มีโมเลกุลมีขนาดเล็กลงและอยู่ในรูปสารละลายและจุลินทรีย์สามารถนำเข้าสู่เซลล์ได้จากนั้นจุลินทรีย์จะทำการย่อยต่อจนกลายเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile acids) โดยจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด (Acid-Producing bacteria) และขั้นตอนการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้เป็นแก๊สมีเทน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยจุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทน (Methane-Producing bacteria) การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตแก๊สมีปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

3.1 อุณหภูมิ (Temperature) การย่อยสลายอินทรีย์และการผลิตแก๊สในสภาพปราศจากออกซิเจน สามารถเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมากตั้งแต่ 4-60 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์

3.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นกรด-ด่าง มีความสำคัญต่อการหมักมาก ช่วง pH ที่เหมาะสมอยู่ในระดับ 6.6-7.5 ถ้า pH ต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างแก๊สมีเทน

3.3 อัลคาลินิตี้ (Alkalinity) ค่าอัลคาลินิตี้ หมายถึง ความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ค่าอัลคาลินิตี้ที่เหมาะสมต่อการหมักมีค่าประมาณ 1,000-5,000 มิลลิกรัม/ ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอร์เนต ($CaCO_3$)

3.4 สารอาหาร (Nutrients) สารอินทรีย์ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ มีรายงานการศึกษาพบว่า มีสารอาหารในสัดส่วน C : N และ C : P ในอัตรา 25 : 1 และ 20 : 1 ตามลำดับ

3.5 สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic materials) เช่น กรดไขมันระเหยได้ ไฮโดรเจน หรือแอมโมเนีย สามารถทำให้กระบวนการย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจนหยุดชะงักได้

3.6 สารอินทรีย์และลักษณะของสารอินทรีย์สำหรับขบวนการย่อยสลาย ซึ่งมีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่เข้าเกี่ยวข้อง

3.7 ชนิดและแบบของบ่อแก๊สชีวภาพ (Biogas plant) บ่อแก๊สชีวภาพ แบ่งตามลักษณะการทำงาน ลักษณะของของเสียที่เป็นวัตถุดิบและประสิทธิภาพการทำงานได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ดังนี้

3.7.1 บ่อหมักช้าหรือบ่อหมักของแข็ง บ่อหมักช้าที่มีการสร้างใช้ประโยชน์กันและเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป มี 3 แบบหลัก คือ

3.7.1.1 แบบยอดโดม (Fixed dome digester)

3.7.1.2 แบบฝาครอบลอย (Floating drum digester) หรือแบบอินเดีย (Indian digester)

3.7.1.3 แบบพลาสติกคลุมราง (Plastic covered ditch) หรือแบบปลั๊กโฟลว์ (Plug flow digester)

3.7.2 บ่อหมักเร็วหรือบ่อบำบัดน้ำเสีย แบ่งได้เป็น 2 แบบหลัก คือ

3.7.2.1 แบบบรรจุตัวกลางในสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic filter) หรืออาจเรียกตามชื่อย่อว่า แบบเอเอฟ (AF) ตัวกลางที่ทำได้จากวัสดุหลายชนิด เช่น ก้อนหิน กรวด พลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ ไม้ไผ่ตัดเป็นท่อน เป็นต้น ในลักษณะของบ่อหมักเร็วแบบนี้ จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนบนตัวกลาง ที่ถูกตรึงอยู่กับที่แก๊สถูกเก็บอยู่ภายในพลาสติกที่คลุมอยู่เหนือราง มักใช้ไม้แผ่นทับเพื่อป้องกันแสงแดดและเพิ่มความดันแก๊ส

3.7.2.2 แบบยูเอเอสบี (UASB หรือ Upflow anaerobic sludge blanket) บ่อหมักเร็วแบบนี้ใช้ตะกอนของสารอินทรีย์ (Sludge) ที่เคลื่อนไหวภายในบ่อหมักเป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์เกาะ ลักษณะการทำงานของบ่อหมักเกิดขึ้น โดยการควบคุมความเร็วของน้ำเสียให้ไหลเข้าบ่อหมักจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน ตะกอนส่วนที่เบาจะลอยตัวไปพร้อมกับน้ำเสียที่ไหลล้นออกนอกบ่อ ตะกอนส่วนที่หนักจะจมลงก้นบ่อ

4. การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยใช้กับเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าในรูปแบบต่าง ๆ เช่น เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าระบบกังหันก๊าซ หรือ เครื่องยนต์สันดาปภายในที่ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น สำหรับโรงงานตัวอย่างนี้ใช้ข้อมูลจากโรงงานที่ผลิตก๊าซชีวภาพเป็นไฟฟ้าโดยเครื่องยนต์สันดาปภายใน

เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าชนิดสันดาปภายใน (Internal combustion engine) ใช้หลักการทำงานเดียวกับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน ก๊าซชีวภาพจะถูกป้อนเข้าสู่กระบอกสูบในเครื่องยนต์ ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นเพื่ออัดความดันในกระบอก เกิดการจุดระเบิดพร้อมดันลูกสูบและคายไอเสีย ลูกสูบที่เคลื่อนที่ขึ้นลงเชื่อมต่อเข้ากับเพลาข้อเหวี่ยง พลังงานที่ได้จากการขับเพลาให้หมุนนี้จะส่งต่อไปขับชุดกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป นอกจากนี้ในระบบที่มีขนาดใหญ่ไอเสียที่ได้เพียงพอที่จะนำไปใช้ผลิตไอน้ำ เพื่อป้อนเข้ากับกังหันไอน้ำผลิตไฟฟ้าได้อีกครั้งหนึ่ง โดยเรียกระบบการผลิตร่วมนี้ว่า ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าความร้อนร่วม (Cogeneration) เครื่องยนต์ 4 จังหวะที่ใช้กับก๊าซชีวภาพนี้ เดิมทีเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้กับก๊าซธรรมชาติแต่ดัดแปลงมาให้สามารถใช้งานกับก๊าซชีวภาพได้ เป็นเครื่องยนต์ชนิดจุดระเบิดด้วยหัวเทียน (Ignition spark plug) ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพอยู่ในช่วงไม่เกิน 34-40% ขนาดของ

เครื่องยนต์ที่มีอยู่ในตลาดตั้งแต่ 1 kW ถึง 2 MW เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ระบบผลิตไฟฟ้า หรือที่เรียกกันว่า โรงไฟฟ้านั้นมีอยู่หลายประเภท โดยสามารถแยกประเภทของโรงไฟฟ้าตามลักษณะการผลิตได้ 6 ประเภท ดังนี้

4.1 โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas turbine power plant) เป็นโรงไฟฟ้าทีทำการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยใช้อุปกรณ์ประกอบด้วย เครื่องอัดอากาศ เครื่องกังหันก๊าซและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการของเครื่องจักรพลังงานความร้อน (Heat engine) ซึ่งมีระบบการทำงานเริ่มจาก เครื่องอัดอากาศมีหน้าที่อัดอากาศให้มีความหนาแน่นและความดันเพิ่มขึ้น โดยอากาศที่นำมาอัดจะผ่านเครื่องกรองอากาศ (Air filter) ก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ จากนั้นอากาศที่ถูกอัดจะถูกส่งไปยังห้องเผาไหม้ เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้กลายเป็นก๊าซร้อนรวมตัวกับอากาศที่ส่งมาจากเครื่องอัดอากาศ ทำให้เกิดการขยายตัวและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แล้วส่งไปขับเคลื่อนกังหันก๊าซ (Gas turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำการผลิตกระแสไฟฟ้า

4.2 โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal plant plant) เป็นโรงไฟฟ้าทีอาศัยการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อนำความร้อนไปต้มน้ำจนกลายเป็นไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิที่สูง และส่งไอน้ำดังกล่าวไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำ (Steam turbine) ทำให้กังหันหมุนและแกนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อเชื่อมกันหมุนตามไปด้วย ซึ่งจะได้กระแสไฟฟ้า ส่วนไอน้ำที่ผ่านกังหันแล้วจะไปยังเครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อกลั่นตัวเป็นหยดน้ำโดยใช้น้ำจากหน่วยทำความเย็น (Cooling tower) เป็นตัวดูดความร้อนจากไอน้ำหลังจากไอน้ำกลายเป็นน้ำแล้วจะมีเครื่องสูบน้ำเป็นตัวสูบกลับไปยังหม้อต้มอีกครั้งหนึ่ง

4.3 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Combined cycle power plant) เป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยนำเอาหลักการทำงานของระบบโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนมาใช้งานร่วมกับระบบโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ โดยการนำไอเสียที่ปล่อยออกจากเครื่องผลิตไฟฟ้ากังหันก๊าซซึ่งยังคงมีความร้อนสูง และมีปริมาณที่มากพอผ่านเขาไปยังหม้อน้ำที่เรียกว่า Heat recovery steam generator เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ ทำให้น้ำเดือดกลายเป็นไอน้ำที่ความดันและอุณหภูมิสูงพอไปขับกังหันไอน้ำ (Steam turbine) ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยทั่วไปโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมประกอบด้วย เครื่องกังหันก๊าซ 1-4 เครื่องร่วมกับกังหันไอน้ำ 1 เครื่อง

4.4 โรงไฟฟ้าดีเซล (Diesel power plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานกลจากเครื่องยนต์ดีเซลไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงโรงไฟฟ้าดีเซลเป็นโรงไฟฟ้าสำเร็จรูปติดตั้งได้อย่างรวดเร็วและสามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างไม่ยุ่งยาก ปัจจุบันในประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะลดการใช้โรงไฟฟ้าระบบนี้เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับโรงไฟฟ้าดีเซลมีราคาที่ค่อนข้างสูง

4.5 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Nuclear power plant) หลักการทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ใช้ความร้อนทำให้น้ำเดือดกลายเป็นไอน้ำไปหมุนกังหันเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งมีความแตกต่างกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนอยู่ที่แหล่งความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยานิวเคลียร์แทนการเผาไหม้เชื้อเพลิงโรงไฟฟ้านิวเคลียร์นั้นสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งคือ ส่วนผลิตความร้อน ประกอบด้วย เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ระบบน้ำระบายความร้อน และหม้อน้ำ ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ จะใส่แท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ไว้ภายในโครงสร้างปิดสนิท และให้ความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาฟิชชันไปต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำ ส่วนที่สองคือ ส่วนผลิตไฟฟ้า ประกอบด้วยกังหันไอน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นส่วนที่รับไอน้ำจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แล้วส่งไปหมุนกังหันผลิตไฟฟ้า

4.6 โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน พลังงานทดแทนในที่นี้หมายถึง ทรัพยากรหรือพลังงานใด ๆ ที่ใช้ไม่หมดเปลือง และนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป (น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ยูเรเนียม และอื่น ๆ) พลังงานทดแทนภายในประเทศ ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า เช่น

4.6.1 พลังงานน้ำหรือโรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro-Electric power plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำเป็นต้นกำลังในการผลิตไฟฟ้า กล่าวคือ เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำจากสถานะพลังงานศักย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยความแตกต่างของระดับน้ำเหนือเขื่อนและท้ายเขื่อนมาใช้หมุนกังหันน้ำ (Hydro turbine) และเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยกำลังการผลิตติดตั้งและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าชนิดนี้จะเพิ่มเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันและปริมาณน้ำที่ผ่านเครื่องกังหันน้ำ การก่อสร้างโรงไฟฟ้าประเภทนี้ประกอบไปด้วยเขื่อนกั้นน้ำและอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้า

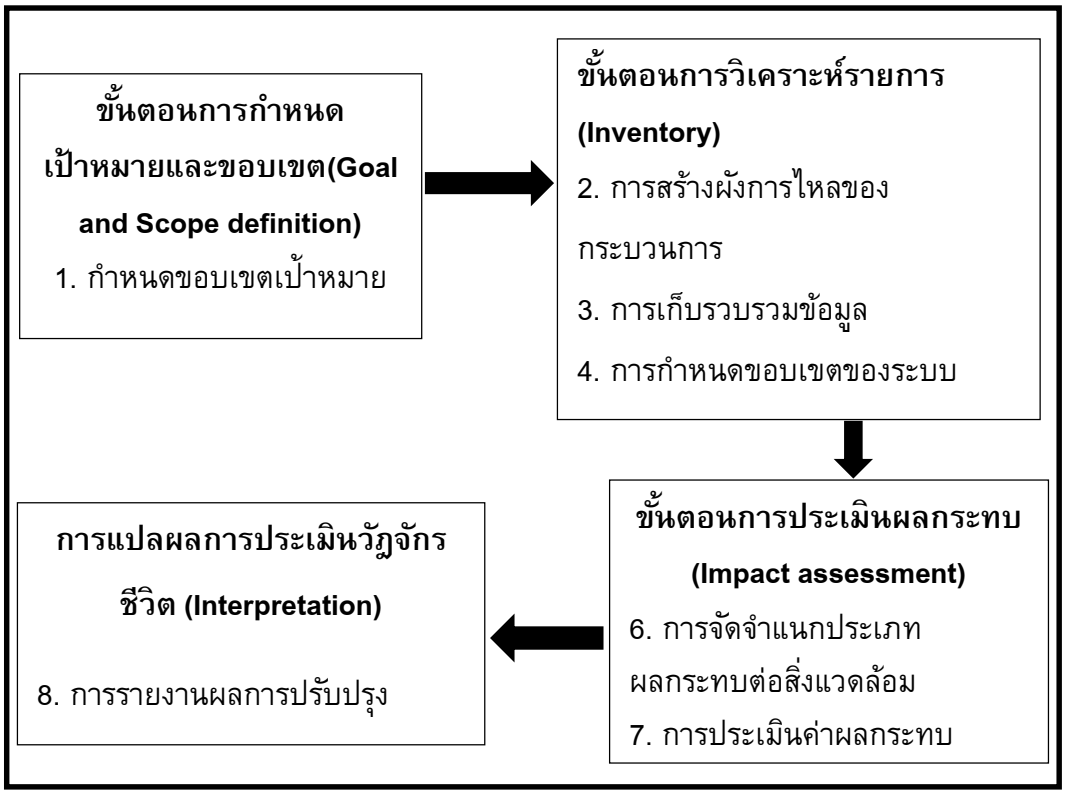
4.6.2 พลังงานลมหรือโรงไฟฟ้า (Wind turbine power plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานจลน์ของกระแสลม โดยใช้กังหันลมเป็นพลังงานกลทำให้ใบพัดหมุนและต่อแกนเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.6.3 พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้สารกึ่งตัวนำที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นตัวแปรพลังงาน

4.6.4 พลังงานชีวมวล ประเทศไทยทำการเกษตรอย่างกว้างขวางมีวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ชานอ้อย กากมะพร้าว เป็นต้น ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก ก็ควรจะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าเชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งการนำพลังงานชีวมวลมาผลิตไฟฟ้านั้น มีหลายวิธี เช่น การนำ ชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ และการนำชีวมวลมาหมักเพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพ เป็นต้น

5. การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment; LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คือกระบวนการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การนำเข้าวัตถุดิบ การขนส่ง การจัดจำหน่าย การนำไปใช้ การบำรุงรักษา การรีไซเคิล รวมถึงการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้น วัตถุประสงค์ของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดโดยความแตกต่างของการประเมินวัฏจักรชีวิตจากการวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ คือ การรวมพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ เช่น ผลกระทบจากการผลิตวัตถุดิบมาป้อนให้กับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ผลกระทบที่เกิดจากการขนส่ง ผลกระทบที่เกิดจากการใช้งาน ผลกระทบที่เกิดจากการกำจัดผลิตภัณฑ์ที่หมดสภาพการใช้งานแล้ว ฯลฯ ซึ่งการรวมพิจารณาถึงกิจกรรมอื่น ๆ เหล่านี้ให้สามารถวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์อย่างแท้จริงนอกนี้ยังสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์หรือบริการโดยมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมประกอบการตัดสินใจ



ภาพที่ 2-2 กรอบการดำเนินงาน LCA ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 (สถาบันวิทยาการ สวทช., 2558)

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีขั้นตอนหลักอยู่ 4 ขั้นตอนหลักแสดงดังภาพที่ 2-2 คือ 1) ขั้นตอนการกำหนดขอบเขตเป้าหมาย (Goal and Scope definition) 2) การวิเคราะห์รายการ (Inventory) 3) การประเมินผลกระทบ (Impact assessment) 4) การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต (Interpretation)

5.1 การกำหนดขอบเขตเป้าหมาย

การกำหนดเป้าหมายของการทำ LCA คือ การกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์รวมทั้งเหตุผลในการศึกษา การนำผลไปใช้หรือการนำไปใช้ในการเปรียบเทียบปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ การกำหนดขอบเขตของการศึกษา คือ การกำหนดสิ่งที่เราต้องการประเมินภายใต้ข้อจำกัดที่เราต้องการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยจะรวมไปถึงการจำกัดรวบรวมข้อมูลหรือสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อเป้าหมายของ LCA หมายถึง ขอบเขตระหว่างผลิตภัณฑ์กับสิ่งแวดล้อมหรือกระบวนการตลอดจนปัจจัยที่มีความเกี่ยวเนื่องกันกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการศึกษาไม่ว่าจะเป็นวัสดุหรือพลังงานที่นำเข้ามาในระบบของเสียหรือผลพลอยได้ที่ออกจากระบบซึ่งในการกำหนดขอบเขตของระบบจะต้องให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมายของการประเมินโดยที่สามารถแบ่งกระแสขั้นตอนของทรัพยากรวัตถุดิบหรือพลังงานจากสิ่งแวดล้อมที่เข้าสู่ระบบก่อนถูกเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่าง ๆ ดังภาพที่ 2-3

นอกจากการกำหนดขอบเขตแล้วหน่วยของการทำงาน (Functional unit) ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องมีการกำหนด โดยหน่วยการทำงานจะถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นพื้นฐานสำหรับกำหนดการวัดหรือเก็บข้อมูลของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบหน่วยการทำงานมีความสำคัญในการใช้เปรียบเทียบผลของ LCA โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เปรียบเทียบระหว่างระบบที่ต่างกันระหว่างผลิตภัณฑ์หรือหลายผลิตภัณฑ์ที่รวมเป็นผลิตภัณฑ์เดียวกันเพื่อให้ข้อมูลปริมาณสารที่เข้าและออกจากระบบตั้งอยู่บนพื้นฐานเดียวกัน เช่น 1) การผลิตกระแสไฟฟ้า 1 kWh 2) ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า 1 kWh 3) ปริมาณผลผลิตทางการเกษตร 1 ไร่

ภาพที่ 2-3 ขอบเขตของระบบที่กำหนดตามความเหมาะสมเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมาย

5.2 การวิเคราะห์รายการการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมคือการเก็บรวบรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษารวมถึงการสร้างผังของระบบผลิตภัณฑ์ (Product system) เป็นการคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาถึงทรัพยากรและพลังงานที่ใช้หรือการปล่อยของเสียออกสู่อากาศน้ำและดินซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ต่อไปขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการอาจต้องทำซ้ำไปมาในบางครั้งเนื่องจากอาจมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมการเปลี่ยนแปลงวิธีเก็บข้อมูลหรือการเพิ่มประเด็นปัญหาเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายของการศึกษาที่ตั้งไว้การเก็บข้อมูลในบัญชีรายการนั้นจะต้องทำให้สัมพันธ์กับทุกกระบวนการย่อยที่อยู่ในระบบซึ่งมีวิธีการเก็บข้อมูลแตกต่างกันขึ้นกับเป้าหมายกระบวนการหรือระบบที่เกี่ยวข้องอย่างไรก็ตามการรวบรวมข้อมูลนั้นยากที่จะทำให้ครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมดเนื่องจากต้องใช้เวลาและงบประมาณจำนวนมากโดยที่ข้อมูลที่จะนำมาทำเป็นบัญชีรายการนั้นควรจะอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและสอดคล้องกันวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา

5.3 การประเมินผลกระทบ

ขั้นตอนการประเมินผลกระทบคือการตีความหรือแปลงค่าข้อมูลจากขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการให้อยู่ในรูปผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมสามารถทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะทำโดยการคำนวณเองหรือการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป 1) การจำแนกประเภท (Classification) 2) การกำหนดบทบาท (Characterization)

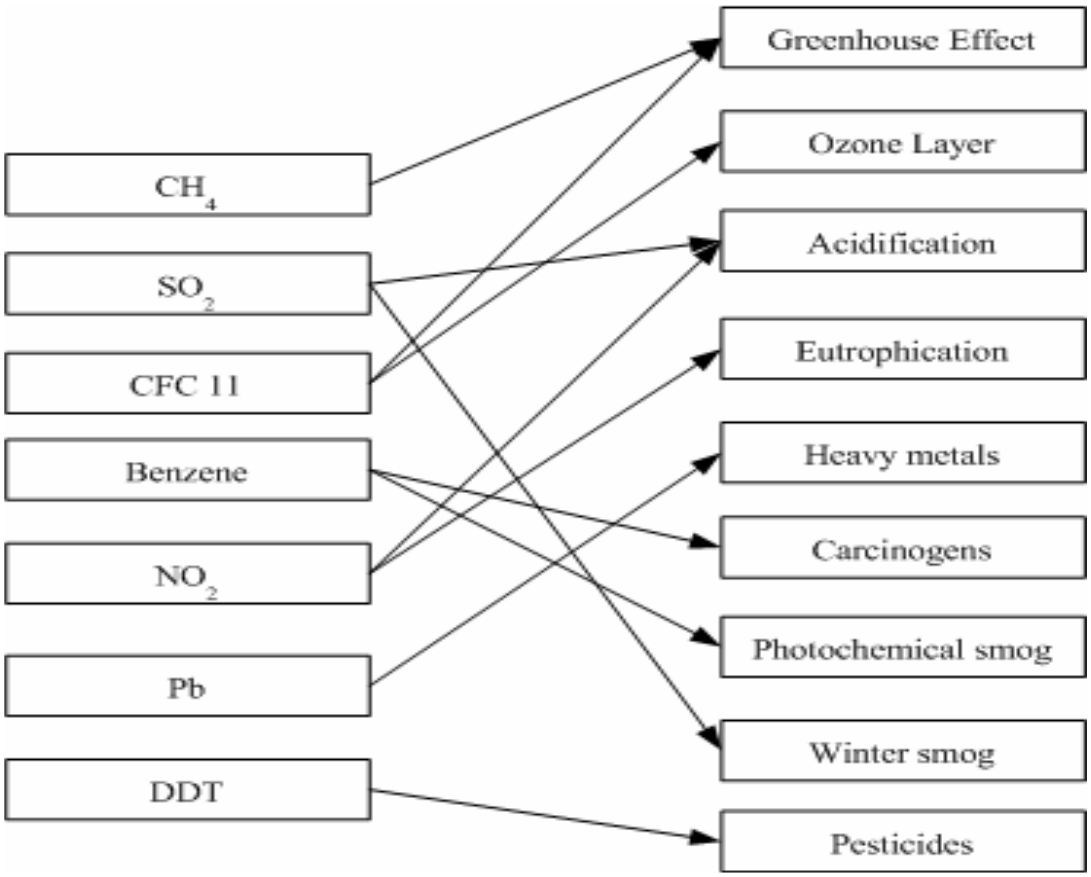
5.3.1 การจำแนกประเภท (Classification)

เป็นขั้นตอนการจำแนกข้อมูลเข้าและข้อมูลออกไปยังผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมประเภทต่าง ๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ถูกจัดอยู่ในผลกระทบประเภทการทำให้โลกร้อนขึ้นในบางสารสามารถเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบหรือถูกจัดว่าเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบมากกว่า 1 ประเภท การจัดการเกี่ยวกับปัญหานี้สามารถทำได้โดยกรณีแรก เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สามารถเป็นปัจจัยให้เกิดผลกระทบทั้งสุขภาพมนุษย์และภาวะความเป็นกรด (แต่ไม่ได้เกิดผลกระทบในเวลาเดียวกัน) ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2-3

กระบวนการ	แผ่นข้อมูลสิ่งแวดล้อม
แหล่งข้อมูล	วันที่.....เดือน.....ปี.....

สารขาเข้า (ข้อมูลต่อตันของการผลิตไฟฟ้า 1 kWh)		สารขาออก (ข้อมูลต่อตันของการผลิตไฟฟ้า 1 kWh)	
วัตถุดิบ	ก.ก./ตัน	ผลิตภัณฑ์	ก.ก./ตัน
วัตถุดิบจากธรรมชาติ		1	
1		2	
2		ผลพลอยได้จากผลิตภัณฑ์	ก.ก./ตัน
3		1	
วัตถุดิบที่สั่งซื้อเข้ามา		2	
1		ของเสียประเภทของแข็ง	ก.ก./ตัน
2		1	
3		2	
พลังงาน	กิโลจูน/ตัน	ของเสียประเภทของเหลว	ก.ก./ตัน
1		สารขาออกด้านสิ่งแวดล้อม	
2		มลพิษที่ปล่อยไปสู่อากาศ	
3		1	
การขนส่ง		2	
1		มลพิษที่ปล่อยไปสู่น้ำ	
2		1	
3		2	
สารขาเข้าอื่นๆ	...../ตัน	มลพิษที่ปล่อยไปสู่ดิน	
1		1	
2		2	

ภาพที่ 2-4 แผ่นรวบรวมข้อมูลรายการบัญชีสิ่งแวดล้อม (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2546)



ภาพที่ 2-5 การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2546)

5.3.2 การกำหนดบทบาท (characterization)

เป็นการแปลงข้อมูลที่ถูกจำแนกประเภทจากขั้นตอนที่ 1 ว่าสารแต่ละชนิดก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านใดให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวเนื่องจากสารแต่ละตัวมีศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับที่ต่างกันจึงต้องนำมาเทียบอ้างอิงกับสาร พื้นฐานหรือที่เรียกว่าค่าเทียบเท่าของสารที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Equivalent of characterization: EF)

5.4 การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต

การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของกลุ่มผลกระทบที่ต้องการจะรวมค่าในกลุ่มผลกระทบต่างที่มีหน่วยต่างกัน เช่น ภาวะโลกร้อนมีหน่วย kg CO_2 ภาวการณ์ลดลงของชั้นบรรยากาศมีหน่วย kg CFC 11 โดยการหาด้วยค่ากลางดังนั้นค่า Pt จะเป็นการแสดงจำนวนเท่าของค่ากลางจะสามารถรู้ว่าค่านั้นมีค่ามากหรือน้อยจะต้องทำการเปรียบเทียบกับค่ากลางหรือใช้ในการเปรียบเทียบกับค่า Pt. ด้วยกัน

การแปลผลและการประเมินเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของ LCA คือ การนำเอาข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมหรือ LCI แล้วทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมาสรุปรวบรวมตีความหมายและแปลค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการนั้นๆซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบว่าในช่วงใดของวัฏจักรชีวิตที่เกิดผลกระทบมากที่สุด ความรุนแรงของผลกระทบนั้นเป็นเท่าใดและสามารถทำให้ทราบถึงที่มาของผลกระทบนั้นเพื่อที่จะนำไปสู่ผลสรุปและข้อเสนอแนะต่อไป ในขั้นตอนการแปลความหมายของผลกระทบนี้ต้องทำด้วยความระมัดระวังและอยู่ภายใต้ของเป้าหมายวัตถุประสงค์และขอบเขตที่ได้ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนแรกด้วยวัตถุประสงค์ของการแปลผลและการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้นก็เพื่อจำแนกแนวทางและหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้อย่างตรงประเด็นหรือสามารถนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่สามารถทดแทนกันได้โดยอาศัยมุมมองทางสิ่งแวดล้อมในการตัดสินใจต่อไปสำหรับขั้นตอนการแปลผลและการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้นประกอบด้วยขั้นตอนหลักสามขั้นตอน ได้แก่ 1) การจำแนกทางเลือกในการปรับปรุงทางสิ่งแวดล้อมที่เป็นไปได้โดยทั่วไปจะพิจารณาเลือกช่วงในวัฏจักรชีวิตที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเป็นหลัก ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุเพื่อจะนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขให้ผลกระทบลดลงต่อไป 2) การวิเคราะห์เพื่อประเมินทางเลือกในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมประกอบกันโดยมองถึงความเป็นไปได้ถึงแนวทางทั้งหมดที่จะนำมาปรับปรุงโดยสอดคล้องกันกับกระบวนการทั้งในด้านเทคนิคและต้นทุนประกอบกันเพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด 3) ประเมินทางเลือกในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมโดยทำการคัดเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุดโดยเรียงลำดับจากวิธีที่เป็นไปได้มากที่สุดจากมากไปหาน้อยในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมประกอบกับความเหมาะสมของเทคนิคและต้นทุนในทางเลือกนั้น ๆ โดยจัดทำเป็นบทสรุปข้อเสนอแนะและรายงานผลที่ได้ให้ผู้เกี่ยวข้องทราบต่อไป หลังจากที่วิเคราะห์เสร็จเรียบร้อยทำให้ทราบแล้วว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมใดด้านในมากที่สุดและเกิดจากกระบวนการใดผลจากการวิเคราะห์ LCA สามารถนำไปสู่วิธีที่เหมาะสมเพื่อแก้ไขและปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือบริการให้ดียิ่งขึ้นนอกจากนี้สามารถการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือบริการใหม่ที่ไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

6. การประเมินความคุ้มทุน

การวิเคราะห์ผลการตอบแทนการลงทุน การวิเคราะห์ด้านการเงินและการลงทุนของโครงการพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพในโรงงานอุตสาหกรรม และฟาร์มเลี้ยงสัตว์โดยนิยม

ทำการวิเคราะห์หาผลตอบแทนด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์โดยการวิเคราะห์ ต้นทุนผลได้ (Cost-Benefit analysis) เพื่อทำการเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่เกิดจากการใช้ก๊าซชีวภาพ เปรียบเทียบกับต้นทุนของเงินทุนที่นำไปใช้ในการก่อสร้าง การประเมินผลตอบแทนทาง การเงินและการลงทุน มีพารามิเตอร์หลักที่นิยมใช้ในการประเมินความเหมาะสมของโครงการด้านการลงทุนมี ดังนี้

6.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value, NPV) มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ คือ มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการทำส่วนลดกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน ซึ่งการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ หากค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ แสดงว่าเป็นโครงการที่สมควรจะดำเนินการ เนื่องจากมีผลตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบ ณ ปัจจุบันมากกว่าค่าใช้จ่ายแต่ในทางตรงกันข้ามหากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่าศูนย์แสดงว่าเป็นโครงการที่ไม่น่าจะลงทุนเนื่องจากมีผลตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบ ณ ปัจจุบันน้อยกว่าค่าใช้จ่าย

$$NPV = PVB - PVC \tag{2-1}$$

$$= \sum_{t=1}^{n} \frac{Bt}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^{n} \frac{Ct}{(1+r)^t} \tag{2-2}$$

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{(Bt-Ct)}{(1+r)^t} \tag{2-3}$$

กำหนดให้

Bt = ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ t

Ct = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

r = อัตราดอกเบี้ยที่นำมาใช้คิดลด

t = ระยะเวลาของโครงการ คือ ปีที่ 1, 2, 3, ..., n

n = อายุของโครงการ

6.2 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal rate of return, IRR) อัตราผลตอบแทนของโครงการ คือ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ทำให้ค่า NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ดังนั้นอัตราผลตอบแทนของโครงการจึงได้แก่อัตราดอกเบี้ยหรือ i ที่ทำให้ NPV= 0 ซึ่งหากว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ สถานการณ์ปัจจุบันสูงกว่าค่าอัตราผลตอบแทนของโครงการที่คำนวณได้ก็ไม่สมควรที่จะลงทุนโครงการดังกล่าวในทางตรงกันข้าม หากอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ สถานการณ์ปัจจุบันยิ่งต่ำกว่าค่าอัตรา

ผลตอบแทนของโครงการที่คำนวณได้มากเท่าไรแสดงเป็นโครงการที่ให้ผลตอบแทนมากขึ้นตามลำดับ

$$IRR = NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{(Bt-Ct)}{(1+r)^t} = 0 \quad (2\text{-}4)$$

หรือ

$$IRR = \sum_{t=1}^{n} \frac{Bt}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^{n} \frac{Ct}{(1+r)^t} = 0 \quad (2\text{-}5)$$

กำหนดให้

Bt = ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ t

Ct = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

r = อัตราดอกเบี้ยที่นำมาใช้คิดลด

t = ระยะเวลาของโครงการ คือ ปีที่ 1, 2, 3, ..., n

n = อายุของโครงการ

6.3 ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost ratio, B/ C) ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนหรือมูลค่าผลตอบแทนของโครงการเทียบกับมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนหรือต้นทุนรวมของโครงการซึ่งรวมทั้ง ค่าระบบบำบัดน้ำเสีย ค่าที่ดิน ค่าติดตั้ง ค่าดำเนินการ ค่าซ่อมบำรุงรักษา ถ้าอัตราส่วนที่ได้มากกว่า 1 แสดงว่าควรตัดสินใจเลือกโครงการนั้น แต่ถ้าอัตราส่วนที่ได้น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการนั้นไม่น่าสนใจลงทุน แต่ถ้าเท่ากับ 1 แสดงว่าโครงการคุ้มทุน

6.4 ต้นทุนพลังงานต่อหน่วย (Cost of energy) การพิจารณาความคุ้มค่าทางการเงินและการลงทุนที่สำคัญอีกตัวชี้วัดหนึ่ง คือ การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตไฟฟ้าซึ่งวิเคราะห์จากต้นทุนการผลิตตลอดอายุโครงการ สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ต้นทุนเริ่มต้นในการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียและระบบผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้า รวมทั้งต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นรายปีตลอดอายุโครงการที่ทำการผลิตไฟฟ้าแล้วคำนวณหาค่าใช้จ่ายต่อปีที่เท่ากัน (Equivalent annual costs, EAC) ซึ่งได้คำนึงถึงการปรับค่าของเวลา และการเลือกค่าเสียโอกาสของทุนที่เหมาะสมเข้าไว้ด้วยแล้วและคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วยโดยหารด้วยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี

6.5 ระยะเวลาการลงทุน (Payback period) คือ ระยะเวลาที่รายได้หลังจากหักค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสามารถนำไปชำระเงินที่ใช้ลงทุนในการพัฒนาโครงการได้ครบถ้วน โดยส่วนใหญ่ใช้นับเป็นจำนวนปีโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นจะเป็นโครงการที่ดีกว่าโครงการที่มีระยะ

คืนทุนยาว โดยทฤษฎีระยะเวลาคืนทุนจะต้องไม่นานกว่าอายุการใช้งานของโครงการแต่ใน ภาคปฏิบัติระยะเวลาคืนทุนของโครงการขนาดใหญ่จะยอมรับกันที่ 7 - 10 ปี

$$\text{ระยะคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \qquad (2\text{-}6)$$

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ishikawa, Hoshiba, Hinata, Hishinuma and Morita (2006) ได้นำกระบวนการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มาใช้ใน การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยคาร์บอนระหว่างการผลิตไฟฟ้าจากกระบวนการปกติและกระบวนการที่ใช้ก๊าซชีวภาพ จากผลการศึกษาพบว่าในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพตั้งแต่เริ่มนำเข้าวัตถุดิบ พลังงานที่ใช้ตลอดจนกระบวนการต่างๆจนได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ก็คือก๊าซชีวภาพนั้นส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อโลกร้อนโดยปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 2,700 ตัน และในช่วงการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในการเผาไหม้นั้นปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 1,080 ตันโดยข้อมูลทั้งหมดที่ใช้นั้นได้มาจาก เบสซูไก เมืองฮอกไกโด (Betsukai, Hokkaido) Contreras, Rosa, rPerez , Van Langenhove and Jo Dewulf (2009) ประเมินวัฏจักรชีวิตของการนำผลิตภัณฑ์หรือของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลจากอ้อยมาใช้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุผลกระทบและปริมาณที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และปรับปรุงระบบของโรงงานในประเทศคิวบา ทางเลือกแรกคือช่วงการการปลูก มีการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช การใช้กากน้ำตาลและของเสียอื่น ๆ ไปเป็นอาหารสัตว์ ทางเลือกที่สองใช้ฟิวเตอร์เค้กและขี้เถ้าทดแทนปุ๋ยสังเคราะห์ ทางเลือกที่สามบำบัดน้ำเสียใช้สำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพและ ทางเลือกที่สี่รวมการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และก๊าซชีวภาพในกระบวนการผลิตน้ำตาลจากผลการศึกษาพบว่าสำหรับสี่ทางเลือก ขั้นตอนที่มีผลกระทบมากที่สุดต่อสิ่งแวดล้อมเรื่องการปล่อยก๊าซที่ส่งผลต่อสภาวะโลกร้อน คือ ช่วงแรกที่มีการใช้ที่ดินในการเกษตร การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและสารเคมี ส่วนการใช้กากอ้อยในการผลิตพลังงานไฟฟ้านั้นส่งผลกระทบสูงสุดเกี่ยวกับผลกระทบทางเดินหายใจเนื่องจากการปล่อยของวัสดุอนุภาคเล็กจากการเผาไหม้เข้าสู่บรรยากาศ สรุปได้ว่าการจะเลือกนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ในด้านใดควรคำนึงถึงเรื่องอื่น ๆ ด้วย เช่น เรื่องของค่าใช้จ่าย เป็นต้น แต่ถ้าคำนึงถึงความมั่นคงยั่งยืนทางพลังงานแล้วการนำผลิตภัณฑ์หรือน้ำเสียมาผลิตก๊าซชีวภาพก็เป็นวิธีที่น่าสนใจ ต่อมา Martina, Shane and Philip (2012) ได้ศึกษากระบวนการจัดทำบัญชีรายการของวงจรชีวิต LCI ของโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพทั้งโรงงานขนาดเล็กและโรงงานขนาดใหญ่ การศึกษานี้ให้ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการระบุและการลด

การปล่อยก๊าซในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพและการใช้ประโยชน์รวมทั้งการประเมินสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่เกิดจากการผลิตก๊าซชีวภาพอีกด้วย เพื่อที่จะประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป และในปีเดียวกันนี้เอง Zhang, Wang, and Song (2012) ได้ศึกษาเรื่องศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในครัวเรือนทั่วไปในชนบทของจีนในงานวิจัยนี้ได้พบว่าครัวเรือนที่มีปริมาณก๊าซชีวภาพย่อยสลายจาก 8 m^3 ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลดำเนินงาน 20 ปี พบว่าวงจรชีวิตทั้งหมดของการปล่อยก๊าซ CO_2 2.60 ตัน คือ 0.02 กก. CO_2/MJ ซึ่งคิดเป็น 98.46% พิจารณาจากปล่อยก๊าซคาร์บอน การปล่อยมลพิษทางอ้อมจากวัสดุก่อสร้างและปัจจัยการผลิตแรงงาน การใช้พลังงานและทดแทนปุ๋ย ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าในระยะยาวการใช้ก๊าซชีวภาพค่อนข้างจะมั่นคงและยัง มีประสิทธิภาพสำหรับการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนในพื้นที่ชนบทของประเทศจีน นอกจากเรื่องของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมแล้วถ้าหากมองในด้านความคุ้มค่าของการลงทุนผลิตพลังงานนั้น พบว่าโครงการต่างๆที่เกี่ยวกับการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นส่วนใหญ่จะมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ประมาณ 3-7 ปีเท่านั้น ข้อมูลสรุปแสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ข้อมูลงานวิจัยอื่น ๆ ที่ประเมินความคุ้มทุนโครงการ

ชื่องานวิจัย	NPV	IRR	PB	ผู้วิจัย
การวิเคราะห์ความเป็นไปได้โครงการการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์	2,324,303	16%	5.3 ปี	อรทัย วรรคาวิสันต์
การวิเคราะห์โครงการทางด้านการเงินถึงประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ	111,199,825	33.07%	-	นิภาภัทร์ น้อยเทียม
การวิเคราะห์โครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียเพื่อทดแทนน้ำมันเตาในหม้อไอน้ำ	122,354,580	35.31%	3.1 ปี	สราวุธ ศรศักดา
การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ	7,500,000	7.8%	21.4	กิตติญา กฤติยรังสิต

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกจะศึกษาและประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพและส่วนที่สอง คือ การศึกษาความคุ้มค่าของการลงทุนผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

เริ่มจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของอุตสาหกรรมหรือโรงงานที่จะประเมิน เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาและหน่วยการทำงาน ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้น อาศัยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตจาก ISO 14040 มีขั้นตอนการดำเนินงานหลัก คือ กำหนดขอบเขตการศึกษา จัดทำบัญชีรายการสารเข้าออกระบบ ประเมินผลกระทบ และแปลผล

1. ข้อมูลเบื้องต้นของบริษัท

ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของบริษัทซึ่งได้แสดงดังตารางที่ 3-1 ดังนี้

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลเบื้องต้นของบริษัท

ข้อมูล	จำนวน
ปริมาณน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร/ วัน)	280.96
COD ขาเข้า (มิลลิกรัม/ ลิตร)	42,000
BOD_5 ขาเข้า (มิลลิกรัม/ ลิตร)	35,668
COD ขาออก (มิลลิกรัม/ ลิตร)	1,200
BOD_5 ขาออก (มิลลิกรัม/ ลิตร)	2,153
ระยะเวลากักเก็บน้ำ: HRT (วัน)	12
ระบบ	ABR
ปริมาณการผลิตก๊าซ (ลูกบาศก์เมตร/ วัน)	6,628
สัดส่วนก๊าซมีเทน (%)	57

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ข้อมูล	จำนวน
จำนวนวันทำงานต่อปี	365
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ ปี)	2,400,000

2. ขอบเขตการศึกษา

ก่อนที่จะกำหนดขอบเขตของการศึกษาได้นั้นจำเป็นต้องศึกษากระบวนการผลิตที่เราสนใจให้มากที่สุดก่อนเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการกำหนดขอบเขต สำหรับโรงงานตัวอย่างของงานวิจัยนี้กระบวนการเริ่มจากน้ำเสียไหลผ่าท่อลาดชันลงมายังบ่อตกตะกอนเพื่อแยกสิ่งสกปรกและสารที่มีโมเลกุลใหญ่ออก จากนั้นจะไหลเข้าบ่อพักเพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ให้เล็กลง แล้วจึงส่งต่อเข้าไปยังบ่อหมักที่ 1 โดยในกรณีนี้ใช้บ่อหมักชนิดแผ่นกั้นไร้อากาศ (ABR) ในบ่อหมักนี้เป็นระบบปิดไม่ให้อากาศเข้าไปได้ ภายในบ่อหมักสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียและเกิดเป็นก๊าซชีวภาพเกิดขึ้น ส่วนน้ำเสียที่ผ่านบ่อหมักที่ 1 แล้วจะถูกส่งต่อไปยังบ่อหมักที่ 2 เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ยังเหลือในน้ำให้เหลือน้อยที่สุด สารที่ออกจากบ่อหมักทั้งสองจะแยกออกเป็นสองส่วน คือ น้ำทิ้งและก๊าซชีวภาพ ส่วนของน้ำทิ้งจะถูกส่งไปยังบ่อพักและบ่อตกตะกอน จากนั้นบริษัทจะนำน้ำทิ้งที่ออกจากกระบวนการไปใช้รดน้ำต้นไม้และแบ่งให้ชาวสวนลำไยบริเวณใกล้เคียงใช้รดน้ำต้นลำไยเป็นอันสิ้นสุดกระบวนการของน้ำ แต่ส่วนก๊าซชีวภาพที่ได้จากบ่อหมักที่ 1 และ 2 นั้นจะส่งต่อไปยังถังดูดซับ (Adsorption) เพื่อกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟล์ออก จากนั้นส่งต่อไปยัง ชิลเลอร์ (Chiller) ชิลเลอร์จะลดอุณหภูมิให้ต่ำลงเหลือประมาณ 16 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดความชื้นให้ลดลง ก๊าซชีวภาพที่ผ่านกระบวนการนี้ไปแล้วจะมีเปอร์เซ็นต์ของมีเทนสูงขึ้น ความชื้นและไฮโดรเจนซัลไฟล์จะถูกกำจัดออก ก๊าซที่ได้นี้จะถูกลำเลียงผ่านโบเวอร์ (Blower) ไปยังถังเก็บก๊าซ จากนั้นก๊าซที่อยู่ในถังจะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องผลิตไฟฟ้า ชนิดเครื่องยนต์สันดาปภายใน เพื่อผลิตไฟฟ้า สำหรับบริษัทตัวอย่างนี้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกอัพแรงดันเพื่อให้อยู่ในระดับเดียวกับการไฟฟ้าและส่งขายการไฟฟ้าต่อไป จากข้อมูลการผลิตเบื้องต้นสามารถวาดแผนภาพแสดงเพื่อง่ายต่อการมองภาพรวมและกำหนดขอบเขตที่จะศึกษา โดยในการประเมินผลกระทบแบบ LCA นั้นโดยปกติจะไม่ศึกษาผลกระทบของการผลิตอุปกรณ์หรือเครื่องมือเครื่องจักร เนื่องจากเครื่องจักรมีอายุการใช้งานนานเมื่อเทียบกับผลกระทบที่เกิดตลอดการใช้งานถือว่าน้อยมาก อีกทั้งยังต้องการทราบเพียงผลกระทบที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรและพลังงานเป็นหลัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงไม่คิดผลกระทบที่เกิดจากการผลิตเครื่องจักร ขอบเขตการประเมินจะ

อยู่ในขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพและการนำก๊าซชีวภาพนี้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า ไม่ได้ครอบคลุมถึงการนำไฟฟ้าไปใช้ ทั้งนี้เนื่องจากไฟฟ้าที่ผลิตได้นั้นนำไปขายต่อให้การไฟฟ้าจึงไม่ได้พิจารณาในด้านการนำไปใช้และการทำลาย กล่าวคือ การดำเนินการวิจัยนี้พิจารณาภายใต้ขอบเขตที่จำกัดแสดง ดังภาพที่ 3-1

2.1 หน่วยการทำงาน

เมื่อกำหนดขอบเขตที่จะศึกษาแล้ว ขั้นตอนต่อมา คือ การกำหนดหน่วยการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปแล้วมักจะกำหนดโดยอ้างอิงผลิตภัณฑ์ที่สนใจเป็นหลัก ดังนั้นงานวิจัยนี้สนใจเรื่องของการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ คือ ไฟฟ้า จึงจะกำหนดหน่วยการทำงานให้เปรียบเทียบในหน่วยของ ไฟฟ้าที่ผลิตได้ 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

2.2 การกำหนดชนิดและประเภทของผลกระทบ (Category definition) ที่จะประเมินในงานวิจัยนี้พิจารณาผลกระทบเพียง 5 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่

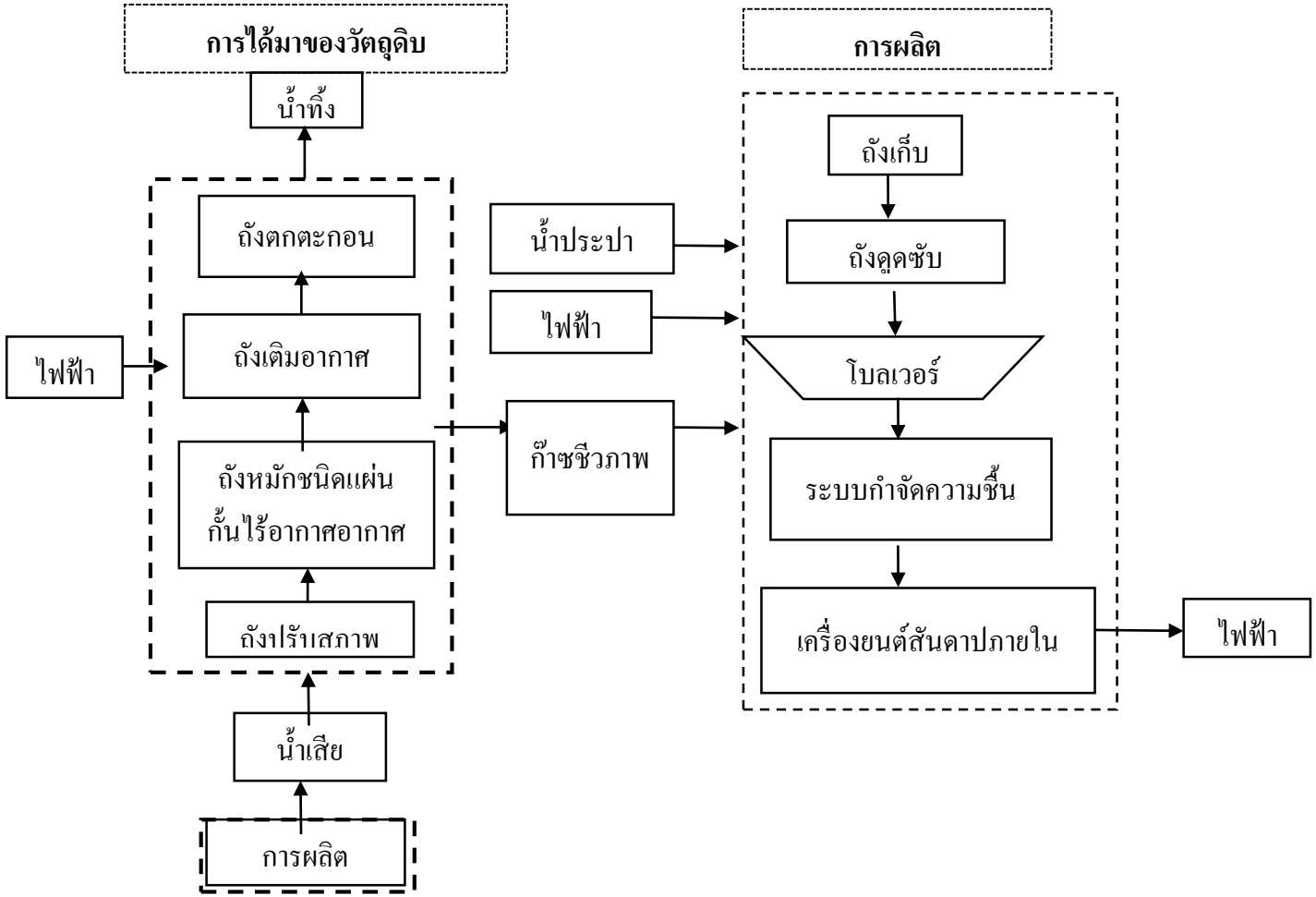
2.2.1 ผลกระทบที่ทำให้เกิดการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential: GWP)

2.2.2 การทำให้เกิดภาวะกรด (Acidification potential: AP)

2.2.3 การทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีเคิลออกซิเดชั่น (Photochemical oxidation potential: POCP)

2.2.4 การเกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Human toxicity potential: HTP)

2.2.5 การเพิ่มภาระด้านแร่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำที่จะนำไปสู่การเกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำ (Eutrophication potential: EP)



ภาพที่ 3-1 ขอบเขตการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

3. ทำบัญชีรายการสารเข้า-ออกจากระบบ Life cycle inventory (LCI)

ในการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม จะมุ่งไปที่การใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน ของเสียที่เกิดขึ้นจากระบบตลอดจนผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิสำหรับนำมาใช้ประเมินจะรวบรวมข้อมูลโดยตรงจากทุกกระบวนการย่อยในระบบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในการควบคุมขององค์กร ตัวอย่างเช่น ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงการใช้วัตถุดิบและสาธารณูปโภคในกระบวนการผลิตการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งเป็นต้นในกรณีของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตช่วงต้นน้ำที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตได้ก็จะเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมมาพิจารณาได้โดยต้องพิจารณาใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่มาจากพื้นฐานข้อมูลที่ใกล้เคียงกับกระบวนการที่สนใจมากที่สุดโดยมีหลักเกณฑ์การพิจารณาดังนี้ 1) ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย 2) ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทยซึ่งผ่านการกรองแล้ว (Peer reviewed publications) 3) ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไปเช่นฐานข้อมูลจากซอฟต์แวร์ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่ม อุตสาหกรรมฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ 4) ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศเช่นคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสหประชาชาติ ในขั้นตอนการทำบัญชีรายการจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม

จากกระบวนการต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษาทั้งด้านการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงานและของเสียที่เกิดขึ้นจากระบบ ตลอดจนผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นด้วย จากนั้นจึงนำไปทำการจำแนกกลุ่มผลกระทบ (Classification) และกำหนดบทบาท (Characterization) โดยข้อมูลที่เก็บนั้นจะต้องเก็บทั้งขาเข้า และขาออกจากระบบขั้นตอนนี้จึงถือว่าเป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งที่ต้องใช้ความละเอียดและรอบคอบในการจัดเก็บข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดเพื่อไปใช้คำนวณหาค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นเป็นค่าเชิงตัวเลขต่อไป

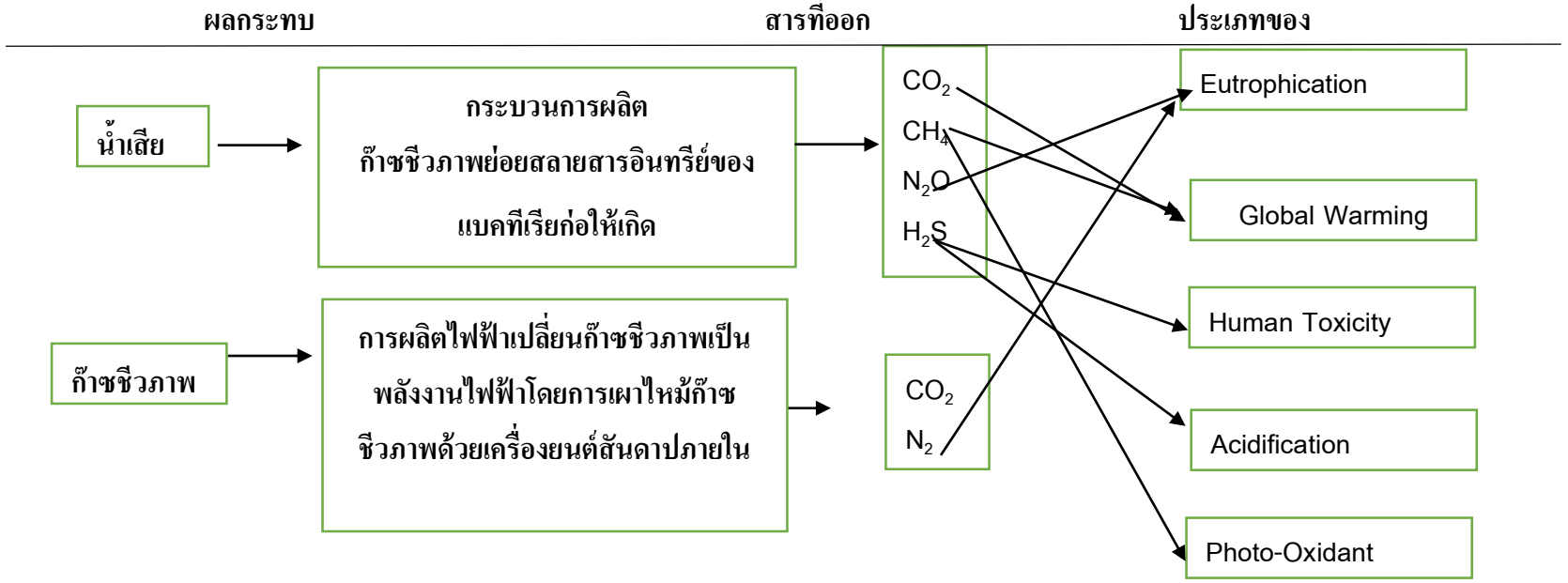
จำแนกประเภทของผลกระทบ

เมื่อทราบสารที่เข้าออกระบบแล้วจะทำการจำแนกประเภทของผลกระทบที่เกิดจากมวลสารเหล่านั้นตามขอบเขตที่ศึกษา การจำแนกผลกระทบแสดงดังภาพที่ 3-2 เมื่อจำแนกประเภทของผลกระทบแล้วงานวิจัยนี้จะทำการคำนวณค่าเชิงปริมาณของผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยใช้โปรแกรม Microsoft excel และใช้ค่าศักยภาพในการเกิดผลกระทบด้านต่าง ๆ จาก (EF) ข้อมูลทุติยภูมิฐานข้อมูลในประเทศไทยและค่าจากคู่มือการทำ LCA

จากนั้นเมื่อทราบปริมาณของเสียหรือก๊าซที่เกิดขึ้นและค่าศักยภาพทำให้เกิดผลกระทบแล้ว จึงจะนำค่าทั้งสองมาคูณกันเพื่อหาค่าเชิงปริมาณของผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม Microsoft excel รายละเอียดแสดงในภาคผนวก

4. การแปรผลและวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนสุดท้าย คือ การวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ดูผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและระบุแหล่งที่มาหรือกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดเพื่อจะปรับปรุงหรือหาเทคโนโลยีมาช่วยลดตรงจุดนั้น ๆ



ภาพที่ 3-2 การจำแนกผลกระทบ

3. ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารแต่ละชนิด มักจะเรียกสั้นๆว่าค่า EF (Emission factors) สารแต่ละชนิดจะมีค่า ผลกระทบแตกต่างกันออกไป

รายการ	ค่า LCI			ค่า EF				
	หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณ/ FU	GWP (kgCO2 eq./ หน่วย)	EP(kg PO43- eq/kg)	POCP(in kg ethylene eq/kg)	HTP	Ap(kg SO_2 eq/kg)
Input								
น้ำเสีย	m^3/y	1.01E+05	3.14E-02	0	0	0	0	0
BOD	kg/l	3.67E-01	1.14E-07	0	0	0	0	0
COD	kg/l	4.20E-01	1.30E-07	0	2.20E-02	0	0	0
Output				0	0	0	0	0
ก๊าซชีวภาพ	kg/y	3.22E+06	1.00E+00	0	0	0	0	0
ก๊าซมีเทน	kg/y	1.84E+06	5.70E-01	2.50E+01	0	6.00E-03	0	0
ก๊าซคาร์บอนไดร์ออกไซด	kg/y	1.29E+06	4.00E-01	1.00E+00	0	0	0	0
ไฮโดรเจนซัลไฟล์	kg/y	3.22E+04	1.00E-02	0	0	0	2.20E-01	1.88E+00
ไนโตรเจน	kg/y	6.45E+04	2.00E-02	0	4.20E-01	0	0	0
ของเสีย			0.00E+00	0	0	0	0	0
น้ำทิ้ง	m^3/y	1.01E+05	3.14E-02	0	0	0	0	0
BOD	kg/l	2.15E-03	6.68E-10	0	0	0	0	0
COD	kg/l	1.20E-03	3.72E-10	0	2.00E-03	0	0	0

ภาพที่ 3-3 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารแต่ละชนิด

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ

ข้อมูลการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานไฟฟ้า

มูลค่าการลงทุนและรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์	จำนวน
เงินลงทุนค่าที่ดิน (บาท)	2,000,000
เงินลงทุนค่าก่อสร้างอาคาร (บาท)	8,000,000
เงินลงทุนค่าเครื่องจักร (บาท)	12,000,000
ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (ลบ.ม./ ปี)	3,222,585

ตารางที่ 3-3 ข้อมูลการลงทุนผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์	จำนวน
เงินลงทุนค่าที่ดิน (บาท)	0
เงินลงทุนค่าก่อสร้างอาคาร (บาท)	1,000,000
เงินลงทุนค่าเครื่องจักร (บาท)	15,000,000
เงินทุนหมุนเวียน (บาท)	1,000,000
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh/ ปี)	2,400,000
รายได้จากการขายไฟฟ้า (บาท/ ปี)	10,224,000

การวิเคราะห์โครงการเป็นวิธีการที่จะแสดงให้ทราบว่าการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดภายใต้จุดมุ่งหมายหรือความต้องการ ในรูปแบบที่สะดวกต่อการวิเคราะห์โครงการจะมีการประเมินถึงผลตอบแทน (Benefit) และค่าใช้จ่าย (Cost) ต่าง ๆ ของแต่ละโครงการ ถ้าผลตอบแทนมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่าย แสดงว่าโครงการนั้นเป็นโครงการที่มีผลตอบแทนคุ้มค่า การวิเคราะห์โครงการจึงมีส่วนช่วยต่อการตัดสินใจที่จะใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์โดยเลือกใช้เครื่องมือ 3 อย่างเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจคือ

1. การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback period :PB) การวิเคราะห์โครงการโดยอาศัยระยะเวลาคืนทุนนั้นเป็นวิธีการที่ง่ายนิยมใช้กัน คำว่าระยะเวลาคืนทุน หมายถึง ระยะเวลาที่นับตั้งแต่จุดเริ่มต้นของโครงการไปจนกระทั่ง มูลค่าสุทธิของผลตอบแทนมีค่าเท่ากับมูลค่าต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการลงทุน

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{ผลกำไรที่ได้ต่อปี}} \qquad (3\text{-}7)$$

2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value: NPV) คือ ผลรวมของผลตอบแทนสุทธิที่ได้ปรับค่าของเวลาแล้วของโครงการ หรือผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนลบด้วยผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน ที่เกิดขึ้นตลอดอายุโครงการ โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิอาจมีค่าเป็นบวก ลบ หรือศูนย์ก็ได้ขึ้นอยู่กับขนาดมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวม (Present value benefit: PVB) หักออกด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (Present value cost: PVC) เกณฑ์การตัดสินใจที่จะลงทุนในโครงการ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ มีค่ามากกว่าศูนย์ หมายความว่า มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนซึ่งแสดงถึง การลงทุนคุ้มค่า

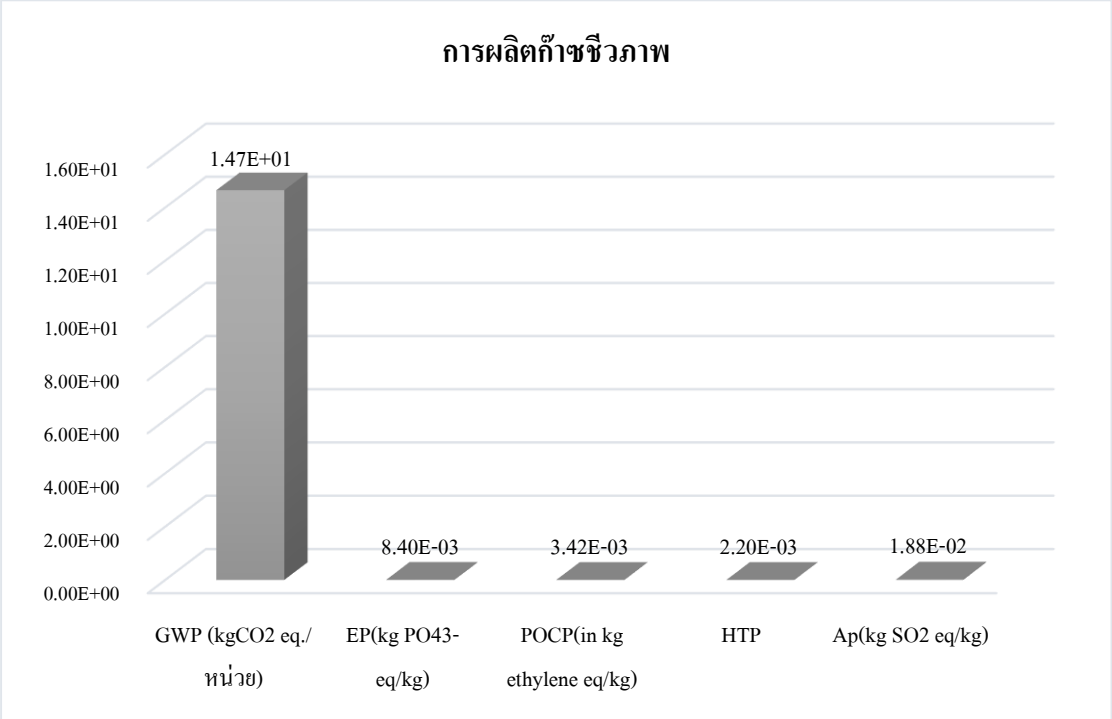
3. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal rate of return: IRR) คือ อัตราผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการลงทุน หรือหมายถึงอัตราดอกเบี้ยใดก็ตามที่ใช้เป็นอัตราคิดลดซึ่งมีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นศูนย์ เกณฑ์การตัดสินใจที่จะลงทุนในโครงการ คือ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลด

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

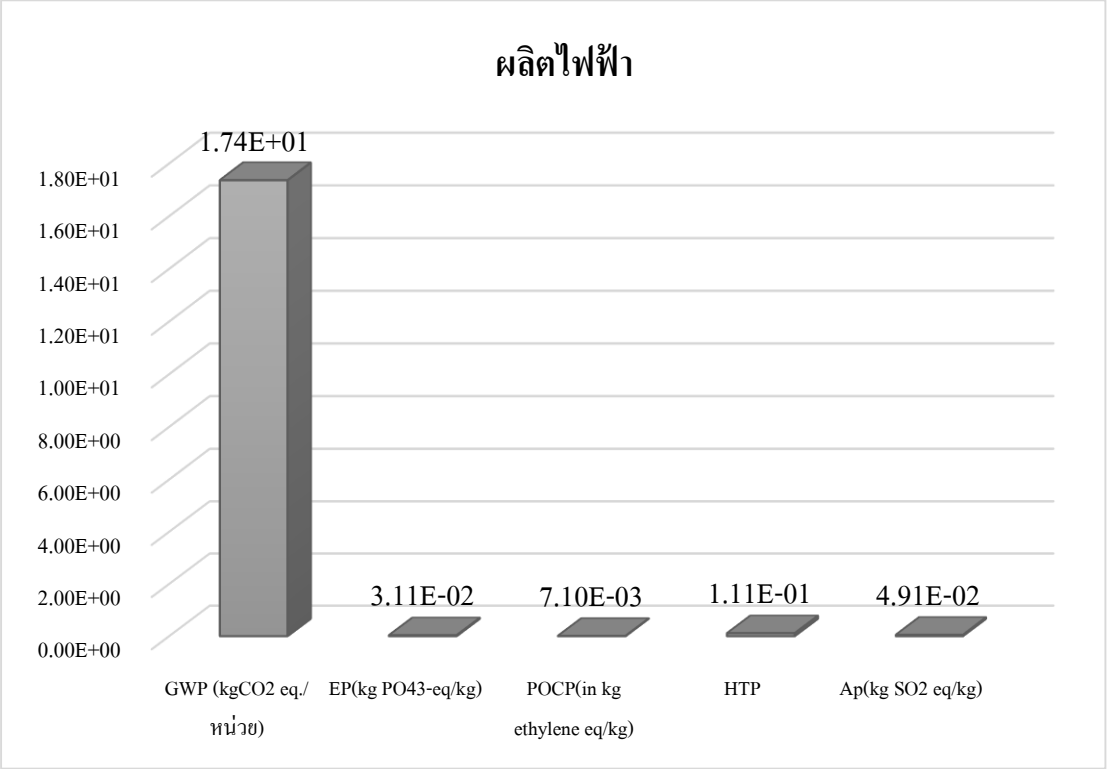
ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยใช้วัตถุดิบ คือ น้ำเสียจากโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง ผ่านกระบวนการหมักเพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพแล้วจึงนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปผลิตเป็นไฟฟ้าเพื่อขายให้กับการไฟฟ้า กำหนดหน่วยการทำงาน คือ ไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และวิเคราะห์ประเภทของผลกระทบ (Category definition) 5 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ ผลกระทบที่ทำให้เกิดการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential: GWP) การทำให้เกิดภาวะกรด (Acidification potential: AP), การทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีเคิลออกซิเดชั่น (Photochemical oxidation potential: POCP) การเกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Human toxicity potential: HTP) และการเพิ่มภาระด้านแร่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำที่จะนำไปสู่การเกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำ (Eutrophication potential: EP)

จากการศึกษาพบว่า โดยทั่วไปแล้วก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้นั้นวัดองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ พบว่า มีปริมาณก๊าซมีเทน CH_4 เป็นองค์ประกอบหลักถึงร้อยละ 57 ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 ไฮโดรเจนซัลไฟล์ H_2S และอื่น ๆ เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นแยกทีละกระบวนการพบว่าในขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นก่อให้เกิดผลกระทบประเภทผลกระทบที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) มากที่สุด ในปริมาณ $1.47x10^{1}$ (kg co_2/ หน่วย) รองลงมาคือผลกระทบประเภทฝนกรด (AP) ปริมาณ $1.88x10^{-2}$ (kgso_2/ kg) ถัดมา คือ ผลกระทบประเภทการส่งผลต่อระบบนิเวศในน้ำ (EP) การทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีเคิลออกซิเดชั่น (POCP) และการเกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย (HTP) โดยประเภทและปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นแสดงดังภาพที่ 4-1

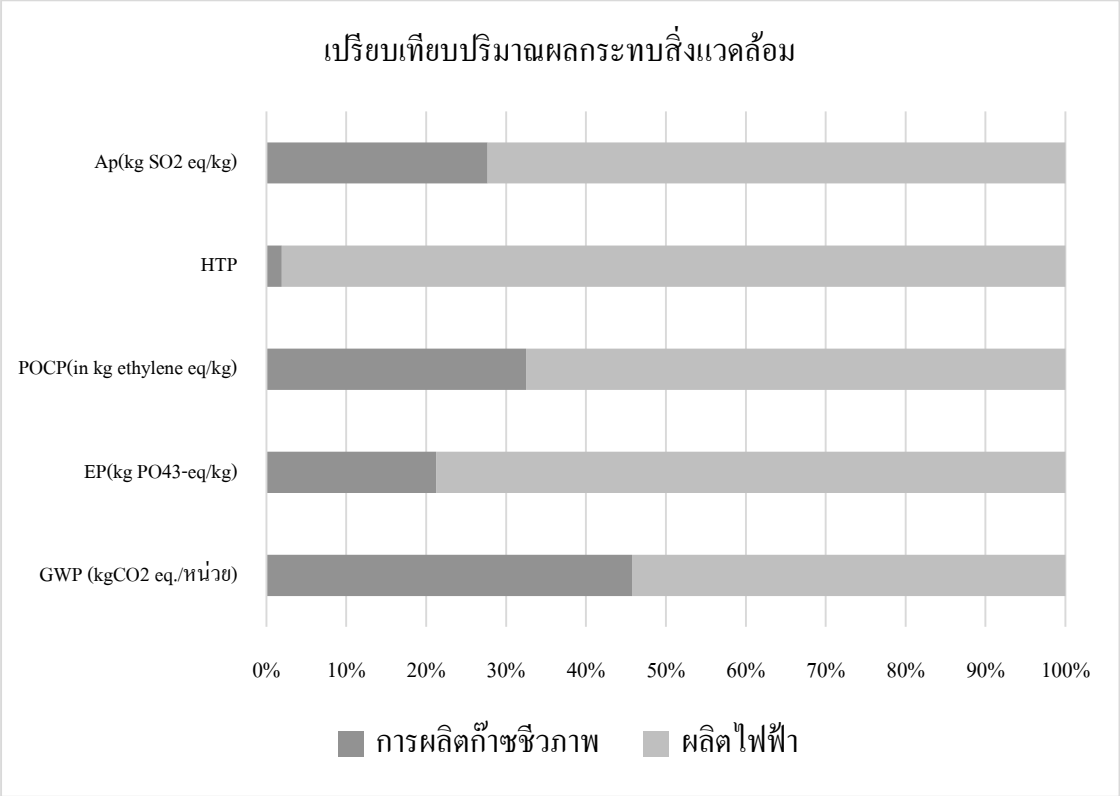


ภาพที่ 4-1 ปริมาณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพ

ส่วนในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพนั้นก่อให้เกิดผลกระทบประเภทผลกระทบที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) มากที่สุด ในปริมาณ $1.74x10^{1}$ (kg co_2/ หน่วย) รองลงมาคือ การเกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย (HTP) ปริมาณ $1.11x10^{-1}$ ถัดมา คือ ผลกระทบประเภทฝนกรด (AP ($kgso_2$/ kg) การส่งผลต่อระบบนิเวศในน้ำ (EP) การทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีเคิลออกซิเดชั่น (POCP) โดยประเภทและปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นแสดงดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ปริมาณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์



ภาพที่ 4-3 เปรียบเทียบปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากภาพที่ 4-3 แบ่งขั้นตอนการผลิตออกเป็นสองขั้นตอน คือ ขั้นแรกเป็นการได้มาของวัตถุดิบซึ่งในที่นี้หมายถึงการได้มาของก๊าซชีวภาพหรือกระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพนั่นเอง ส่วนขั้นตอนที่สอง คือ ขั้นตอนการนำก๊าซชีวภาพที่ได้มาผลิตไฟฟ้า จากกราฟแสดงให้เห็นว่าในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพนั้นก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมขั้นกลางในด้านผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน (GWP) มากที่สุด รองลงมาคือ ผลกระทบในด้านของการเกิดฝนกรด (AP) ผลกระทบต่อระบบนิเวศของน้ำ (EP) การทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโต้เคมีเคิลออกซิเดชั่น (POCP) ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ (HTP) ค่าผลกระทบในงานวิจัยนี้มีค่าไม่สูงมากนัก เนื่องจากกระบวนการผลิตนั้นใช้ทรัพยากรที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในปริมาณที่น้อย เพราะไม่มีการขนส่งวัตถุดิบในที่นี้ คือ น้ำเสียโดยรถยนต์เพราะน้ำเสียไหลผ่านท่อลาดเอียงมาลงบ่อ โดยปกติแล้วส่วนใหญ่ค่าที่ก่อให้เกิดผลกระทบในปริมาณมากนั้นมักจะมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในภาคขนส่งเป็นส่วนมาก ส่วนผลกระทบในขั้นปลายนั้นจะก่อให้เกิดมะเร็งได้ โดยกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือกระบวนการผลิตไฟฟ้า ซึ่งผลกระทบที่เกิดส่วนใหญ่เป็นเรื่องของผลกระทบต่อสุขภาพ เพราะการเผาไหม้นั้นก่อให้เกิดมลพิษอาทิเช่นก๊าซต่าง ๆ

ยิ่งกรณีที่การเผาไหม้นั้นเกิดแบบไม่สมบูรณ์ก็จะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีผลต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์อีกด้วย ในขั้นปลายนั้นอาจจะก่อให้เกิดมะเร็งได้อีกด้วย

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ

ในแง่ของสิ่งแวดล้อมเราคำนึงถึงผลกระทบในด้านต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นแต่ในแง่ของการลงทุนแล้วเรื่องหนึ่งที่สำคัญที่ต้องพิจารณา คือ เรื่องของความคุ้มค่าในการลงทุนดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงจะพิจารณาเรื่องของระยะเวลาการคืนทุน (PB) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนโครงการ IRR (%) ผลการวิจัยพบว่า เงินลงทุนรวมที่ใช้ทั้งสิ้น 39,000,000 บาท รายได้จากการขายไฟฟ้าต่อปีเท่ากับ 10,224,000 บาท เมื่อนำข้อมูลที่ทราบในตารางที่ 4-1 มาคำนวณจะทราบว่า โครงการนี้เมื่อลงทุนไปแล้วระยะเวลาคืนทุนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 ปี มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 11,661,614.53 บาท และมีอัตราผลตอบแทนโครงการ IRR เท่ากับ 21% ข้อมูลสรุปผลแสดงดังตารางที่ 4-2 จากข้อมูลการลงทุนสรุปได้ว่า

ตารางที่ 4-1ข้อมูลการลงทุน

พารามิเตอร์	จำนวน
เงินลงทุนก๊าซชีวภาพ (บาท)	
เงินลงทุนค่าที่ดิน (บาท)	2,000,000
เงินลงทุนค่าก่อสร้างอาคาร (บาท)	8,000,000
เงินลงทุนค่าเครื่องจักร (บาท)	12,000,000
เงินลงทุนผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ (บาท)	
เงินลงทุนค่าก่อสร้างอาคาร (บาท)	1,000,000
เงินลงทุนค่าเครื่องจักร (บาท)	15,000,000
เงินทุนหมุนเวียน (บาท)	1,000,000
เงินลงทุนรวมทั้งสิ้น (บาท)	39,000,000
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kwh/ปี)	2,400,000
ราคาที่การไฟฟ้ารับซื้อ (บาท/ kwh)	3.76
มูลค่าเพิ่ม Adder	0.5
รายได้จากการขายไฟฟ้า (บาท/ปี)	10,224,000

ตารางที่ 4-2 ผลจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ

พารามิเตอร์	ผลตอบแทน
ระยะเวลาการคืนทุนของโครงการ (ปี)	4.5
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) (บาท)	11,661,614.53
กำหนดอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำ (%)	15
อัตราผลตอบแทนโครงการ IRR (%)	21

ทางเลือกและแนวทางการนำก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ

สำหรับงานวิจัยนี้โรงงานที่เอื้อเฟื้อข้อมูลนำก๊าซชีวภาพไปผลิตเป็นไฟฟ้าดังนั้น การศึกษาจึงมุ่งเน้นการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าแต่ความจริงแล้วก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้นั้นสามารถนำไปใช้ทดแทนเชื้อเพลิงก๊าซ LPG ทดแทนการใช้น้ำมันเตาหรือทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลได้ ในส่วนนี้จะพิจารณาเฉพาะในแง่ของผลตอบแทนที่ได้เพียงอย่างเดียวไม่ได้ครอบคลุมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

1. สำหรับงานวิจัยนี้นำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าซึ่งก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีปริมาณ 6628 ลูกบาศก์เมตร/วัน นำไปผลิตไฟฟ้าได้ 2,400,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ ปี ราคารับซื้ออยู่ที่ 3.76 บาท/ กิโลวัตต์-ชั่วโมง และมีส่วนต่างของการไฟฟ้าที่เพิ่มให้สำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมที่ผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลหรือน้ำเสียอีก 0.5 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ดังนั้นรายได้จากการขายไฟฟ้าเท่ากับ 10,224,000 บาทต่อปี

2. นำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้แทนน้ำมันเตา ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีปริมาณ 6,628 ลูกบาศก์เมตร/ วัน นำไปใช้ทดแทนน้ำมันเตาได้ 3,645.4 ลิตรต่อวัน คิดเป็น 1,330,571 ลิตรต่อปี ราคารับซื้ออยู่ที่ 10.2778 บาทต่อลิตร คิดเป็นเงิน 13,675,342. 63 บาทต่อปี

3. นำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้แทนน้ำมันดีเซล ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีปริมาณ 6,628 ลูกบาศก์เมตร/ วัน นำไปใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ 3,976.8 ลิตรต่อวันคิดเป็น 1,451,532 ลิตรต่อปี ราคารับซื้ออยู่ที่ 24.79 บาทต่อลิตร คิดเป็นเงิน 35,983,478.28 บาทต่อปี

4. นำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้แทนก๊าซ LPG ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีปริมาณ 6,628 ลูกบาศก์เมตร/ วัน นำไปใช้ทดแทนก๊าซ LPG ได้ 3,048.88 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็น 1,112,841.2 กิโลกรัมต่อปี ราคารับซื้ออยู่ที่ 20.96 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นเงิน 23,325,151.55 บาทต่อปี

ตารางที่ 4-3 ภาพรวมแนวทางการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในด้านต่าง ๆ

การนำไปใช้	ปริมาณที่ทดแทนได้ต่อปี	คิดเป็นมูลค่าเงิน
ทดแทนน้ำมันเตา	1,330,571 (ลิตร)	13,675,342. 63 บาท
ทดแทนน้ำมันดีเซล	1,451,532 (ลิตร)	35,983,478.28 บาท
ทดแทนก๊าซ LPG	1,112,841.2 (กิโลกรัม)	23,325,151.55 บาท

หมายเหตุ: ราคาพลังงานทดแทนจากบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ณ วันที่ 24 กรกฎาคม 2560

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

น้ำเสียจากโรงงานปริมาตร 280.96 ลูกบาศก์เมตร/ วัน มีค่า COD เท่ากับ 42,000 มิลลิกรัม/ ลิตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ ลูกบาศก์เมตร/ วัน องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทนในอัตราส่วนร้อยละ 57 โดยปริมาตรเมื่อพิจารณาการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตพบว่าการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพนั้นก่อให้เกิดผลกระทบต่อโลกร้อนมากที่สุด น้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเดิมทีนั้นมีการบำบัดแบบเติมอากาศเพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้มีปริมาณน้อยลงจนถึงค่าที่สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้ แต่ก็ยังมีบางส่วนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้หมดเมื่อถูกปล่อยลงแหล่งน้ำอาจก่อให้เกิดการเน่าหรือเกิดก๊าซมีเทนขึ้นซึ่งจะส่งผลกระทบอย่างมากต่อโลกเพราะมีเทนเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่มีความรุนแรงมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 25 เท่า ดังนั้นในยุคหลัง ๆ จึงนิยมนำน้ำเสียจากโรงงานเหล่านี้มาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพและนำไปผลิตไฟฟ้า การนำน้ำเสียมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพและไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้านั้นก่อให้เกิดผลดีในแง่ของการได้แหล่งพลังงานใหม่ ๆ มาใช้และยังลดปริมาณมีเทนที่ปล่อยสู่บรรยากาศได้อีกด้วย จากงานวิจัยหลายๆงานได้สรุปไว้สอดคล้องตรงกันว่าการนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อผลิตไฟฟ้าก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการใช้เชื้อเพลงจากถ่านหินหรือฟอสซิล แต่ปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นไม่เท่ากันส่วนจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับขนาดของโรงงาน เครื่องจักรและกระบวนการที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยสรุปได้ว่าการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพนั้นก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านผลกระทบต่อโลกร้อนมากที่สุด รองลงมาคือ ผลกระทบในด้านของการเกิดฝนกรด ผลกระทบต่อระบบนิเวศของน้ำ ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ จากการวิจัยสามารถนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตหรือเป็นแนวทางสำหรับโรงงานที่ต้องการจะติดตั้งระบบการผลิตก๊าซชีวภาพรวมถึงการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพในการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้น แม้ว่าโครงการเรื่องของสิ่งแวดล้อมจะมีความสำคัญอยู่มากแต่ในอุตสาหกรรมแล้วจะมองเพียงแค่เรื่องสิ่งแวดล้อมไม่ได้โครงการต่างๆที่จะเกิดขึ้นใช้เงินลงทุนในการก่อตั้งระบบค่อนข้างมากดังนั้นการตัดสินใจจึงเรื่องยากต้องมีการคิดเรื่องของความคุ้มค่าหรือระยะเวลาคืนทุนเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจอีกทางหนึ่ง จากโครงการของบริษัทตัวอย่างนี้ใช้เงินลงทุนในการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพและไฟฟ้าไปทั้งสิ้น 39,000,000 บาท มีรายได้จากการขายไฟฟ้าปีละ 10,224,000บาท

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการพบว่าระยะเวลาคืนทุนโครงการอยู่ที่ 4.5 ปี ถือว่าเป็นระยะเวลาที่ไม่นานโดยปกติแล้วระยะเวลาคืนทุนของโครงการที่ไม่เกิน 7 ปีถือว่าคุ้มค่าและเป็นโครงการที่น่าการลงทุน ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 11,661,614.53 บาทอัตราผลตอบแทนโครงการ IRR 21% เมื่อเทียบกับอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่กำหนดไว้ 15% แต่ IRR มีค่ามากกว่า จึงถือว่าเป็นโครงการที่สามารถทำการได้ สรุปได้ว่าโครงการนี้ถ้าพิจารณาในแง่ของสิ่งแวดล้อมถือว่าก่อให้เกิดผลกระทบในปริมาณที่ไม่มากนักและถ้าพิจารณาในแง่ของการลงทุนแล้วจัดเป็นโครงการหนึ่งคุ้มค่าและน่าลงทุน สำหรับงานวิจัยนี้โรงงานตัวอย่างนำก๊าซชีวภาพไปผลิตเป็นไฟฟ้า ดังนั้นการศึกษาจึงมุ่งเน้นการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าแต่ความจริงแล้วก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้นั้นสามารถนำไปใช้ทดแทนเชื้อเพลิงก๊าซ LPG ทดแทนการใช้น้ำมันเตาหรือทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลได้ กรณีที่โรงงานมีการใช้เชื้อเพลิงเหล่านี้อยู่แล้วในกระบวนการ กรณีทางเลือกในการใช้งานก๊าซชีวภาพ หากนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้แทนน้ำมันเตาได้ 1,330,571 ลิตรต่อปี คิดเป็นเงิน 13,675,342 บาทต่อปี หากนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้แทนน้ำมันดีเซลได้ 1,451,532 ลิตรต่อปี คิดเป็นเงิน 35,983,478 บาทต่อปี นำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้แทนก๊าซ LPG นำไปใช้ทดแทนก๊าซ LPG ได้ 1,112,841 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นเงิน 23,325,151.55 บาทต่อปี หากพิจารณาถึงแนวทางที่ก่อให้เกิดผลกำไรมากที่สุดการนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้แทนน้ำมันดีเซลในกรณีที่บริษัทมีการใช้น้ำมันดีเซลอยู่ก่อนแล้ว ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพบว่าเกิดผลกระทบทางด้านภาวะโลกร้อนมากที่สุด สาเหตุหลัก ๆ มาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพและกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพในเครื่องยนต์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้เป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบนี้ ดังนั้นหากโรงงานต้องการลดผลกระทบทางด้านโลกร้อนสามารถทำได้โดยการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำได้หลายวิธี วิธีที่ง่ายที่สุดคือการปลูกต้นไม้ให้ช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่จะใช้เวลาค่อนข้างนานกว่าต้นไม้หนึ่งต้นจะโตเต็มที่ นอกจากนี้ยังมีการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยตัวทำละลายเพื่อเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตปุ๋ยยูเรียด้วย

บรรณานุกรม

กิตติญา กฤติยรังสิต. (2554). *การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เฉลิม จันทร์อินทร์. (2545). *การวิเคราะห์โครงสร้างการตลาดและกลยุทธ์การแข่งขันของอุตสาหกรรมข้าวโพดหวานกระป๋องในประเทศไทย*.

ฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ. (ม.ป.ป.) เข้าถึงได้จาก http://www.thailcidatabase.net

นิภาภัทร์ น้อยเทียม. (2550). *การวิเคราะห์ผลตอบแทนโครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบบาบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง*. สารนิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2546). *คู่มือประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์*. ฝ่ายธุรกิจและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ

สถาบันวิทยาการ สวทช. (2558). *เอกสารประกอบการอบรม LCA*. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สราวุธ ศรศักดา. (2546). *การวิเคราะห์โครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียเพื่อทดแทนน้ำมันเตาในหม้อไอน้ำ*. การศึกษาอิสระเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์. (2552). *เทคโนโลยีน้ำเสีย*. พิมพ์ครั้งที่ 2 , 117-118.

สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2559). *การรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบการแข่งขันด้านราคา*.

อรทัย วรรคาวิสันต์. (2552). *การวิเคราะห์ความเป็นไปได้โครงการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์*. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2555). *อภิธานศัพท์และคำย่อด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก*. เข้าถึงได้จาก http://www.tgo.or.th

Contreras, A.M., Rosa, Perez, E., M., Van Langenhove, H., Dewulf, Jo. (2009). *Comparative Life Cycle Assessment of four alternatives for using by-productsof cane sugar Production, Journal of Cleaner Production, 17*, 772–779.

Francesco,C., Sergio, U., (2010). *Crop residues as raw materials for biorefinery systems – A LCA case study, Applied Energy, 87*, 47–57.

Ishikawa, S., Hoshiba, S., Hinata, T., Hishinuma, T. Morita, S., (2006). *Evaluation of a biogas plant from life cycle assessment (LCA), International Congress Series, 1293,* 230–233.

Katherine, S., Xavier, G., Gara, V., Laura, T., L., (2012). *Lidia.Life cycle assessment of biogas upgrading technologies, Waste Management 32,* 991–999.

Martin, P., Shane, W., Philip, O., (2012). *Environmental impacts of biogas deployment e Part II: life cycle assessment of multiple production and utilization pathways*, *Journal of Cleaner Production, 24,* 184-201.

Rehl, T., Muller1, J.m (2011). *Life cycle assessment of biogas digestate processing technologies. Resources, Conservation and Recycling 56*, 92–104

Zhang, L.X., Wang, C.B., Song, B., (2012). C*arbon emission reduction potential of a typical household biogas system in rural*, *China Journal of Cleaner Production,* 1-7.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงาน

ตารางภาคผนวก ก-1 ข้อมูลการผลิตของโรงงาน

พารามิเตอร์	ปริมาณ
ปริมาณน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร/วัน)	280.9
COD ขาเข้า (มิลลิกรัม/ลิตร)	42,000
BOD_5 ขาเข้า (มิลลิกรัม/ลิตร)	35,668
COD ขาออก (มิลลิกรัม/ลิตร)	1,200
BOD_5 ขาออก (มิลลิกรัม/ลิตร)	2,153
ระยะเวลากักเก็บน้ำ: HRT(วัน)	12
ระบบ	ABR
ปริมาณการผลิตก๊าซ (Nm^3/day)	6625
สัดส่วนก๊าซมีเทน(%)	57
จำนวนวันทำงานต่อปี	365
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	2,400,000

ตารางภาคผนวก ก-2 ข้อมูลการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์	ปริมาณ
เงินลงทุนค่าที่ดิน (บาท)	2,000,000
เงินลงทุนค่าก่อสร้างอาคาร (บาท)	8,000,000
เงินลงทุนค่าเครื่องจักร (บาท)	12,000,000
ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (ลบ.ม/ ปี)	3,222,585

ตารางภาคผนวก ก-3 ข้อมูลการลงทุนผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์	ปริมาณ
เงินลงทุนค่าที่ดิน (บาท)	0
เงินลงทุนค่าก่อสร้างอาคาร (บาท)	1,000,000
เงินลงทุนค่าเครื่องจักร (บาท)	15,000,000
เงินทุนหมุนเวียน (บาท)	1,000,000
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kwh/ ปี)	2,400,000
รายได้จากการขายไฟฟ้า (บาท/ ปี)	10,224,000

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณ

ตารางภาคผนวก ข-1 การคำนวณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของก๊าซชีวภาพ

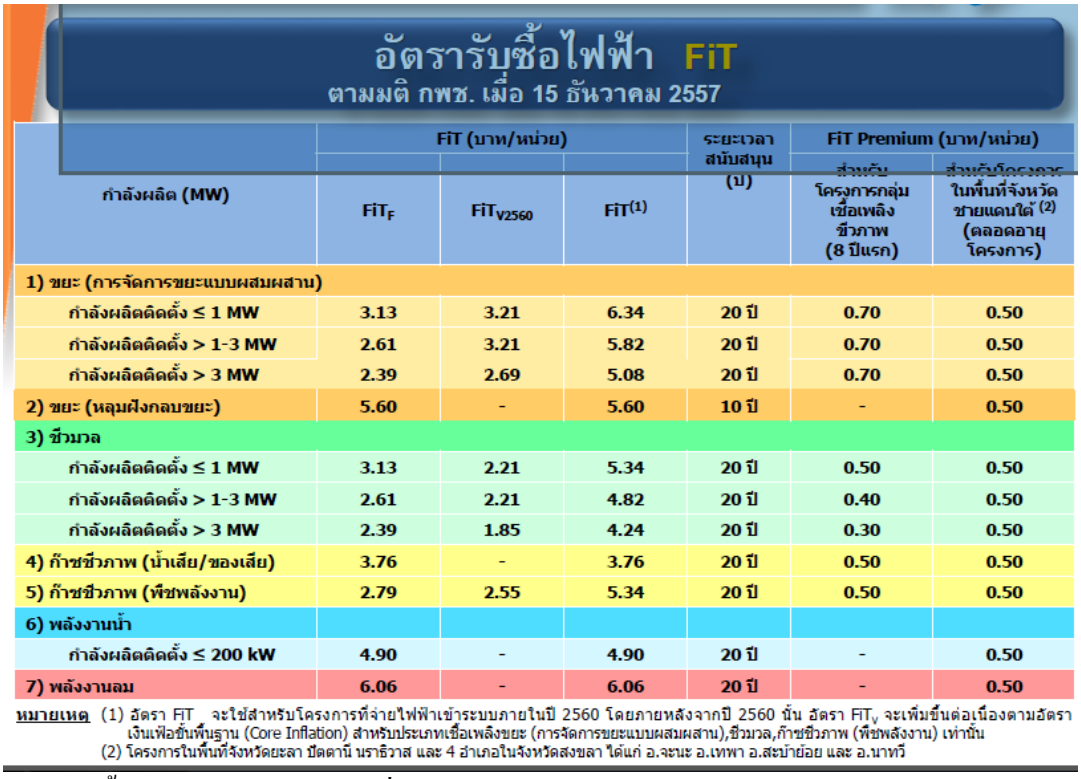
รายการ	ค่า LCI			ค่า EF					ผลคูณ GWP	ผลคูณ EP	ผลคูณ POCP	ผลคูณ HTP	ผลคูณ Ap
	หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณ/ FU	GWP (kgCO2 eq./ หน่วย)	EP(kg PO43- eq/kg)	POCP(in kg ethylene eq/kg)	HTP	Ap(kg SO_2 eq/kg)					
Input													
น้ำเสีย	m^3/y	1.01E+05	3.14E-02	0	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
BOD	kg/l	3.67E-01	1.14E-07	0	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
COD	kg/l	4.20E-01	1.30E-07	0	2.20E-02	0	0	0	0.00E+00	2.87E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Output				0	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ก๊าซชีวภาพ	kg/y	3.22E+06	1.00E+00	0	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ก๊าซมีเทน	kg/y	1.84E+06	5.70E-01	2.50E+01	0	6.00E-03	0	0	1.43E+01	0.00E+00	3.42E-03	0.00E+00	0.00E+00
ก๊าซคาร์บอนไดร์ออกไซด	kg/y	1.29E+06	4.00E-01	1.00E+00	0	0	0	0	4.00E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ไฮโดรเจนซัลไฟล์	kg/y	3.22E+04	1.00E-02	0	0	0	2.20E-01	1.88E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-03	1.88E-02
ไนโตรเจน	kg/y	6.45E+04	2.00E-02	0	4.20E-01	0	0	0	0.00E+00	8.40E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ของเสีย			0.00E+00	0	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
น้ำทิ้ง	m^3/y	1.01E+05	3.14E-02	0	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
BOD	kg/l	2.15E-03	6.68E-10	0	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
COD	kg/l	1.20E-03	3.72E-10	0	2.00E-03	0	0	0	0.00E+00	7.45E-13	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
									1.47E+01	**8.40E-03**	**3.42E-03**	**2.20E-03**	**1.88E-02**

ตารางภาคผนวก ข-2 การคำนวณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้า

ระบบ	รายการ	ค่า LCI หน่วย	ค่า LCI ปริมาณ	ปริมาณ/ FU	GWP (kgCO2 eq./ หน่วย)	EP(kg PO43- eq/kg)	ค่า EF POCP(in kg ethylene eq/kg)	HTP	Ap(kg SO_2 eq/kg)	ผลคูณ GWP	ผลคูณ EP	ผลคูณ POCP	ผลคูณ HTP	ผลคูน Ap
ผลิตไฟฟ้า	**Input**													
	ก๊าซชีวภาพ	kg/y	3.22E+06	1.34E+00						1.47E+01	8.40E-03	3.42E-03	2.20E-03	1.88E-02
	Output													
	ไฟฟ้า	kwh/y	2.40E+06	1.00E+00	6.09E-01					6.09E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	ของเสีย													
	CO_2	kg/y	5.05E+06	2.10E+00	1.00E+00					2.10E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	N_2	kg/y	6.45E+04	2.69E-02		4.20E-01				0.00E+00	1.13E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	NO_2	kg/y	2.12E+05	8.82E-02		1.30E-01	2.80E-02	1.20E+00		0.00E+00	1.15E-02	2.47E-03	1.06E-01	0.00E+00
	SO2	kg/y	6.07E+04	2.53E-02			4.80E-02	9.60E-02	1.20E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.21E-03	2.43E-03	3.03E-02
										1.74E+01	**3.11E-02**	**7.10E-03**	**1.11E-01**	**4.91E-02**

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

ตารางภาคผนวก ข-3 ข้อมูลการรับซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเพื่อใช้คำนวณรายได้จากการขายไฟฟ้า



อัตรารับซื้อไฟฟ้า FiT
ตามมติ กพช. เมื่อ 15 ธันวาคม 2557

กำลังผลิต (MW)	FiT (บาท/หน่วย) FiT_F	FiT_{V2560}	$FiT^{(1)}$	ระยะเวลาสนับสนุน (ปี)	FiT Premium (บาท/หน่วย) สำหรับโครงการกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพ (8 ปีแรก)	สำหรับโครงการในพื้นที่จังหวัดชายแดนใต้ (2) (ตลอดอายุโครงการ)
1) ขยะ (การจัดการขยะแบบผสมผสาน)						
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
2) ขยะ (หลุมฝังกลบขยะ)	5.60	-	5.60	10 ปี	-	0.50
3) 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
4) ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)	3.76	-	3.76	20 ปี	0.50	0.50
5) ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)	2.79	2.55	5.34	20 ปี	0.50	0.50
6) พลังงานน้ำ						
กำลังผลิตติดตั้ง ≤ 200 kW	4.90	-	4.90	20 ปี	-	0.50
7) พลังงานลม	6.06	-	6.06	20 ปี	-	0.50

หมายเหตุ (1) อัตรา FiT_{V2560} จะใช้สำหรับโครงการที่จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบภายในปี 2560 โดยภายหลังจากปี 2560 นั้น อัตรา FiT_V จะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องตามอัตราเงินเฟ้อขั้นพื้นฐาน (Core Inflation) สำหรับประเภทเชื้อเพลิงขยะ (การจัดการขยะแบบผสมผสาน),ชีวมวล,ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน) เท่านั้น
(2) โครงการในพื้นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาส และ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อ.จะนะ อ.เทพา อ.สะบ้าย้อย และ อ.นาทวี

อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ที่ประกาศใช้ในปี 2557 : สำหรับโครงการ VSPP กลุ่มพลังงานชีวภาพ

ตารางภาคผนวก ข-4 ข้อมูลการลงทุนผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์	ปริมาณ
ระยะเวลาการคืนทุนของโครงการ(ปี)	4.5
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) (บาท)	11,661,614.53
กำหนดอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำ (%)	15
อัตราผลตอบแทนโครงการ IRR (%)	21%

1. ตัวอย่างการคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของโครงการ (ปี)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{ผลกำไรที่ได้ต่อปี}}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{39{,}000{,}000}{8{,}664{,}000}$$

$$= \quad 4.5 \text{ ปี}$$

ตารางภาคผนวก ข-5 คำนวณ NPV

ปีที่	ผลตอบแทน	ต้นทุน	สุทธิ	NPV
0	0	39,000,000	-39,000,000	-39000000
1	10,224,000	1,560,000	8,664,000	7533913.043
2	10,224,000	1,560,000	8,664,000	6551228.733
3	10,224,000	1,560,000	8,664,000	5696720.638
4	10,224,000	1,560,000	8,664,000	4953670.12
5	10,224,000	1,560,000	8,664,000	4307539.235
6	10,224,000	1,560,000	8,664,000	3745686.291
7	10,224,000	1,560,000	8,664,000	3257118.514
8	10,224,000	1,560,000	8,664,000	2832276.969
9	10,224,000	1,560,000	8,664,000	2462849.538
10	10,224,000	1,560,000	8,664,000	2141608.294
11	10,224,000	1,560,000	8,664,000	1862268.082
12	10,224,000	1,560,000	8,664,000	1619363.549
13	10,224,000	1,560,000	8,664,000	1408142.217
14	10,224,000	1,560,000	8,664,000	1224471.493
15	10,224,000	1,560,000	8,664,000	1064757.82
อัตรา	0.15			
NPV				11,661,614.53
IRR				21%