การออกแบบโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน

กษิดิศ ดาวเรือง

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การออกแบบโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน

กษิดิศ ดาวเรือง

การค้นคว้าอิสระเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ใบรับรองโครงร่างการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การออกแบบโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน

โดย กษิดิศ ดาวเรือง

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ มีถม)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ รนต์ละออง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร เก่งพล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรวิชญ์ สว่างนพ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ มีถม)

ชื่อ : กษิดิศ ดาวเรือง
ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การออกแบบโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน
สาขาวิชา : วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : ศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร เก่งพล
ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

สารนิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์คือ การออกแบบโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน โดยการพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งโปรแกรมนี้เหมาะสำหรับการใช้ในองค์กรหรือบริษัทที่ต้องการตรวจสอบและปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อลดองค์ประกอบคาร์บอน ซึ่งในปัจจุบันความเสียหายที่ก่อให้เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่นคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซที่ทำให้เกิดกระบวนการโลกร้อนได้ในปัจจุบัน ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นให้กระบวนการวิเคราะห์สามารถเข้าถึงได้ในระดับผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยจึงจัดทำโปรแกรมวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน โดยใช้โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL และโปรแกรม Visual Studio Code (Python) โดยโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นถูกออกแบบตามความต้องการของผู้ใช้งานจริง ผลการทดสอบใช้งานโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น ซึ่งโปรแกรมวิเคราะห์สามารถลดเวลาในการคำนวณ และสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของ Carbon Footprint และจุดคุ้มทุนในรูปแบบปริมาณเงินที่สามารถขายได้ และอัตราความสามารถของการผลิตโดยสามารถพิจารณาได้ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ และการผลิตว่าสามารถวัดความแตกต่างขององค์ประกอบคาร์บอนและปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ได้กี่เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งได้ 2 ส่วนหลัก Input และ Process โดยจากผลการวิจัยแสดงเวลาในการคำนวณสามารถลดจาก 5 นาที 8 วินาที เหลือเพียง 3 นาที 5 วินาที ซึ่งสามารถลดลงได้ 39.94% จึงสรุปได้ว่าโปรแกรมวิเคราะห์ Carbon Footprint และการคำนวณ จุดคุ้มทุน สามารถใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี สามารถช่วยให้การทำงานมีความสะดวกรวดเร็วขึ้น และยังเป็นการสร้างศักยภาพการแข่งขันที่สูงขึ้น อันนำมาซึ่งการพัฒนาต่อไป

คำสำคัญ : คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ก๊าซเรือนกระจก การจัดการฐานข้อมูล MySQL

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : KASIDIT DAORUANG
Independent Study Title : Design of a Program for Analysis of Carbon Footprint and Product Quantity to Calculate Break-Even
Major Field : Industrial Management Engineering
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Independent Study Advisor :Professor Dr. ATHAKORN KENGPOL
Academic Year : 2024

ABSTRACT

The objective of this Master Project is to design a program for analyzing the carbon footprint and production volume in order to calculate the break-even point. This is achieved by considering the environmental impact and break-even point of products. The program is intended for use in organizations or companies that seek to monitor and improve their products to reduce carbon components. Currently, the damage caused by greenhouse gas emissions, such as carbon dioxide and other gases contributing to global warming, is a significant concern. Therefore, to address these issues and make the analysis process more accessible at the product level, the researcher has developed a program to analyze the carbon footprint and production volume to calculate the break-even point. This program utilizes the MySQL database management system and is developed using Visual Studio Code (Python). It has been designed to meet the real needs of users. The test results of the developed program show that it significantly reduces the calculation time and allows for comparison of the carbon footprint and break-even point in monetary terms, as well as production efficiency rates. This evaluation considers factors from raw material acquisition to production, enabling users to measure the difference in carbon components and production volume in terms of what percentage can be used to calculate the product's break-even point. The program is divided into two main parts: Input and Process. In conclusion Results from the research indicate that the calculation time was reduced from 5 minutes and 8 seconds to just 3 minutes and 5 seconds, representing an approximate reduction of 39.94%. The carbon footprint analysis and break-even point calculation program proves to be highly useful, facilitating faster workflows and enhancing competitiveness, leading to further development and improvement.

Keywords: Carbon Footprint, Greenhouse Gases, Database management, MySQL

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

โครงการสารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้จากคำแนะนำและช่วยเหลือสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยและคณะกรรมการสอบงานวิจัย เนื่องด้วยการให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการแก้ไขปัญหาระหว่างการค้นคว้า รวมถึงชี้แนะวิธีในการแก้ไขปัญหาซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการจัดทำงานวิจัยนี้ รวมทั้งช่วยตรวจสอบและชี้แนะแนวทางการแก้ไขหรือเพิ่มเติมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ให้ประสบผลสำเร็จ

ในท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่ให้การสนับสนุน รวมทั้งพี่น้องในรุ่น X-MIE 31 ที่ช่วยเหลือกันด้านการเรียนและให้กำลังใจกันตลอดระยะเวลาศึกษาในระดับปริญญาโทกับผู้วิจัยเสมอมาตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัยจนสามารถทำโครงการสารนิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

กษิดิศ ดาวเรือง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ

กิตติกรรมประกาศ ฉ

สารบัญตาราง ฌ

สารบัญภาพ ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 9

1.3 สมมติฐานงานวิจัย 9

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 9

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 10

1.6 ประโยชน์ของผลการวิจัย 10

1.7 แผนการดำเนินงานวิจัย 11

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

2.1 ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ 13

2.2 ฐานข้อมูลและการจัดการฐานข้อมูล 16

2.3 การออกแบบและจัดการระบบสารสนเทศในองค์กร 18

2.4 ภาวะโลกร้อน 21

2.5 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ 24

2.6 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ 31

2.7 วิธีการคำนวณจุดคุ้มทุน 39

2.8 MySQL Database 40

2.9 Python Programming Language 41

2.10 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 41

2.11 บทสรุปของทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย 46

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย 47

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 47

3.2 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ 49

3.3 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 วิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 50
3.5 วิธีการคำนวณจุดคุ้มทุน 50
3.6 แนวทางการออกแบบโปรแกรม 51
3.7 การออกแบบและพัฒนาระบบการจัดการฐานข้อมูล 60
3.8 สรุปผลวิธีดำเนินงาน 60
บทที่ 4 ผลการวิจัย 61
4.1 ผลการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป 61
4.2 การทดสอบความไว (Sensitivity) ของโปรแกรม 74
4.3 ตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ของโปรแกรม 79
4.4 การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกรณีศึกษาโรงงานผลิต Wood Pellet 80
4.5 สรุปผลการดำเนินการ 84
บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ 85
5.1 สรุปผลการวิจัย 85
5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย 85
5.3 ข้อดีของงานวิจัย 85
5.4 ข้อด้อยของงานวิจัย 86
5.5 ข้อเสนอแนะการวิจัย 86
บรรณานุกรม 87
ภาคผนวก ก 91
คู่มือการใช้งานโปรแกรม 92
ภาคผนวก ข 109
ค่า Emission Factor แบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม 110
ประวัติผู้จัดทำสารนิพนธ์ 143

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกในเวลา 100 ปี	3
1-2	บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ	4
1-3	บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของข้อมูลกระบวนการผลิต	7
1-4	การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์	7
1-5	ระยะเวลาการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยมือ	8
2-1	สัญลักษณ์ DFD	17
2-3	การเปรียบเทียบมาตรฐานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์	35
2-4	วิธีการปันส่วนตามน้ำหนัก	38
2-5	วิธีการปันส่วนตามมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	38
2-6	สรุปการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	46
4-1	เปรียบเทียบระยะเวลาการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์	83
ข-1	กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตเคมี	110
ข-2	กลุ่มผลิตภัณฑ์ก๊าซธรรมชาติ	112
ข-3	กลุ่มพลังงาน: เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงแข็ง	113
ข-4	ไฟฟ้า	113
ข-5	น้ำประปาและน้ำอุตสาหกรรม	114
ข-6	อุตสาหกรรมยางธรรมชาติ	114
ข-7	อุตสาหกรรมโรงเลื่อยและโรงอบไม้ยางพารา	115
ข-8	ปาล์มน้ำมัน	116
ข-9	เคมีภัณฑ์	118
ข-10	โลหะ และอโลหะ	121
ข-11	วัสดุก่อสร้าง	121
ข-12	ประเภทอื่น	121
ข-13	กลุ่มการขนส่ง	122
ข-14	กลุ่มเครื่องจักรกลทางการเกษตร	138
ข-15	การจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และการปรับปรุงน้ำเสียในชุมชน	141
ข-16	การฝังกลบขยะ	142

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	เปรียบเทียบภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยปี 2000 กับปี 2018	1
1-2	กระบวนการผลิต Wood Pellet	6
2-1	แนวทางของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ	15
2-2	องค์ประกอบของระบบการจัดการฐานข้อมูล	21
2-4	การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate	25
2-5	การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave	25
2-6	กรอบการดำเนินงานตามอนุกรมมาตรฐาน 14040	30
2-7	ตัวอย่างฉลากคาร์บอน	32
2-8	ขั้นตอนการขอรับรองฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสหราชอาณาจักร	33
3-1	ลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	48
3-2	ขอบเขตการวิเคราะห์ Carbon Footprint ของผลิตภัณฑ์แบบ Cradle to Gate	49
3-3	แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า login	51
3-4	แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า signup	52
3-5	แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า main	52
3-6	แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า new product	53
3-7	แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า break-even point	53
3-8	แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า conclusion new product	54
3-9	แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า compare	54
3-10	แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า conclusion compare	55
3.11	แผนภาพกระแสข้อมูลแสดงโครงสร้างและขั้นตอนของโปรแกรม	59
4-1	หน้าจอเริ่มต้น	61
4-2	หน้าจอลงทะเบียนผู้ใช้ใหม่	62
4-3	หน้าจอหลัก	63
4-4	หน้าจอโปรแกรมสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-5	หน้าจอสรุปผลข้อมูลของผลิตภัณฑ์	65
4-6	หน้าจอเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์	66
4-7	หน้าจอสรุปผลการเปรียบเทียบของสองผลิตภัณฑ์	67
4-8	หน้าจอคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์	68
4-9	Carbon Footprint Report Sheet ในรูปแบบ Microsoft Excel	69
4-10	Graph Sheet ในรูปแบบ Microsoft Excel	71
4-11	Carbon Footprint Report Sheet ในรูปแบบ Microsoft Word	73
4-12	เพิ่มรถตู้ 10 ล้อ วิ่งปกติ 75% Load	75
4-13	ลบรถตู้ 10 ล้อ วิ่งปกติ 50% Load	76
4-14	บันทึก Test01 ใหม่	77
4-15	เปลี่ยนราคาต้นทุนรวม และราคาต่อหน่วย	78
4-16	Carbon Footprint และข้อมูลจุดคุ้มทุนที่เปลี่ยนแปลง	78
4-17	ข้อมูลทั้งหมดของการผลิต Wood Pellet	81
4-18	ข้อมูลจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ Wood Pellet	82
4-19	ข้อมูลผลลัพธ์ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ Wood Pellet	82
ก-1	หน้าจอเข้าสู่ระบบของโปรแกรม	92
ก-2	หน้าจอลงทะเบียนโปรแกรม	93
ก-3	หน้าจอหลักโปรแกรม	94
ก-4	หน้าจอสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ของโปรแกรม	96
ก-5	หน้าจอสรุปผลของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้งานเลือก	98
ก-6	หน้าจอเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์	99
ก-7	หน้าจอสรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ของโปรแกรม	100
ก-8	หน้าจอคำนวณจุดคุ้มทุนของโปรแกรม	102
ก-9	ปุ่มเลือก Create New Product	103
ก-10	Filter เลือกประเภทข้อมูล	103
ก-11	รายการแสดงข้อมูล	103
ก-12	ขั้นตอนการเพิ่มข้อมูลของผลิตภัณฑ์ใหม่	104
ก-13	ขั้นตอนการบันทึกข้อมูลของผลิตภัณฑ์ใหม่	105

สารบัญภาพ (ต่อ)

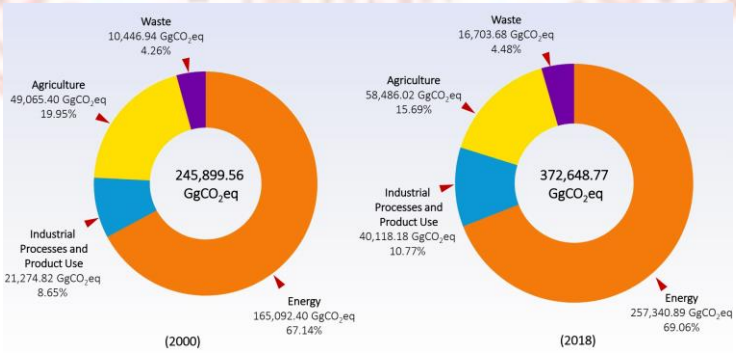
ภาพที่ หน้า
ก-14 ขั้นตอนการใช้ Edit Product 105
ก-15 ขั้นตอนการแก้ไขข้อมูล 106

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความเสียหายที่ก่อให้เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่นคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide - CO_2) และก๊าซที่ทำให้เกิดกระบวนการโลกร้อนได้เป็นที่ทำความรู้จักกันดีในปัจจุบัน ปริมาณก๊าซเหล่านี้ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่มนุษย์ทำให้เกิดขึ้น นั้นเรียกว่า “Carbon Footprint” ทำให้ภาครัฐ ภาคเอกชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงพยายามที่จะวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อวางแผนลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นที่มาของ “คาร์บอนฟุตพริ้นท์” (Carbon Footprint)

ในปี พ.ศ. 2561 กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้รายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศไทย รวมถึงการปล่อยจากแหล่งต้นทุนและการดูดซับ โดยปริมาณทั้งหมดเท่ากับ 372.65 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยแบ่งเป็นภาคพลังงาน ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด จำนวน 257.34 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 69.06 ของปริมาณทั้งหมด ภาคการเกษตร ปล่อยก๊าซเรือนกระจก จำนวน 58.49 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 15.69 ของปริมาณทั้งหมด ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม ปล่อยก๊าซเรือนกระจก จำนวน 40.12 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 10.77 ของปริมาณทั้งหมด ภาคของเสียปล่อยก๊าซเรือนกระจก จำนวน 16.70 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 4.48 ของปริมาณทั้งหมด (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2561)



ภาพที่ 1-1 เปรียบเทียบภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยปี 2000 กับปี 2018 (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2561)

ข้อมูลเบื้องต้นของก๊าซเรือนกระจก มีดังนี้

1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide : CO_2) เกิดจากธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ภูเขาไฟ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการตัดไม้ทำลายป่า เป็นต้น

2. ก๊าซมีเทน (Methane : CH_4) เกิดจากธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเพาะปลูกข้าว การปศุสัตว์ การย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิต การเผาไหม้มวลชีวภาพ เป็นต้น (มีศักยภาพในการกักเก็บความร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 เท่า)

3. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide : N_2O) เกิดจากธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตโดยแบคทีเรียในดินและมหาสมุทร การเกษตรกรรมที่ใช้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของไนโตรเจน และอุตสาหกรรมที่ใช้กรดไนตริดในกระบวนการผลิต เป็นต้น (มีศักยภาพในการกักเก็บความร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 298 เท่า)

4. ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbon : HFCs) ในสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ และเป็นสารขยายตัวของโฟม ตัวทำละลายและสารสำหรับการดับเพลิง (มีศักยภาพในการกักเก็บความร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 124 - 14,800 เท่า ขึ้นอยู่กับประเภท)

5. ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbon : PFC) เป็นก๊าซสังเคราะห์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท (มีศักยภาพในการกักเก็บความร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 7,390 - 12,200 เท่า)

6. ก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (Nitrogen trifluoride : NF_3) ในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์หรือวงจรขนาดเล็ก (มีศักยภาพในการกักเก็บความร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 17,200 เท่า)

7. ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfur Hexafluoride : SF_6) ในอุตสาหกรรมหนักหลายประเภท เช่น ยางรถยนต์ ฉนวนไฟฟ้า การผลิตสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า อุตสาหกรรมแมกนีเซียม เป็นต้น (มีศักยภาพในการกักเก็บความร้อนมากที่สุด ซึ่งมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 22,800 เท่า)

ก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดเหล่านี้จะมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential : GWP) แตกต่างกัน โดยทางคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) ได้กำหนดค่าการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของแต่ละก๊าซให้เทียบกับศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับ 1 ซึ่งจะมีหน่วยเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent : CO_2e)

ตารางที่ 1-1 ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกในเวลา 100 ปี

ก๊าซเรือนกระจก	ค่าศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ในช่วงระยะเวลา 100 ปี
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	1
มีเทน (CH_4)	25
ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	298
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)	124 - 14,800
เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)	7,390 - 12,200
ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3)	17,200
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)	22,800

ที่มา : IPCC (2007)

นอกจากความสามารถในการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์แล้ว โปรแกรมคำนวณยังมีศักยภาพในการคำนวณจุดคุ้มทุนสำหรับการลงทุนในผลิตภัณฑ์ การคำนวณจุดคุ้มทุนนี้ช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจลงทุน โดยพิจารณาจากต้นทุน ผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินโครงการ และลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อีกด้วย

จากกรณีศึกษาโรงงานผลิต Wood Pellet ตั้งอยู่ เลขที่ 102 หมู่ที่ 13 ตำบลน้ำชำ อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ ได้ทำการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ Wood Pellet ด้วยมือเริ่มจากทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องตามขอบเขตของการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ และการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ Wood Pellet โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (Inputs) และกระบวนการผลิต (Process) จากนั้นจึงทำการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องตามขอบเขตของการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ใช้ในการประเมินหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากรายงานประจำเดือนของโรงงานกรณีศึกษาโดยแบ่งเป็น โดยนำข้อมูลตลอดระยะเวลาการผลิต 1 เดือน (ธันวาคม พ.ศ. 2563) ระยะเวลาทำงานตลอดเดือน 22 วัน ชั่วโมงทำงาน 7ชั่วโมงต่อวัน มาหาค่าเฉลี่ยต่อวัน และประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยสามารถแบ่งการดำเนินงานได้ 6 ขั้นตอน

1.1.1 กำหนดวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ อันนำไปสู่การจำแนกแนวทางในการจัดการ เพื่อลดปริมาณการปล่อยอย่างมีส่วนร่วมของกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์

1.1.2 คัดเลือกผลิตภัณฑ์ คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการผลิต ซึ่งโรงงานกรณีศึกษามีผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวคือ Wood Pellet

1.1.3 กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตแบบ (Cradle to Gate) โดยกระบวนการผลิตโดยวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ระหว่างหน่วยงานธุรกิจกับหน่วยงานธุรกิจซึ่งเรียกว่า B2B (Business-to-Business) ซึ่งระยะเวลาทำงานตลอดเดือน 22 วัน ชั่วโมงทำงาน 7 ชั่วโมงต่อวัน มาหาค่าเฉลี่ยต่อวัน

1.1.4 ขอความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้อง เป็นการขอความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้องของกระบวนการผลิต

1.1.5 จำแนก รวบรวม และตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล เป็นการจำแนกข้อมูลบัญชีสิ่งแวดล้อม การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสามารถจำแนกได้ 2 แบบ

1.1.5.1 จัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ

โรงงานผลิตรับซื้อไม้จากผู้ค้าส่ง โดยซื้อไม้จากแหล่งที่ 1 เลขที่ 96/5 ตำบลเหมืองหม้อ อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ ซื้อไม้ท่อนทั้งหมด 30 ตัน โดยใช้รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง ขนส่งเป็นระยะทาง 12.2 กิโลเมตร แหล่งที่ 2 เลขที่ 15/15 ซอย 6 หมู่ที่ 2 ตำบลหัวฝาย อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ ซื้อไม้ท่อนทั้งหมด 30 ตัน โดยใช้รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง ขนส่งเป็นระยะทาง 5.6 กิโลเมตร และแหล่งที่ 3 เลขที่ 189 หมู่ที่ 5 ตำบลดอนมูล อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ ซื้อไม้ท่อนทั้งหมด 10 ตัน โดยใช้รถกระบะ 6 ล้อ ใหญ่ ขนส่งเป็นระยะทาง 8.5 กิโลเมตร ซึ่งทำการสรุปบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบดังตารางที่ 1-2

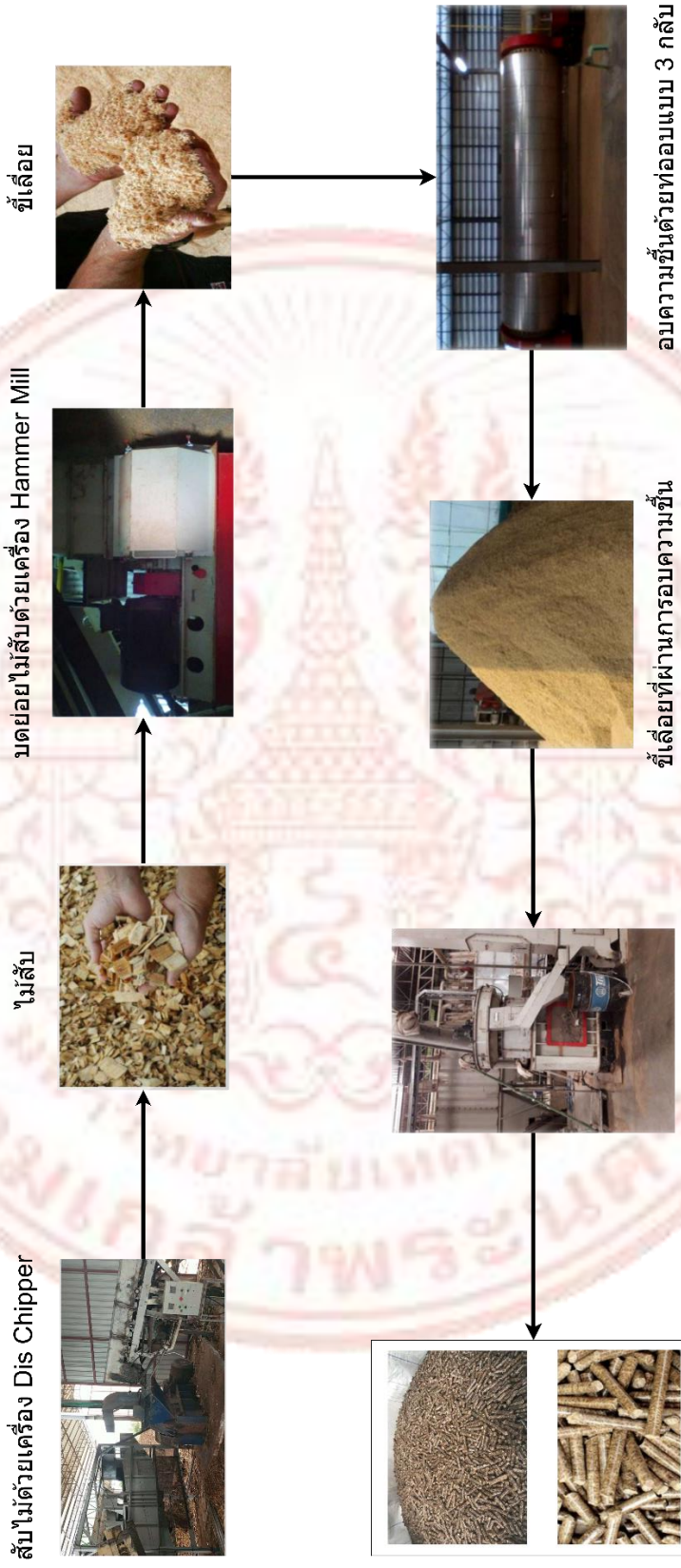
ตารางที่ 1-2 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ

รายการ	ระยะทาง	หน่วย
ขนไม้ด้วยรถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 30 ตัน (แหล่งที่ 1)	12.2	กิโลเมตร
ขนไม้ด้วยรถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 30 ตัน (แหล่งที่ 2)	5.6	กิโลเมตร
ขนไม้ด้วยรถกระบะ 6 ล้อ ใหญ่ 10 ตัน (แหล่งที่ 3)	8.5	กิโลเมตร

1.1.5.2 ทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของข้อมูลกระบวนการผลิต

เริ่มจากนำไม้ท่อนมาผ่านเครื่องสับ Dis Chipper เพื่อสับไม้ 10-15 ตันต่อชั่วโมง จากนั้นนำไม้สับผ่านเครื่อง Hammer Mill ขนาด 147 แรงม้า 2 จำนวนเครื่องและขนาด 295 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง เพื่อบดย่อยไม้สับให้เป็นขี้เลื่อย 10-12 ตันต่อชั่วโมง แล้วนำขี้เลื้อยไปทำการอบความชื้นด้วยท่อแบบ 3 กลับ และความร้อนจากเตาเผาขนาด 2.5 x 2.5 x 2.5 เมตร ใช้ไม้ปีกในการเป็นเชื้อเพลิงเตาเผาปริมาณ 66 กิโลกรัมต่อวัน เพื่อลดความชื้นของขี้เลื่อยลงไปที่ระดับ 12-15% สุดท้ายนำขี้เลื้อย

ที่ผ่านการอบความชื้นแล้วไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่อง Pellet Mill 315 กิโลวัตต์ จำนวน 1 เครื่อง กำลังการผลิต 4.5 ตันต่อชั่วโมง และเครื่องขนาด 220 กิโลวัตต์ จำนวน 2 เครื่อง กำลังการผลิต 2.5-3 ตันต่อชั่วโมง เพื่อได้ผลิตภัณฑ์ Wood Pellet ประมาณ 70 ตันต่อวัน สามารถสรุปกระบวนการผลิตได้ดังภาพ 1-2 โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดต่อวันคิดจากค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง แรงดันไฟฟ้า 12-24 กิโลโวลล์ ค่าพลังงานไฟฟ้า 3.1471 บาท/หน่วย ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3260.56 บาทต่อวัน สรุปได้ว่าใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1036.05 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน ใช้รถตักไม้ท่อนคิดปริมาณน้ำมันที่ใช้ต่อวัน 23.153 กิโลกรัมต่อวัน คิดจากน้ำมันดีเซลปริมาตร 27.895 ลิตรต่อวัน ที่ความหนาแน่น 0.83 กิโลกรัมต่อลิตร ซึ่งทำการสรุปบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของข้อมูลกระบวนการผลิตดังแสดงตารางที่ 1-3



ภาพที่ 1-2 กระบวนการผลิต Wood Pellet

ตารางที่ 1-3 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของข้อมูลกระบวนการผลิต

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ไม้ยางพาราท่อนสด	69,871	กิโลกรัม
ปีกไม้ยางพารา	66	กิโลกรัม
พาเลทไม้ยางพารา	69,936	กิโลกรัม
น้ำมันรถตักเข้าสายพาน (น้ำมันดีเซล)	23.153	กิโลกรัม
พลังงานไฟฟ้า (เครื่องจักรและแสงส่องสว่าง)	1,036.05	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

จากการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต สามารถสรุปข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ Wood Pellet โดยนำค่าสัมประสิทธิ์มาเปรียบเทียบกับข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงตารางที่ 1-4

ตารางที่ 1-4 การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

รายการ	ปริมาณ	หน่วยของปริมาณ	สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ไม้ยางพาราท่อนสด	69,871	กิโลกรัม	0.0471 $KgCO_2eq$ / kg
ปีกไม้ยางพารา	66	กิโลกรัม	0.0829 $KgCO_2eq$ / kg
พาเลทไม้ยางพารา	69,936	กิโลกรัม	0.093 $KgCO_2eq$ / kg
น้ำมันรถตักเข้าสายพาน (น้ำมันดีเซล)	23.153	กิโลกรัม	0.3522 $KgCO_2eq$ / kg
พลังงานไฟฟ้า (เครื่องจักรและแสงส่องสว่าง)	1,036.05	กิโลวัตต์	0.5986 $KgCO_2eq$ / kWh
รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 30 ตัน (แหล่งที่ 1) เที่ยวไป	30 12.2	ตัน กิโลเมตร	0.0443 $KgCO_2eq$ / tkm
รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 30 ตัน รถเปล่า (แหล่งที่ 1) เที่ยวกลับ	12.2	กิโลเมตร	0.8684 $KgCO_2eq$ / km
รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 30 ตัน (แหล่งที่ 1) เที่ยวไป	30 5.6	ตัน กิโลเมตร	0.0443 $KgCO_2eq$ / tkm
รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 30 ตัน รถเปล่า (แหล่งที่ 1) เที่ยวกลับ	5.6	กิโลเมตร	0.8684 $KgCO_2eq$ / km
รถกระบะ 6 ล้อ ใหญ่ 10 ตัน (แหล่งที่ 3) เที่ยวไป	10 8.5	ตัน กิโลเมตร	0.0613 $KgCO_2eq$ / tkm
รถกระบะ 6 ล้อ ใหญ่ 10 ตัน รถเปล่า (แหล่งที่ 3) เที่ยวกลับ	8.5	กิโลเมตร	0.4923 $KgCO_2eq$ / km

1.1.6 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การคำนวณด้วยมือจากบทที่ 2 สมการที่ 2-7 โดยข้อมูลอ้างอิงจากตารางที่ 1-4

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = Activity Data (AD) X Emission Factor (EF)

= (69,871 kg x 0.0471 $KgCO_2eq$ / kg) + (66 kg x 0.0829) + (69,936 kg x 0.093 $KgCO_2eq$ / kg) + (23.153 kg x 0.3522 $KgCO_2eq$ / kg) + (1,036.05 kWh x 0.5986 $KgCO_2eq$ / kWh) + (12.2 km x 30 ton x 0.0443 $KgCO_2eq$ / tkm) + (12.2 km x 0.8684 $KgCO_2eq$ / km) + (5.6 km x 30 ton x 0.0443 $KgCO_2eq$ / tkm) + (5.6 km x 0.8684 $KgCO_2eq$ / km) + (8.5 km x 10 ton x 0.0613 $KgCO_2eq$ / tkm) + (8.5 km x 0.4923 $KgCO_2eq$ / km)

= 10,477.286 $KgCO_2eq$

จากการคำนวณด้วยมือผู้วิจัยได้ทำการจับเวลาการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อทดสอบความเร็วของการคำนวณด้วยมือ โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 1-4 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ ปริมาณที่ใช้ และระยะทางขนส่งใช้ข้อมูลเดิมจากตารางที่ 1-4 คำนวณโดยการจับเวลาคน 5 คน ทดลองซ้ำคนละ 2 ครั้ง เนื่องจากความผันแปรของข้อมูลน้อย และเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล ซึ่งค่าเฉลี่ยระยะเวลาคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยมือคือ 5 นาที 9 วินาที ดังแสดงตารางที่ 1-5

ตารางที่ 1-5 ระยะเวลาการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยมือ

การทดลอง	**คำนวณด้วยมือ**	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
คนที่ 1	5 นาที 15 วินาที	4 นาที 59 วินาที
คนที่ 2	5 นาที	4 นาที 57 วินาที
คนที่ 3	5 นาที 19 วินาที	4 นาที 53 วินาที
คนที่ 4	4 นาที 53 วินาที	5 นาที 7 วินาที
คนที่ 5	5 นาที 16 วินาที	5 นาที 39 วินาที
ค่าเฉลี่ย	5 นาที 9 วินาที	5 นาที 7 วินาที
ค่าเฉี่ยรวม	5 นาที 8 วินาที	

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการสร้างโปรแกรมคำนวณปริมาณ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ โดยการพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งใช้เพื่อตรวจสอบปริมาณ Carbon Footprint หรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์ เพื่อประกอบการตัดสินใจการลงทุนหรือขอรับการประเมิน Carbon Footprint ของผลิตภัณฑ์ โดยข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นและจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งโปรแกรมนี้เหมาะสำหรับการใช้

ในองค์กรหรือบริษัทที่ต้องการประเมินปริมาณ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมคำนวณปริมาณ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์

1.2.2 เพื่อช่วยลดระยะเวลาการคำนวณ เพื่อการประเมิน Carbon Footprint ของผลิตภัณฑ์

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

1.3.1 ผลจากการศึกษานี้โปรแกรมสามารถคำนวณ Carbon Footprint รองรับการเก็บข้อมูลที่ถูกต้องเพื่อให้สามารถคำนวณและวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมและผลิตภัณฑ์ โดยข้อมูลที่ต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ เช่น กำหนดให้ป้อนข้อมูลได้เฉพาะตัวเลขเท่านั้นจะใช้ตัวอักษรไม่ได้

1.3.2 ผลจากการศึกษานี้โปรแกรมสามารถประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์โดยใช้ข้อมูลต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) ปริมาณการผลิต (Number of Units) ราคาขายต่อหน่วย (Unit Price) และปริมาณวัตถุดิบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (Amount of raw material per product)

1.3.3 ผลจากการศึกษานี้โปรแกรมคำนวณ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ สามารถลดระยะเวลาการคำนวณได้ไม่น้อยกว่า 30% เมื่อเทียบกับการคำนวณด้วยมือ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

พัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน โดยโปรแกรมจะรองรับการเก็บข้อมูล Carbon Footprint และจุดคุ้มทุน ซึ่งผู้ใช้งานโปรแกรมต้องมีความรู้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้น และจัดทำการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมเพื่อรวบรวมข้อมูลสำหรับการคำนวณก่อนการใช้โปรแกรม โดยอยู่ในการประเมินระดับผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งมีการกำหนดขอบเขตการประเมินแบบ Cradle to Gate

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ศึกษาปัญหาการใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ Carbon Footprint และความคุ้มค่าการลงทุนของผลิตภัณฑ์และแนวทางแก้ไข

1.5.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บฐานข้อมูล

1.5.3 ดำเนินการจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูล ชื่อ นามสกุล เบอร์โทร Username Password และE-mail ที่ใช้ในการเข้าสู่โปรแกรม รวมถึงข้อมูล Emission Factor ที่ใช้ในโปรแกรม

1.5.4 กำหนดขอบเขตการพัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนอยู่ในการประเมินระดับผลิตภัณฑ์

1.5.5 ออกแบบโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน

1.5.6 สร้างโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code (Python)

1.5.7 ทดสอบการใช้งานโปรแกรมและการใช้งานให้เหมาะสมกับการทำงาน

1.5.8 สรุปและประเมินผลการทำงาน พร้อมข้อเสนอแนะ

1.5.9 จัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.6 ประโยชน์ของผลการวิจัย

1.6.1 พัฒนาโปรแกรมคำนวณ Carbon Footprint เพื่อวัดและวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยลดองค์ประกอบคาร์บอนของผลิตภัณฑ์

1.6.2 วิเคราะห์ปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ที่มีการลดองค์ประกอบคาร์บอน เพื่อเพื่อประกอบการตัดสินใจการลงทุนขององค์กร หรือบริษัท

1.7 แผนการดำเนินงานวิจัย

แผนการดำเนินการพัฒนาโปรแกรม

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี 2566						ปี 2567							
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1.วิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางในการแก้ไขปัญหาของปฏิบัติการ	←	—	→											
2.ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูล	←	—	→											
3.ดำเนินการจัดเก็บรวบรวมข้อมูล	←	—	—	—	→									
4.ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ Visual Studio Code (Python)				←	—	—	—	—	→					
5.ทดสอบการใช้โปรแกรมและการใช้งานให้เหมาะสมกับการทำงาน									←	—	→			
6.สรุปและประเมินผลการทำงาน พร้อมข้อเสนอแนะ											←	—	→	
7.จัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์ฉบับสมบูรณ์	←	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	→

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาโปรแกรม เพื่อคำนวณค่า Carbon Footprint และวิเคราะห์ความคุ้มค่าของผลิตภัณฑ์ได้ จึงทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง เป็นแนวทางในการออกแบบพัฒนาโปรแกรมโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดการระบบฐานข้อมูลในหน่วยงานต่อไป ซึ่งทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการออกแบบและระบบฐานข้อมูล ได้แก่

2.1 ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ
2.2 ฐานข้อมูลและการจัดการฐานข้อมูล
2.3 การออกแบบและจัดการระบบสารสนเทศในองค์กร
2.4 ภาวะโลกร้อน
2.5 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
2.6 คาร์บอนฟุตพริ้นท์
2.7 วิธีการคำนวณจุดคุ้มทุน
2.8 MySQL Database
2.9 Python programming language
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.11 บทสรุปที่ใช้ในงานวิจัย

2.1 ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information Systems : MIS)

ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information Systems : MIS) หมายถึง ระบบสารสนเทศที่มีความสัมพันธ์ เพื่อการประมวลผล เก็บรักษา และกระจายสารสนเทศ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ ประสานงานและควบคุมการทำงานในองค์กร (Laudon and Laudon, 2006) โดยปัจจุบันมีผู้ใช้คำว่า เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology : IT)” อย่างแพร่หลายโดยความหมายของเทคโนโลยีสารสนเทศ มีดังต่อไปนี้

เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology : IT) หมายถึง เทคโนโลยีที่ใช้บันทึกประมวลผลค้นคืน รับและส่ง เพื่อการเชื่อมโยงสารสนเทศ (ข้อมูล) ซึ่งรวมถึงเครื่องมือและอุปกรณ์

ส่วนในความหมายที่กว้าง เทคโนโลยีสารสนเทศ หมายถึง การรวบรวมกันของเทคโนโลยีทุกด้าน เพื่อสร้าง จัดเก็บ และสื่อสารกันของสารสนเทศ (สุชาดา, 2542)

สรุประบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information Systems : MIS) คือ ระบบสารสนเทศที่ได้รับการออกแบบมาให้มีความสัมพันธ์กัน เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและประสานงานเพื่อควบคุมการทำงานในองค์กร แต่หากเป็นระบบสารสนเทศที่ใช้ในงานคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะจะเรียกว่า ระบบสารสนเทศเพื่อคอมพิวเตอร์ (Computer-based Information Systems : CBIS)

2.1.1 แนวทางของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Approached to MIS)

แนวทาง Approached to MIS เป็นไปในรูปแบบสหวิทยาการ (Multidisciplinary Field) โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แนวทางหลัก คือแนวทางด้านเทคนิค (Technical Approach), แนวทางด้านพฤติกรรม (Behavioral Approach) และแนวทางผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีและสังคม (Sociotechnical Approach)

2.1.1.1 แนวทางด้านเทคนิค (Technical Approach) จะเป็นเทคโนโลยีทางกายภาพและความสามารถในด้านการจัดการโดยจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนย่อย คือ วิทยาการจัดการ (Management Science) ซึ่งจะเป็นตัวแบบ (Model) ทางด้านการบริหารงานองค์กรใหม่ ประสิทธิภาพ (Efficiency) และประสิทธิผล (Effectiveness) โดยการบริหารเหล่านี้จะต้องมีวิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science) เข้ามาช่วยในการจัดหาและจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ เพื่อนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์จัดการโดยมีส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่ง คือการวิจัยและดำเนินการ (Operations Research) ซึ่งเป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยในการคำนวณหาจุดสูงสุดหรือจุดต่ำสุดหรือจุดที่เหมาะสมที่สุด (Maximum, Minimum, Optimization) เช่น หากำไรสูงสุด สินค้าคงคลังต่ำ หรือจำนวนผลผลิตที่เหมาะสมที่สุด (อรรถกร, 2560)

2.1.2 ประโยชน์ของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Benefits of MIS) สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ด้าน คือ

2.1.2.1 ประโยชน์ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency Benefits)

2.1.2.1.1 ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS) ช่วยให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและสามารถทำงานได้ในสถานที่ต่างกัน อีกทั้งการติดต่ออาจกระทำระหว่างบุคคลไปยังบุคคล (Human to Human) บุคคลไปยังเครื่องจักร (Human to Machine) หรือเครื่องจักรไปยังเครื่องจักร (Machine to Machine) ทั้งยังสามารถส่งข้อมูล (ข้อความ เสียง ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว) ขนาดใหญ่ได้ในเวลาอันรวดเร็ว ประหยัดค่าใช้จ่าย และปลอดภัยอีกด้วย (อรรถกร, 2560 อ้างถึงในชุมพล, 2543)

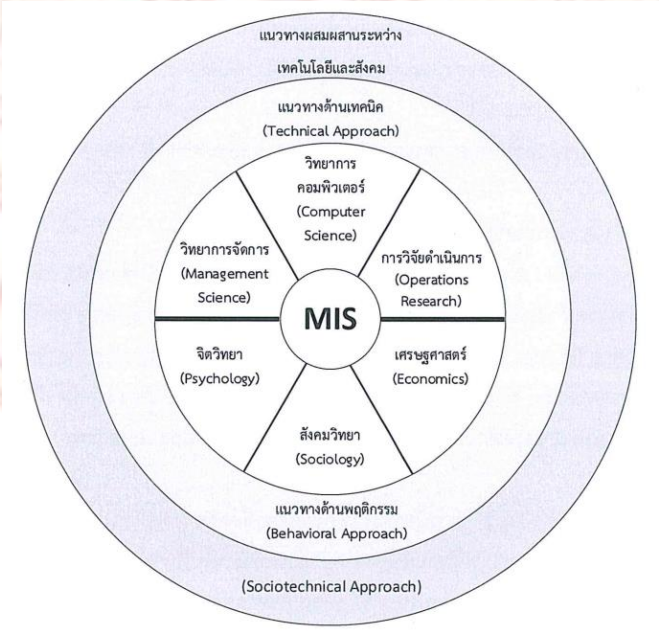
2.1.2.1.2 ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS) ช่วยให้องค์กรมีความยืดหยุ่น (Flexibility) ในการปฏิบัติงาน เนื่องจากสามารถทำงานในที่ห่างไกล (Remote Area) หรือในขณะที่เข้าทำงานที่สำนักงานใหญ่ก็ยังสามารถติดต่อและทำธุรกรรมได้เช่นเดียวกัน

2.1.2.2 ประโยชน์ของประสิทธิผล (Effectiveness Benefits)

2.1.2.2.1 ระบบสารสนเทศ สามารถช่วยให้องค์กรมีธรรมาภิบาลหากองค์กรมีระบบสารสนเทศที่โปร่งใส ผู้ใช้และผู้ตรวจสอบบัญชีสามารถให้ความเชื่อถือกับระบบจะทำให้ลูกค้าและผู้ดำเนินธุรกิจด้วยสามารถให้ความเชื่อถืออันจะทำให้องค์กรสามาดำเนินธุรกิจรุดหน้าได้อย่างรวดเร็ว

2.1.2.2.2 ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS) สามารถช่วยให้การติดต่อสื่อสารกับลูกค้ามีความรวดเร็วมากขึ้น เช่น ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support Systems: DSS) สามารถนำมาใช้เพื่อช่วยให้ผู้บริหารสามารถรวบรวมข้อมูลได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

2.1.2.2.3 ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS) สามารถช่วยให้การติดต่อสื่อสารกับลูกค้ามีความรวดเร็ว ทำให้ลูกค้าสามารถแนะนำ สั่งซื้อ หรือทำธุรกรรมอื่นได้โดยง่าย ลูกค้าประทับใจในการบริหารขององค์กร อันเป็นผลให้องค์กรมีความได้เปรียบทางการแข่งขัน (อรรถกร, 2560)



ภาพที่ 2-1 แนวทางของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (อรรถกร, 2560)

2.2 ฐานข้อมูลและระบบการจัดการข้อมูล

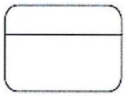
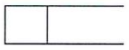
ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลคือชุดคำสั่ง หรือ โปรแกรม หรือ ซอฟท์แวร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่บริหารจัดการฐานข้อมูล เช่น รวบรวมข้อมูลให้เป็นระบบ สะดวกและง่ายต่อการจัดการเกี่ยวกับระบบแฟ้มข้อมูลภายในฐานข้อมูล (การเก็บ รักษา การเรียกใช้ การแก้ไข การเข้าถึงข้อมูล) รวมถึงการที่จะนำมาปรับปรุงให้ทันสมัย ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลจะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือหรือเป็นตัวกลางระหว่างผู้ใช้ชุดคำสั่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับฐานข้อมูล เพื่อจัดการและควบคุมความถูกต้อง ความซับซ้อนและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่อยู่ภายในฐานข้อมูล รวมถึงการรักษาความความมั่นคง ความปลอดภัยของข้อมูล การสำรองข้อมูล และการเรียกคืนข้อมูลในกรณีที่ข้อมูลเกิดความเสียหายโดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทราบถึงรายละเอียด ภายในโครงสร้างของฐานข้อมูล ตัวอย่างของระบบบริหารจัดการข้อมูลที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น MySQL, PostgreSQL, Microsoft Access, SQL Server, FileMaker, Oracle, Sybase, dBase, Clipper และ FoxPro เป็นต้น อาจจะสรุปได้ว่าระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล คือกลุ่มของโปรมแกรม หรือ ซอฟต์แวร์ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง ดูแลจัดการ ควบคุมความถูกต้อง ความซ้ำซ้อน และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเกี่ยวกับฐานข้อมูล และอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ ทั้งในด้านการสร้าง และการปรับปรุงแก้ไข ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลที่ดีจะต้องมีความสามารถในการจัดการที่หลากหลายความสามารถพื้นฐานที่ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลทุกตัวจะต้องมี คือ ความสามารถในการจัดเก็บข้อมูล การเรียกค้น การแก้ไขเปลี่ยนแปลง การลบ และการเพิ่มเติม เป็นต้น ผู้ใช้จะต้องเข้าใจโครงสร้างฐานข้อมูลและการกระทำกับฐานข้อมูลนั้นด้วย (ที่มา : http://www.ict.up.ac.th/worrakits/Database.file/charpter2.pdf)

2.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) เป็นเครื่องมือที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการเขียนแบบระบบใหม่ในการเขียนแผนภาพจำลองการทำงานของกระบวนการ (Process) ในระบบ โดยเฉพาะกับระบบที่ “หน้าที่” ของระบบมีความสำคัญและมีความซับซ้อนมากกว่าข้อมูลที่ไหลเข้าโครงสร้างที่ใช้บรรยายภาพรวมของระบบโดยแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบหรือกระบวนการ (Process) ระบุแหล่งกำเนิดของข้อมูล การไหลของข้อมูล ปลายทางข้อมูล การเก็บข้อมูลและการประมวลผลข้อมูล กล่าวคือดีเอฟดีจะช่วยแสดงแผนภาพ ว่าข้อมูลมาจากไหน จะไปไหน เก็บข้อมูลไว้ที่ไหน มีอะไรเกิดขึ้นกับข้อมูลระหว่างทางเรียกว่าแผนภาพกระแสข้อมูลหรือ แผนภาพแสดงความเคลื่อนไหวของข้อมูลโดยดีเอฟดี (ลักษมี และชยุต, 2559 อ้างถึงใน นภัทร, 2558)

ชุดสัญลักษณ์มาตรฐานที่พัฒนา (DeMarco and Yourdon, 1979) ดังแสดงตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 สัญลักษณ์ DFD

DeMarco, Yourdon And Constantine	Gane and Sarson	ความหมาย
		Process ขั้นตอนการทำงานภายในระบบ
		Data Store แหล่งข้อมูลสามารถเป็นได้ทั้งไฟล์ข้อมูล และฐานข้อมูล (File or Database)
		External Agent : ปัจจัยหรือสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อระบบ
		Data Store เส้นทางการไหลของข้อมูล แสดงทิศทางของข้อมูลจากขั้นตอนการทำงานหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง

ที่มา : DeMarco and Yourdon (1979)

2.2.1.1 Process หรือขั้นตอนการงานภายในระบบ คือ งานที่ดำเนินการ/ตอบสนองข้อมูลที่รับเข้าหรือดำเนินการ/ตอบสนองต่อเงื่อนไข/สภาวะใดที่เกิดขึ้น ไม่ว่าขั้นตอนการดำเนินงานนั้นจะกระทำโดยบุคคล หน่วยงาน หุ่นยนต์ เครื่องจักร หรือ เครื่องคอมพิวเตอร์ก็ตาม โดยจะเป็นกริยา (Verb)

2.2.1.2 เส้นทางการไหลของข้อมูล (Data Flows) เป็นการสื่อสารระหว่างขั้นตอนการทำงาน (Process) และสภาพแวดล้อมภายนอกหรือภายในระบบ โดยแสดงถึงข้อมูลที่นำเข้าไปในแต่ละ Process และข้อมูลที่ส่งออกจาก Process ใช้ในการแสดงถึงการบันทึกข้อมูล การลบข้อมูล การแก้ไขข้อมูล สัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายเส้นทางการไหลของข้อมูลคือ เส้นตรงที่ประกอบด้วยหัวลูกศรตรงปลายเพื่อบอกทิศทางการเดินทางหรือการไหลของข้อมูล

2.2.1.3 ตัวแทนข้อมูล (External Agents) หมายถึง บุคคล หน่วยงานในองค์กร องค์กรอื่น หรือระบบงานอื่น ที่อยู่ภายนอกขอบเขตของระบบแต่มีความสัมพันธ์กับระบบ โดยมีการส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบเพื่อดำเนินงาน และรับข้อมูลที่ผ่านการดำเนินงานเรียบร้อยแล้วจากระบบ สัญลักษณ์ที่ใช้อธิบาย คือ สี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายในจะต้องแสดงชื่อของ External Agent โดยสามารถทำการซ้ำ (Duplicate) ได้ด้วยการใช้เครื่องหมาย \ (black slash) ตรงมุมล่างซ้าย

2.2.1.4 แหล่งจัดเก็บข้อมูล (Data Store) เป็นแหล่งเก็บ/บันทึกข้อมูล เปรียบเสมือนคลังข้อมูล (เทียบเท่ากับไฟล์ข้อมูล และฐานข้อมูล) โดยอธิบายรายละเอียดและคุณสมบัติเฉาะตัวของสิ่งที่ต้องการเก็บ/บันทึก สัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายคือสี่เหลี่ยมเปิดหนึ่งข้าง แบ่งออกเป็นสองส่วนได้แก่ ส่วนที่ 1 ทางด้านซ้ายใช้แสดงรหัส Data Store อาจจะเป็นหมายเลขลำดับหรือตัวอักษรได้ เช่น D1, D2 เป็นต้น สำหรับส่วนที่ 2 ทางด้านขวาใช้แสดงชื่อ Data Store หรือชื่อไฟล์

2.3 การออกแบบและจัดการระบบสารสนเทศในองค์กร

2.3.1 องค์ประกอบของแผนการสร้างระบบสารสนเทศ เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับแผนธุรกิจได้ (อรรถกร, 2560) มีดังต่อไปนี้

2.3.1.1 วัตถุประสงค์ของแผนระบบสารสนเทศ (Objective of IS Plan) ซึ่งจะเป็นการกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงจากสถานการณ์ทางระบบสารสนเทศ IS ปัจจุบัน (IS Current Situation) และมีการกล่างถึงยุทธศาสตร์ของระบบสารสนเทศ IS (IS Strategic Plan) และองค์ประกอบในการนำไปสู่ความสำเร็จ (Key Success Factors)

2.3.1.2 ยุทธศาสตร์แผนธุรกิจ (Strategy of Business Plan) กล่าวถึงยุทธศาสตร์ที่ใช้ในปัจจุบันและยุทธศาสตร์ที่จะใช้ในอนาคตรวมถึงต้องมีการกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของระบบสารสนเทศที่จะนำเข้ามาใช้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายขององค์กร

2.3.1.3 ระบบสารสนเทศในปัจจุบัน (Current Information Systems) เป็นการกล่าวถึงฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์และระบบสื่อสารที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จากนั้นต้องมีการกล่าวถึง แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) หรือดีเอฟดี (DFD) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างของข้อมูลโดยมีการใช้เพื่อจำลองข้อมูลรับเข้ากระบวนการและข้อมูลส่งออก

2.3.1.4 ระบบสารสนเทศใหม่ (New Information Systems) จะต้องมีการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ในการสร้างดีเอฟดีให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของแผนธุรกิจในอนาคตรวมถึงการพัฒนาฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์และระบบสื่อสารให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์

2.3.1.5 การจัดการยุทธศาสตร์ระบบสารสนเทศ IS (Managing IS Strategy) องค์กรต้องสร้างวัฒนธรรมการทำงานแบบกลุ่ม เพื่อให้การป้องกันองค์กรเป็นไปอย่างราบรื่นและเป็นทิศทางเดียวกันควบคุมจัดการโดยผู้บริหาร

2.3.1.6 แผนการนำไปสู่การปฏิบัติ (Implementation) ต้องประกอบด้วยการแนะนำและการนำระบบสารสนเทศใหม่มาใช้มีการอธิบายอย่างเป็นขั้นตอน และต้องมีแผนติดตามความคืบหน้าของระบบสารสนเทศใหม่ เพื่อการประเมินความสำเร็จในแต่ละช่วง

2.3.1.7 งบประมาณของการวางแผนระบบสารสนเทศ IS (Budget of IS Plan) ต้องมีการประมาณราคาฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ระบบสื่อสารและการประมาณการลดต้นทุนในแต่ละด้านจากแผนนี้ ซึ่งองค์กรสามารถนำไปรวมกับแผนการเงินประจำปีได้

2.3.2 องค์ประกอบของระบบการจัดการฐานข้อมูล

ระบบการจัดการฐานข้อมูลประกอบด้วยส่วนสำคัญหลัก 5 ส่วน ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ข้อมูล กระบวนการทำงาน และบุคลากร (โอภาส, 2545) ดังต่อไปนี้

2.3.2.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) หมายถึง คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์รอบข้าง (Peripherals) โดย DBMS และแอฟพลิเคชันจะเกี่ยวข้องกับฮาร์ดแวร์ที่ใช้งานด้วย ฮาร์ดแวร์ที่จะนำมาใช้งานกับ DBMS นั้นสามารถเป็นไปได้ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้งานคนเดียว เมนเฟรมคอมพิวเตอร์ มินิคอมพิวเตอร์ รวมทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกันเป็นเครือข่าย ซึ่งฮาร์ดแวร์จะเป็นรูปแบบใดก็ขึ้นอยู่กับความต้องการขององค์การหรือหน่วยงานเป็นหลัก

2.3.2.2 ซอฟต์แวร์ (Software) หมายถึง โปรแกรมที่ใช้ในระบบการจัดการฐานข้อมูล ซึ่งมีการพัฒนาเพื่อใช้งานได้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จนถึงเครื่องเมนเฟรม ซึ่งโปรแกรมแต่ละตัวจะมีคุณสมบัติการทำงานที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการพิจารณาเลือกใช้โปรแกรมจะต้องพิจารณาจากคุณสมบัติของโปรแกรมแต่ละตัวว่ามีความสามารถทำงานในสิ่งที่เราต้องการได้หรือไม่ อีกทั้งเรื่องราคาก็เป็นเรื่องสำคัญ เนื่องจากราคาของโปรแกรมแต่ละตัวไม่เท่ากันที่มีความสามารถสูงจะมีราคาแพงมากขึ้น นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาว่าสามารถใช้ร่วมกับฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการ

2.3.2.3 ข้อมูล (Data) ระบบการจัดการฐานข้อมูลที่ดีและมีประสิทธิภาพควรประกอบด้วยข้อมูลที่มีคุณสมบัติขั้นพื้นฐาน ดังนี้

2.3.2.3.1 มีความถูกต้องหากมีการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วข้อมูลเหล่านั้นเชื่อถือไม่ได้จะทำให้เกิดผลเสียหายอย่างมากผู้ใช้จะไม่กล้าอ้างอิงหรือนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งเป็นสาเหตุให้การตัดสินใจของผู้บริหารขาดความแม่นยำ และอาจมีโอกาสผิดพลาดได้โครงสร้างข้อมูลที่ออกแบบต้องคำนึงถึงกรรมวิธีการดำเนินงาน เพื่อให้ได้ความถูกต้องแม่นยำมากที่สุดโดยปกติความผิดพลาดของสารสนเทศส่วนใหญ่มาจากข้อมูลที่ไม่มีความถูกต้อง ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากคนหรือเครื่องจักรการออกแบบระบบการจัดการฐานข้อมูลจึงต้องคำนึงถึงในเรื่องนี้ด้วย

2.3.2.3.2 มีความรวดเร็วและเป็นปัจจุบัน การได้มาของข้อมูลจำเป็นต้องให้ทันต่อความต้องการของผู้ใช้ตอบสนองต่อผู้ใช้ได้อย่างรวดเร็ว ตีความหมายสารสนเทศได้ทันต่อเหตุการณ์หรือความต้องการมีการออกแบบระบบการเรียกค้นและแสดงผลได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้

2.3.2.3.3 มีความสมบูรณ์ของข้อมูล ซึ่งขึ้นอยู่กับการรวบรวมข้อมูลและวิธีการปฏิบัติด้วยในการดำเนินการจัดทำข้อมูลต้องสำรวจและสอบถามความต้องการข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความสมบูรณ์และเหมาะสม

2.3.2.3.4 มีความชัดเจนและกะทัดรัด การจัดเก็บข้อมูลจำนวนมากจะต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลมาก จึงจำเป็นต้องออกแบบโครงสร้างข้อมูลให้กะทัดรัดสื่อความหมายได้มีการใช้รหัสหรือย่อข้อมูลให้เหมาะสม เพื่อจัดเก็บไว้ในระบบคอมพิวเตอร์

2.3.2.3.5 มีความสอดคล้องกับความต้องการ ซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญจึงต้องมีการสำรวจเพื่อหาความต้องการของหน่วยงานและองค์กรดูสภาพการใช้ข้อมูลความลึกหรือความกว้างของขอบเขตของข้อมูลที่สอดคล้องกับความต้องการ

2.3.2.4 กระบวนการทำงาน (Procedures) หมายถึง ขั้นตอนการทำงาน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ เช่น คู่มือการใช้งานระบบการจัดการฐานข้อมูล ตั้งแต่การเปิดโปรแกรมขึ้นมาใช้งาน การนำเข้าข้อมูลการแก้ไขปรับปรุงข้อมูลการค้นหาข้อมูล และการแสดงผลการค้นหา

2.3.2.5 บุคลากร (People) จำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับระบบอยู่ตลอดเวลาซึ่งบุคลากรที่ทำหน้าที่ในการจัดการฐานข้อมูล มีดังต่อไปนี้

2.3.2.5.1 ผู้บริหารข้อมูล (Data Administrators) ทำหน้าที่ในการกำหนดความต้องการในการใช้ข้อมูลข่าวสารขององค์กร การประมาณขนาด และอัตราการขยายตัวของข้อมูลในองค์กร ตลอดจนการทำการจัดการดูแลพจนานุกรมข้อมูล

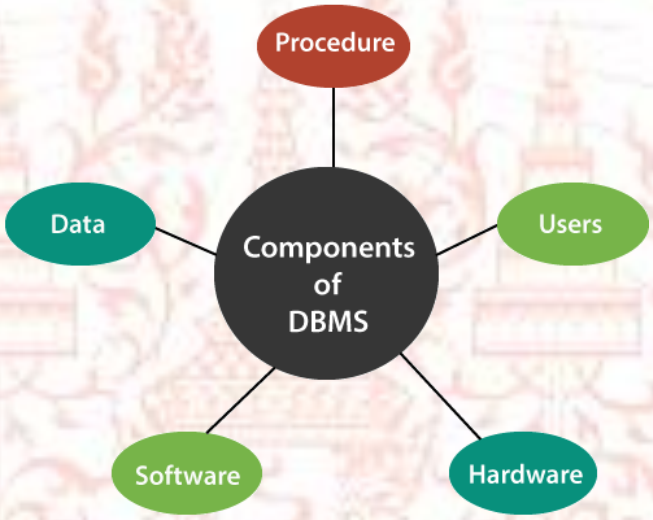
2.3.2.6 ผู้บริหารฐานข้อมูล (Database Administrators) ทำหน้าที่ในการบริหารจัดการควบคุมกำหนดนโยบายมาตรฐานของระบบฐานข้อมูลทั้งหมดภายในองค์กร เช่น กำหนดรายละเอียดและวิธีการจัดเก็บข้อมูล กำหนดระบบรักษาความปลอดภัยของข้อมูล กำหนดระบบสำรองข้อมูล และกำหนดระบบการกู้คืนข้อมูล เป็นต้น ตลอดจนทำหน้าที่ประสานงานกับผู้ใช้ นักวิเคราะห์ระบบและนักเขียนโปรแกรม เพื่อให้การบริหารระบบฐานข้อมูลสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.2.7 นักวิเคราะห์ระบบ (Systems Analysis) มีหน้าที่ศึกษาและทำความเข้าใจในระบบงานขององค์กรศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากระบบงานเดิม และความต้องการของระบบใหม่ที่จะทำการพัฒนาขึ้นมารวมทั้งต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ ความเข้าใจในกระบวนการทำงานโดยรวมทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

2.3.2.8 นักออกแบบฐานข้อมูล (Database Designers) ทำหน้าที่นำผลการวิเคราะห์ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงานในปัจจุบันและความต้องการที่อยากจะให้มีในระบบใหม่มาออกแบบฐานข้อมูล เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นและให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน

2.3.2.9 นักเขียนโปรแกรม (Programmers) มีหน้าที่รับผิดชอบในการเขียนโปรแกรมประยุกต์เพื่อการใช้งานในลักษณะตามความต้องการของผู้ใช้ ตัวอย่างเช่น การเก็บข้อมูล และการเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล

2.3.2.10 ผู้ใช้ (End-Users) เป็นบุคคลที่ใช้ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของระบบฐานข้อมูล คือตอบสนองความต้องการในการใช้งานของผู้ใช้ ดังนั้นในการออกแบบระบบฐานข้อมูลจึงจำเป็นต้องมีผู้ใช้เข้าร่วมอยู่ในกลุ่มบุคลากรที่ทำหน้าที่ออกแบบฐานข้อมูลด้วย (โอภาส, 2545)



ภาพที่ 2-2 องค์ประกอบของระบบการจัดการฐานข้อมูล (Components of DBMS, 2024)

2.4 ภาวะโลกร้อน (Global Warming)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกและการลดก๊าซเรือนกระจก นับเป็นประเด็นสำคัญอย่างยิ่งในปัจจุบันที่แต่ละประเทศกำลังให้ความสนใจและเป็นประเด็นหัวข้อหลักในการประชุมเจรจาภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งประเทศไทยได้เข้าร่วมภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (พ.ศ. 2537) และพิธีสารเกียวโต (พ.ศ. 2545)

2.4.1 ปรากฏการณ์เรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนหรือรังสีอินฟาเรดได้ดี ก๊าซเหล่านี้ความจำเป็นต้องการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ ซึ่งหากบรรยากาศโลกไม่มีก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศจะส่งผลทำให้อุณหภูมิในตอนกลางวันร้อนจัดและในตอนกลางคืนจะหนาวจัด เนื่องจากก๊าซเหล่านี้ดูดกลืนรังสีความร้อนไว้ในเวลากลางวัน

และแผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน โดยการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกนั้นจะส่งผลทำให้ชั้นบรรยากาศมีความสามารถในการกักเก็บรังสีความร้อนได้มากขึ้น ซึ่งผลกระทบที่ตามมาก็คืออุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของโลกนั้นไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดยังมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกที่แตกต่างกันค่าศักยภาพ ในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุลและขึ้นอยู่กับอายุของก๊าซนั้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)

2.4.2 ผลกระทบภาวะโลกร้อนและปรากฏการณ์เรือนกระจก

ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจกต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ เศรษฐกิจและสังคมของมนุษย์ทั้งโลกที่นักวิทยาศาสตร์ได้คาดการณ์ไว้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ สภาวะโลกร้อนที่มนุษย์สร้างขึ้นได้ทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นตลอดศตวรรษที่ผ่านมา โดยนักวิทยาศาสตร์สามารถพิสูจน์ให้เห็นได้ว่าสภาวะโลกร้อนได้ส่งผลกระทบถึงความดันบรรยากาศด้วย และการเปลี่ยนแปลงในความดันบรรยากาศนี้เองที่มีอิทธิพลต่อภูมิอากาศโลก เพราะความดันอากาศจะควบคุมการไหลเวียนบรรยากาศ ดังนั้นจึงมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนไหวของความชื้น โดยการเปลี่ยนแปลงนี้จะส่งผลกระทบต่อปริมาณของฝนที่ตก อุณหภูมิ ลม และพายุ

2. ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ เมื่อมีฝนตกหนักขึ้นจนเกิดอุทกภัยและแผ่นดินถล่ม ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์จะถูกพัดพาไปตามลำน้ำเกิดเป็นความขุ่นของสายน้ำที่เมื่อตกตะกอนจะสร้างความตื้นเขินให้แก่แหล่งน้ำ เมื่อสายน้ำขุ่นไหลออกสู่ชายฝั่งจะทำลายแนวปะการัง แหล่งอาศัยและอนุบาลสัตว์น้ำ นอกจากนั้นแล้วตะกอนดินที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงยังช่วยเร่งการเจริญเติบโตของสาหร่ายตามชายฝั่ง เมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายลงจะเกิดการเน่าเสีย ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงจนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

3. ผลกระทบต่อแหล่งพลังงาน ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อแหล่งพลังงาน เกิดขึ้นกับกิจกรรมขุดเจาะน้ำมันในมหาสมุทรที่อยู่ใต้อิทธิพลของสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดพายุหมุนที่รุนแรงย่อมเป็นอุปสรรคในการขุดเจาะน้ำมันในทะเลและมหาสมุทร การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำ พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานลม ก็อยู่ในข่ายที่จะได้รับผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศมากกว่าการผลิตพลังงานรูปแบบอื่น โดยเฉพาะระดับน้ำที่ลดลงอย่างมากของเขื่อนในหน้าแล้งทำให้มีปริมาณน้ำไม่พอต่อการผลิตไฟฟ้า

4. ผลกระทบต่อระดับน้ำทะเลและที่อยู่อาศัยของมนุษย์ นักวิทยาศาสตร์คาดว่าถ้าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นอีก 0.30 องศาเซลเซียส จะทำให้กราเซียร์ (Glacier) เกิดการละลายจนระดับน้ำในมหาสมุทรเพิ่มขึ้นอีก 100 เมตร การขยายตัวของมหาสมุทรทำให้เมืองที่อยู่บริเวณชายฝั่งทะเล

และที่ราบลุ่มปากแม่น้ำที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลไม่มากจะถูกน้ำท่วมจนมนุษย์ต้องมีการย้ายถิ่นฐานใหม่ ซึ่งมีผลกระทบต่อสภาพความเป็นอยู่และสภาพสังคม

5. ผลกระทบต่อการเกษตรกรรม ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้นจะเร่งการเจริญเติบโตของพืช แต่ในบริเวณที่มีการจัดสรรน้ำในการชลประทานได้ไม่เพียงพอต้องความต้องการในการเกษตรกรรมอากาศที่ร้อนขึ้นจะเร่งการระเหยและการคายน้ำของพืช ทำให้พืชเกิดอาการเหี่ยวแห้งตาย ในขณะเดียวกันอากาศร้อนยังเร่งการเจริญเติบโตของแมลงและจุลินทรีย์บางชนิดที่ทำลายพืช

6. ผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของโลก ระดับน้ำทะเลที่สูงและอุ่นขึ้น ทำให้สัตว์และพืชต้องปรับตัวอย่างหนักเพื่อความอยู่รอด และถ้าปรับตัวไม่ได้ก็จะล้มตายลง เช่นในปี 1998 อุณหภูมิที่สูงขึ้นของน้ำทะเลได้ทำลายปะการังของโลกไปร้อยละ 10 และส่งผลกระทบต่อการสืบพันธ์ของสัตว์ และปลาน้ำเย็น นอกจากนั้นระดับน้ำที่สูงขึ้นยังทำให้เกิดการสูญพันธ์ของกบ 50 ชนิดในป่าของคอสตาริกา (Costa Rica) ในมหาสมุทรอาร์คติก แมวน้ำและหมีขาวได้รับผลกระทบจากช่วงฤดูหนาวที่สั้นลง ส่วนดินแดนในเขตมรสุมจะมีพายุฤดูร้อนเกิดบ่อยและรุนแรงขึ้น โดยระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นทำให้เกิดการสูญเสียของผลิตผลทางการเกษตรและมีการระบาดที่มากขึ้นของแมลงและเชื้อโรคหลายชนิด

7. การสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ที่ผิดปกติบนผิวโลก นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบว่าความผิดปกติในการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ของโลกในฤดูกาล มีสาเหตุมาจากการตัดไม้ทำลายป่าในเขตร้อนชื้น และการหายไปของน้ำแข็งที่ขั้วโลก เนื่องจากแถบเส้นศูนย์สูตรเป็นบริเวณที่ได้รับแสงอาทิตย์มากที่สุด ดังนั้นการหายไปของป่าในเขตร้อนชื้น จึงทำให้การสะท้อนรังสีของโลกผิดปกติไปซึ่งจะสัมพันธ์กับความผิดปกติของปริมาณน้ำฝนที่ตก

8. ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศทำให้เกิดผลกระทบด้านสุขภาพและอนามัยของมนุษย์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม อากาศที่ร้อนและมีความชื้นสูงจะทำลายสุขภาพในการทำงานของมนุษย์ก่อให้เกิดความกดดันต่อสภาพร่างกายและจิตใจ ร่างกายจึงมีภูมิคุ้มกันที่ต่ำลงจนง่ายต่อการรับเชื้อโรคที่แพร่กระจายอยู่ในอากาศ โดยอุณหภูมิและความชื้นที่สูงเกินไปอาจทำให้ร่างกายปรับตัวไม่ทันจนเกิดการเสียชีวิตได้ เช่น กรณีคลื่นความร้อน (Heat Wave) ที่แผ่ขยายสูงเมืองชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 1995 ทำให้มีผู้สูงอายุ เด็กและคนป่วย เสียชีวิต 739 คน ภายในเวลา 1 สัปดาห์ เมื่ออุณหภูมิสูง 37 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 และในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ 2003 คลื่นความร้อนได้ทำให้คนยุโรปเสียชีวิตประมาณ 35,000 คน โดยเฉพาะที่ฝรั่งเศสแห่งเดียวมีคนเสียชีวิตถึง 14,802 คน โดยอากาศอุ่นชื้นที่รุนแรงของคลื่นความร้อนทำให้ร่างกายของมนุษย์สูญเสียน้ำอย่างมาก จนจิตใจเกิดความสับสนมีปัญหาต่อระบบการหายใจ อากาศร้อนทำให้เลือดสูญเสียความสามารถในการจับตัวเป็นก้อน เกิดเลือดออกตามทวารและอวัยวะต่าง ๆ เช่น หู ตาจมูก ปาก เป็นต้น (ศิริวิมล, 2556)

2.5 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) คือ วิธีการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ (Raw Material Acquisition) กระบวนการผลิต (Manufacturing) การขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน การใช้งานผลิตภัณฑ์ รวมถึงบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ห่อหุ้มผลิตภัณฑ์ และการจัดการซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยพิจารณาถึงการใช้ทรัพยากร ปริมาณพลังงาน และการปลดปล่อยของเสียในหลากหลายรูปแบบ ที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ และสุขอนามัยของชุมชนเพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)

วิธีมาตรฐานของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ตามที่ได้มีการกำหนดไว้ในมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม มาตรฐาน ISO 14040 ซึ่งเป็นมาตรฐานสากลที่จัดทำโดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization หรือ ISO) เพื่อกำหนดหลักการและกรอบการดำเนินงานสำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment หรือ LCA) มาตรฐานนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อให้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์หรือบริการตลอดช่วงชีวิต ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การใช้งาน จนถึงการกำจัดหรือรีไซเคิลของเสีย (ISO 14040, 2006)

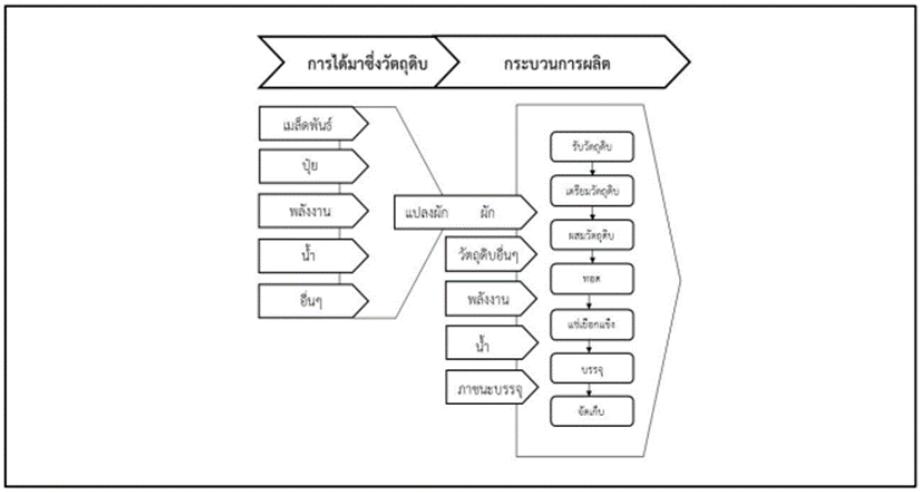
ซึ่งกรอบแนวคิดและวิธีการปฏิบัติรวมไปถึงหลักการแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

2.5.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope)

การกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยคำนึงถึงการประยุกต์ใช้ผลการศึกษา ซึ่งประกอบไปด้วย การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (Product Function) หน่วยการทำงาน (Functional Unit) ที่แสดงถึงหน้าที่ของระบบผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณ ขอบเขตระบบ (System Boundary) และระบบผลิตภัณฑ์ (Product System) ขั้นตอนนี้มีอิทธิพลโดยตรงต่อทิศทางและความละเอียดในการศึกษา จึงนับว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก (จักรพันธ์, 2555) ทั้งนี้การกำหนดขอบเขตสำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สามารถทำได้ดังนี้

2.5.1.1 การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate

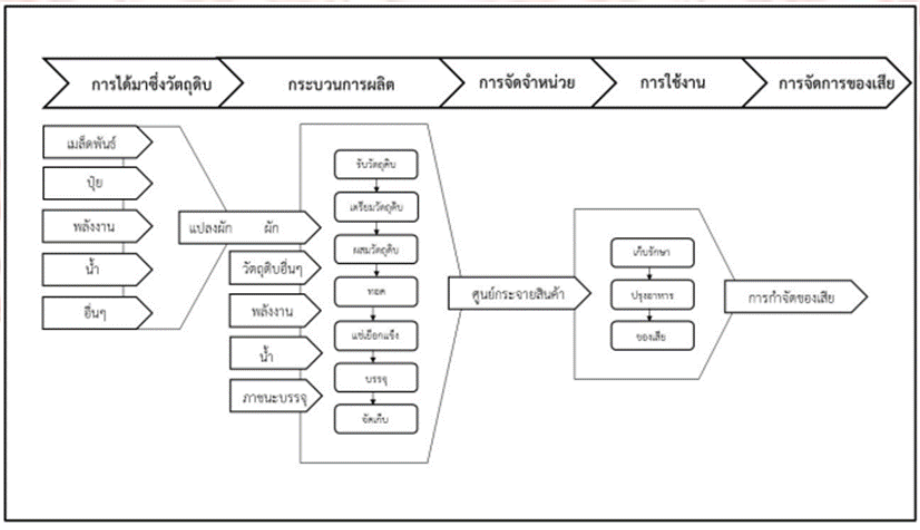
การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate จะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน ไปจนถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ในโรงงาน โดยไม่รวมผลกระทบในช่วงการใช้งานและการทำลายซากเมื่อหมดอายุ การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate นิยมใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบในช่วงการใช้งานได้ชัดเจน เช่น ไฟฟ้า น้ำ เชื้อเพลิง วัสดุต่าง ๆ



ภาพที่ 2-4 การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate (รัตนาวรรณ, 2558)

2.5.1.2 การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave

การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave จะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ จนถึงขั้นตอนการทำลายซาก การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave ใช้ได้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบในช่วงการใช้งานได้อย่างชัดเจน เช่น ผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์



ภาพที่ 2-5 การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave (รัตนาวรรณ, 2558)

2.5.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory) เป็นการเก็บรวบรวม และคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนด เป้าหมายและขอบเขตการศึกษา ขั้นตอนนี้รวมถึงการสร้างผังของระบบผลิตภัณฑ์ การคำนวณหาปริมาณของสาร

ขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงทรัพยากรและพลังงานที่ใช้หรือการปล่อยของเสียออกสู่อากาศ น้ำ และดิน ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้

2.5.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล นับเป็นขั้นตอนแรกและเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดก่อนถึงขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการ เพื่อการประเมินวัฏจักรชีวิตหากข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำจะทำให้ผลการวิเคราะห์การประเมินมีความถูกต้อง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งลักษณะข้อมูลที่ดีเพื่อนำไปใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตควรมีลักษณะดังนี้

2.5.2.1.1 มีรายละเอียดของข้อมูลวัตถุดิบสารขาเข้าทั้งจากทรัพยากรธรรมชาติหรือจากผู้จัดจำหน่ายรวมถึงข้อมูลกระบวนการการผลิตที่ชัดเจนรวมทั้งข้อมูลสารขาออกทั้งหมดตามขอบเขตที่ศึกษา

2.5.2.1.2 มีรายละเอียดการใช้ระบบสาธารณูปโภค เช่น น้ำเชื้อเพลิงรวมทั้งไฟฟ้า

2.5.2.1.3 มีรายละเอียดข้อมูลการขนส่งชัดเจน

2.5.2.1.4 มีรายละเอียดข้อมูลการก่อกำเนิดมลพิษสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ชัดเจน

2.5.2.1.5 มีรายละเอียดของปริมาณส่วนประกอบที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

2.5.2 การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล

หลังจากการรวบรวมข้อมูลเสร็จสิ้นแล้วควรดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมได้ สามารถทำการตรวจสอบโดยการตรวจสอบความถูกต้องของสมดุลมวลสาร (Mass Balance) หรือสมดุลพลังงานในแต่ละกระบวนการโดยพิจารณาความจริงที่ว่าปริมาณสารขาเข้าควรเท่ากับปริมาณสารขาออก โดยใช้สมการที่ (2-1)

$$\sum \text{input} = \sum \text{output} \qquad (2\text{-}1)$$

$\sum$ input หมายถึง ปริมาณสารขาเข้า

$\sum$ output หมายถึง ปริมาณสารขาออก

2.5.3 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณได้โดยอาศัยวิธีการประเมินศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential) ที่เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ของหลักการ LCA ตามมาตรฐาน ISO 14040 ตามรายงานของ IPCC โดยใช้ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Equivalent Factors) จากการเปรียบเทียบค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจก เทียบกับค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของสารอ้างอิงพื้นฐานคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อแสดงผลในเชิงปริมาณในหน่วยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($KgCO_2eq$)

2.5.3.1 วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การคำนวนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มจากการจัดเก็บของมูลที่เกี่ยวข้องกับช่วงวัฏจักรชีวิต ได้แก่ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ และการผลิต ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของวัตถุดิบและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นจากการผลิตได้ดังสมการที่ (2-2)

$$CF_{ij} = \sum (EF_j \times Q_{ij}) \qquad (2\text{-}2)$$

โดยที่

i หมายถึง กระบวนการหรือขั้นตอนในการผลิตตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงผลิตภัณฑ์พร้อมส่ง

j หมายถึง สารขาเข้า สารขาออก พลังงาน ที่ใช้ในกระบวนการ

CF_{ij} หมายถึง ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในช่วงการได้มาของวัตถุดิบ และการผลิตของกระบวนการ i ($KgCO_2eq$)

EF_j หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของสารขาเข้าสารขาออกหรือพลังงาน j ในกระบวนการ i ($KgCO_2eq$ / kg, $KgCO_2eq$ / m^3, $KgCO_2eq$ / kWh, $KgCO_2eq$ / hr)

Q_{ij} หมายถึง ปริมาณ (Quantity) สารขาเขา สารขาออกหรือพลังงาน j ในกระบวนการ i (kg, m^3, kWh, hr)

2.5.3.2 การคำนวณด้านการขนส่งวัตถุดิบ

การคำนวณอัตราการบรรทุกในการขนส่งวัตถุดิบต่าง ๆ จากแหล่งที่มาของวัตถุดิบไปยังโรงงานโดยการใช้รถบรรทุก เช่น รถบรรทุกชนิด 4 ล้อ รถบรรทุกชนิด 6 ล้อ และเรือบรรทุกสินค้า เป็นต้น ซึ่งในการบรรทุกวัตถดิบ เพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ในระยะทาง และน้ำหนักในการบรรทุกที่

แตกต่างกันออกไป สามารถคำนวณปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้จากสมการที่ (2-3, 2-4, 2-5) (วรัญญา, 2556)

$$CF_T = \sum (CF_{FL} + CF_{NL})_{ij} \quad (2\text{-}3)$$

$$CF_{FL} = LT_{ij} \times EF_{FL} \quad (2\text{-}4)$$

$$CF_{NL} = (LT_{ij} \times EF_{NL}) \div W_L \quad (2\text{-}5)$$

$$LT_{ij} = (Q_{ij} \times A_{ij} \times D_{ij}) \div 1000 \quad (2\text{-}6)$$

โดยที่

i หมายถึง กระบวนการหรือขั้นตอนในการผลิตตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงผลิตภัณฑ์พร้อมส่ง

j หมายถึง สารขาเข้า สารขาออก พลังงาน ที่ใช้ในกระบวนการ

T หมายถึง ปริมาณสุทธิ (Total)

L หมายถึง ปริมาณบรรทุก (Load)

FL หมายถึง การขนส่งสินค้าแบบบรรทุกเต็ม (Full Load)

NL หมายถึง การขนส่งสินค้าแบบรถเปล่า (No Load)

$\%A_{ij}$ หมายถึง สัดส่วนการปันส่วน (Allocation) ในกรณีที่มีผลิตภัณฑ์ร่วมของสารขาเข้า สารขาออกหรือ พลังงาน j ในกระบวนการ i

CF_T หมายถึง ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในช่วงการขนส่งวัตถุดิบจาก Supplier มายังโรงงานของกระบวนการ i ($KgCO_2eq$)

CF_{FL} หมายถึง ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่งสินค้าแบบบรรทุกเต็มจาก Supplier มาโรงงาน (เที่ยวไป) ของสารขาเข้า สารขาออกหรือ พลังงาน j ในกระบวนการ i ($KgCO_2eq$ /tkm)

CF_{NL} หมายถึง ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่งสินค้าแบบรถเปล่าจากโรงงานมา Supplier มาโรงงาน (เที่ยวกลับ) ของสารขาเข้า สารขาออกหรือพลังงาน j ในกระบวนการ i ($KgCO_2eq$ /km)

D_{ij} หมายถึง ระยะทาง (Distance) จาก Supplier มาโรงงานของสารขาเข้า สารขาออกหรือพลังงาน j ในกระบวนการ i (km)

EF_{FL} หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการขนส่งสินค้าแบบบรรทุกเต็ม (เที่ยวไป) ($KgCO_2eq$ /tkm)

EF_{NL} หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการขนส่งสินค้าแบบรถเปล่า (เที่ยวกลับ) ($KgCO_2eq$ /km)

LT_{ij} หมายถึง ภาระขนส่ง (Load Transport) ของสารขาเข้า สารขาออกหรือพลังงาน j ในกระบวนการ i (km)

Q_{ij} หมายถึง ปริมาณ (Quantity) สารขาเข้า สารขาออกหรือพลังงาน j ในกระบวนการ i (km)

W_i หมายถึง น้ำหนักบรรทุกของพาหนะ (Weight of Vehicle) ที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจาก Supplier มาโรงงาน (kg)

2.5.3.3 การหาขนาดของผลกระทบ (Normalizations) คือ การแสดงขนาดผลกระทบของผลิตภัณฑ์กับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในระดับประเทศ ภูมิภาค ระดับโลก หรือกับผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ต้องอ้างอิง

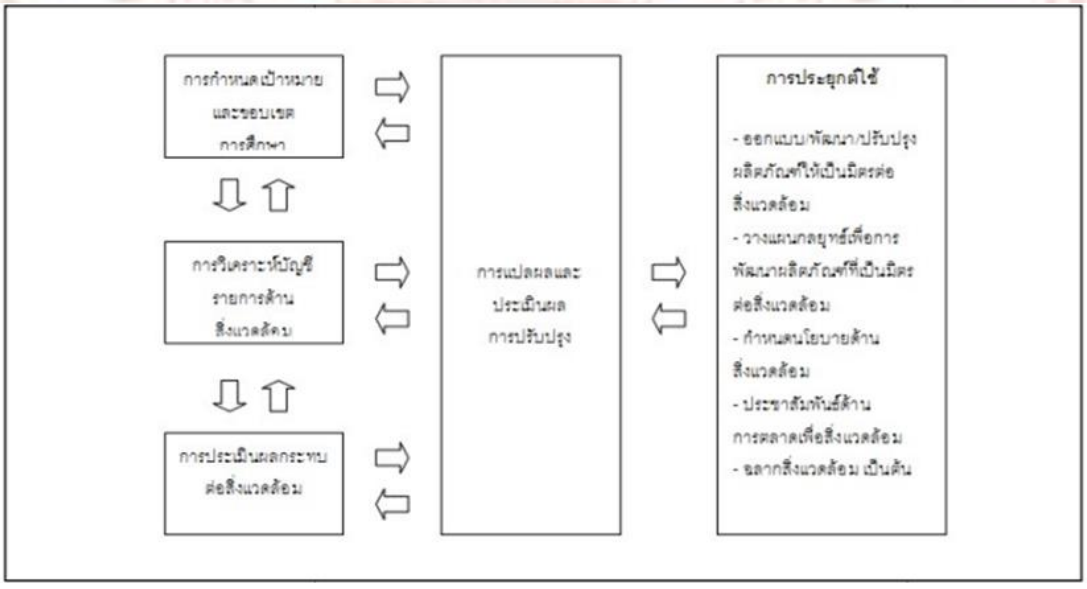
2.5.3.4 การให้น้ำหนัก (Weightings) คือ ขั้นตอนในการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความรุนแรงของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิด หรือสะท้อนให้เห็นถึงการให้ความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดในแต่ละพื้นที่ หรือขึ้นอยู่กับมุมมองของผู้ประเมินจะกำหนดค่าสัดส่วนน้ำหนักคะแนน (Weightings Factors) ว่าเป็นเท่าใด

2.5.3.5 การจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Groupings) เป็นการจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ โดยรวบรวมกลุ่มผลกระทบแยกตามประเภท คือ ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ผลกระทบต่อระบบนิเวศ แหล่งพลังงาน และการลดลงของทรัพยากรทางธรรมชาติซึ่งสามารถแบ่งระดับของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้หลายระดับ เช่น ระดับท้องถิ่น ระดับโลก เป็นต้น

2.5.3.6 การวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล (Data Quality Analysis) คือ การวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูลที่ใช้เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ก่อนที่จะทำการแปลผลและนำผลดังกล่าวไปใช้ต่อไป ปัจจัยที่นำมาพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพของข้อมูลได้แก่ความเหมาะสมของข้อมูลที่ใช้และข้อมูลที่ต้องการตามที่กำหนดไว้ในเป้าหมายของการศึกษา โดยสามารถดูจากแหล่งที่มาของข้อมูล ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล ความถูกต้องของวิธีการวัด การคำนวณข้อมูลและการเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของข้อมูลที่ขาดหายไป เช่น การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลเพื่อจำแนกข้อมูล (Sensitivity Analysis) วิธีการปันส่วน วิธีการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีความอ่อนไหวต่อการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมหรือการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของข้อมูลเพื่อประเมินระดับความไม่แน่นอนของผลกระทบสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

2.5.4 การตีความและการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม (Interpretation and Improvement) ของผลิตภัณฑ์ทำให้ทราบว่าช่วงชีวิตใดของผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มี

นัยสำคัญสูงสุดรวมทั้งแหล่งที่มาของประเด็นปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบจะนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด ทั้งนี้การตีความและการแปลผลควรทำด้วยความระมัดระวังและอยู่บนพื้นฐานของขอบเขตการศึกษาเป้าหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ผู้ที่จะนำข้อมูลที่ได้ประยุกต์ใช้เพื่อปรับกระบวนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์ และการจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดีจึงสามารถเลือกแนวทางการจัดการเพื่อปรับปรุงประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของแต่ละผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในบางครั้งการตีความและการวิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยข้อมูลปฐมภูมิที่ทำการเก็บรวบรวมเองไม่เพียงพอที่จะนำผลการวิเคราะห์ไปอ้างอิงได้จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ และตีความโดยการเปรียบเทียบเคียงกับข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งต้องคำนึงถึงความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูล โดยพิจารณาหลากหลายปัจจัย ได้แก่ ช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมลูผู้เก็บข้อมูลความครอบคลุมของแหล่งข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นต้น โดยขั้นตอนการตีความและการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมมี 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การจำแนกทางเลือกในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นไปได้ การวิเคราะห์เพื่อประเมินทางเลือกในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม และการคัดเลือกแนวทางในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 2-6 กรอบการดำเนินงานตามมาตรฐาน ISO 14040 (วรัญญา, 2556)

2.6 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint : CF)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) หมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Greenhouse Gas Emission of Good and Services) ซึ่งพิจารณาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ โดยครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การแปรรูปวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งผลิตภัณฑ์ การใช้งาน และการกำจัดในขั้นสุดท้าย โดยการประเมินออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent : CO_2e) (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553) ซึ่งคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) เกิดจากข้อเรียกร้องให้มีการดำเนินการจัดการก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศ (Domestic Actions) แทนที่จะดำเนินการจัดซื้อคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) ผ่านกลไกการค้าขายแลกเปลี่ยนก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading) ในข้อตกลงระหว่างประเทศตามพิธีสารโตเกียว (Kyoto Protocol) ทำให้เกิดการพัฒนาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขึ้นเป็นกลยุทธ์หนึ่งในการขับเคลื่อนการผลิตและการบริโภคของประชากรในประเทศ โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของโลก ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักในการประเมินก๊าซเรือนกระจก เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการกระตุ้นให้มีการกำหนดเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตการใช้ทรัพยากรและพลังงาน การกำจัดของเสีย การขนส่ง ตลอดจนการกระจายสินค้าไปยังผู้บริโภคและการจัดซื้อวัตถุดิบทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อเป็นเครื่องมือในการสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการลดและบรรเทาปัญหาภาวะโลกร้อน (รัตนาวรรณ, 2558)

2.6.1 ฉลากคาร์บอน (Carbon Label)

ฉลากคาร์บอน (Carbon Label) เป็นฉลากสิ่งแวดล้อมที่ใช้สื่อสารข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ระหว่างผู้ผลิตกับผู้ซื้อหรือผู้บริโภค เพื่อบ่งบอกถึงผลกระทบภาวะโลกร้อน หรือบ่งบอกถึงความเป็นมิตรต่อสภาพอากาศของผลิตภัณฑ์ (รัตนาวรรณ, 2558) โดยใช้แนวคิดของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) เพื่อประเมินประมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและแสดงผลผ่านทางฉลากคาร์บอนที่ติดให้กับผลิตภัณฑ์นั้น บนบรรจุภัณฑ์ซึ่งเป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง กระบวนการผลิต การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้ โดยมีรูปแบบสำหรับการประเมินประกอบด้วย การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในปีปัจจุบัน การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในปีฐาน (Base Year) การเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในปีปัจจุบันกับปีฐาน และนำผลการเปรียบเทียบพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินเพื่อขึ้นทะเบียนเครื่องหมายลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดสามารถติดเครื่องหมายลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บนผลิตภัณฑ์หรือเผยแพร่บนหลากหลายสื่อ ซึ่งในประเทศไทยได้มีการออกฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 2 รูปแบบได้แก่ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ

ผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปฉลากคาร์บอนสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ตามวิธีการแสดงข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์ ดังต่อไปนี้

1. ฉลากที่บ่งชี้การปล่อยคาร์บอนต่ำ (Low-carbon Seal) แสดงข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเดียวกัน

2. ฉลากบ่งชี้ระดับการปล่อยคาร์บอน (Carbon Rating) แสดงระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ หรือบ่งชี้ระดับการลดลงของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ไม่แสดงข้อมูลตัวเลขการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3. ฉลากระบุขนาดคาร์บอน (Carbon Score) แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นตัวเลขขนาดคาร์บอน

4. ฉลากชดเชยคาร์บอน (Carbon Offset or Carbon Neutral) แสดงข้อมูลว่ามีการดำเนินโครงงาน เพื่อชดเชยคาร์บอน เท่ากับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อย ณ สถานที่อื่นที่ไม่ใช่สถานที่ผลิตโดยอาจชดเชยบางส่วน หรือชดเชยทั้งหมด

ภาพที่ 2-7 ตัวอย่างฉลากคาร์บอน (รัตนาวรรณ, 2558)

2.6.1.1 เกณฑ์ในการขอขึ้นทะเบียน

2.6.1.1.1 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ลดลงจากเดิม โดยการเปรียบเทียบกับค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ในปีฐานกับผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ปีปัจจุบัน เพื่อเทียบกับข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ในปีฐาน แล้วพบว่าค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ลดลงไม่น้อยกว่าร้อยละ 2

2.6.1.1.2 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์เปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmark) ของแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์กับผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ เมื่อนำมาเทียบกับเกณฑ์เปรียบเทียบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน พบว่าค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์เปรียบเทียบสมรรถนะ

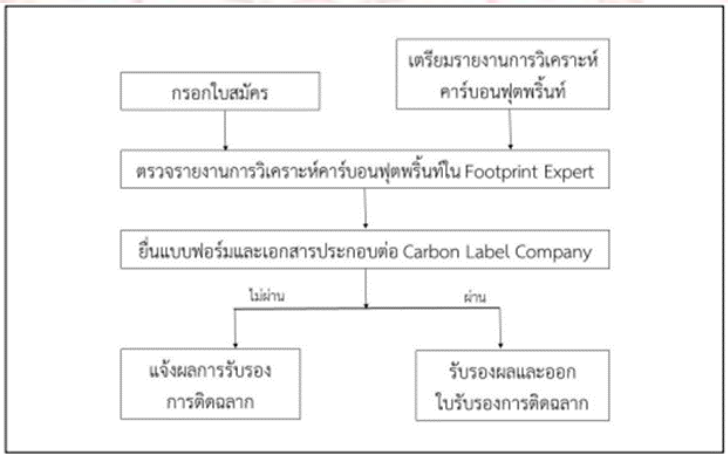
2.6.1.2 ขั้นตอนการขอรับรองฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ผู้ประกอบกิจการโรงงานสามารถขอรับคำปรึกษาจากบริษัทที่ปรึกษาด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความรู้เกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิต และผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการกับ Carbon Label Company ในการใช้งาน Footprint Expert เพื่อเตรียมรายงานการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์และรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ที่มีการขึ้นทะเบียนรับรองจาก Carbon Label Company ให้เป็นที่ปรึกษาขึ้นทะเบียนซึ่งสามารถตรวจสอบรายชื่อที่ปรึกษาขึ้นทะเบียนได้จากเว็บไซต์ของ Carbon Label Company สำหรับกระบวนการขอรับรองฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เริ่มจากการกรอกใบสมัครและเตรียมรายงานการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วย Footprint Expert ซึ่งประกอบด้วยตารางที่ใช้กรอกข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมและฐานข้อมูลทุติยภูมิที่รับรองการใช้งาน จากนั้นส่งรายงานการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ไปยัง Carbon Label Company เพื่อตรวจสอบความถูกต้องก่อนการรับผลและขึ้นทะเบียนรับรองผลที่สามารถนำไปใช้ในการติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ โดยจะต้องคำนึง 3 ประเด็นหลักที่สำคัญดังนี้

2.6.1.2.1 การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์สอดคล้องตามรายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นทที่กำหนดในมาตรฐาน PAS 2050

2.6.1.2.2 การติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีความสอดคล้องตามรายละเอียดที่เกี่ยวกับวิธีปฏิบัติที่ดีเกี่ยวกับการอ้างถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์การลดการปล่อย

2.6.1.2.3 กฎการเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Comparability Rules) และแหล่งที่มาของข้อมูลทุติยภูมิ



ภาพที่ 2-8 ขั้นตอนการขอรับรองฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสหราชอาณาจักร (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

2.6.2 มาตรฐานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ พัฒนาโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน) ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติริเริ่มและดำเนินโครงการวิจัยโครงการส่งเสริมการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระหว่างเดือนเมษายน พ.ศ. 2552 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 มีบริษัทนำร่องวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งขอรับรองผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์จำนวน 24 บริษัท 43 ผลิตภัณฑ์เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจกและการติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนเพื่อกระตุ้นการประเมินเพื่อหาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การเปรียบเทียบมาตรฐานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้หลักการทั่วไปในการพิจารณาตลอด วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 6 ชนิด ที่ประเมินด้วยเทคนิคการประเมินตามมาตรฐาน ISO 14040/44, ISO 14025, IPSS และ PAS 2050 ซึ่งในแต่ละมาตรฐานอาจมีข้อแตกต่างกันในส่วนที่เกี่ยวกับรายการละเอียดข้อกำหนดวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เช่น ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (กิจกรรมที่นับรวมได้ไม่นับรวม) หน่วยของผลิตภัณฑ์ แหล่งที่มา และวิธีการรวบรวมข้อมูล รวมไปถึงการปันส่วน (ปันส่วนตามน้ำหนักหรือการปันส่วนตามราคา) เป็นต้น นอกจากนี้บางประเทศมีข้อกำหนดให้ลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการต่ออายุฉลากครั้งต่อไป หรือในบางประเทศมุ่งเน้นในเรื่องเกี่ยวกับการบรรเทาภาวะโลกร้อนด้วยมาตรการจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และในบางประเทศกำหนดให้มีการทวนสอบผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เป็นต้น (รัตนาวรรณ, 2558)

ทั้งนี้ได้มีการพัฒนาแนวทางเชิงปฏิบัติในระดับประเทศ (National Guideline) เพื่อวิเคราะห์ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เช่น สหราชอาณาจักร สาธารณรัฐฝรั่งเศส ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ รวมทั้งไทย โดยมีการกำหนดรายละเอียดเฉพาะเกี่ยวกับการนำเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งพบว่าวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์มีความคล้ายคลึงกันเป็นส่วนใหญ่แต่อย่างไรก็ตามยังมีความแตกต่างกันในบางประเด็น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553) ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 การเปรียบเทียบมาตรฐานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ประเทศ	ชื่อมาตรฐาน	เอกสารอ้างอิง	ประเด็นเปรียบเทียบ
สหราชอาณาจักร	PAS 2050	ISO 14040/44 ISO 14021 IPCC 2006	- การวิเคราะห์นับรวมก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิด - ขอบเขตการประเมิน ไม่นับรวมสำนักงาน วัสดุเชิงต้นทุน การประกันและควบคุมคุณภาพ การเดินทางของพนักงาน พลังงานจากมนุษย์ - ทวนสอบผลการวิเคราะห์ (บุคคลที่3)
ไทย	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์	ISO 14040/44 PAS 2050 TS Q 0010	- การวิเคราะห์นับรวมก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิด - ขอบเขตการประเมิน ไม่นับรวมสำนักงาน วัสดุเชิงต้นทุน การประกันและควบคุมคุณภาพ การเดินทางของพนักงาน พลังงานจากมนุษย์ - ทวนสอบผลการวิเคราะห์ (บุคคลที่3)
สวีเดน	Climate Labelling of Food	ISO 14040/44	- ไม่ต้องการให้คำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นตัวเลข แต่มีเกณฑ์ข้อกำหนดเกี่ยวกับมาตรการจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2553)

2.6.3 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ในปัจจุบันการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์อาศัยเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต ครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตการใช้งาน การใช้ซ้ำหรือนำกลับมาใช้ใหม่และการจัดการของเสียหลังจากการใช้งาน โดยการประเมินศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential) อันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แสดงผลในเชิงปริมาณ คือ หน่วยน้ำหนักของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ โดยคำนวณเทียบให้อยู่ในหน่วยน้ำหนักของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($KgCO_2eq$) (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

วิธีการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ อ้างอิงตามรายละเอียดข้อกำหนดในมาตรฐาน PAS 2050 ประกอบด้วย ขั้นตอนพื้นฐาน 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดวัตถุประสงค์

เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 วัตถุประสงค์หลัก ตามการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ เพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต อันนำไปสู่การจำแนกแนวทางในการจัดการ เพื่อลดปริมาณการปล่อยอย่างมีส่วนร่วมตลอดห่วงโซ่การผลิตและการบริโภค หรือต้องการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต เพื่อดำเนินการขอรับรองผลการขึ้นทะเบียนในการติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องการความละเอียดและถูกต้องของข้อมูลเป็นอย่างมาก เนื่องจากต้องแสดงผลเป็นตัวเลขขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์และต้องมีการตรวจรับรองโดยบุคคลที่ 3 ก่อนที่จะใช้ข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์

2. การคัดเลือกผลิตภัณฑ์

หลังจากกำหนดวัตถุประสงค์แล้วเป็นการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ต้องการศึกษาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยพิจารณาคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการผลิตสูงสุด ซึ่งคาดว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง หรือน่าจะมีโอกาสการปรับปรุงได้ง่าย รวมกับประเด็นการพิจารณา เช่น ความซับซ้อนของผลิตภัณฑ์ในกรณีที่มีวัตถุดิบหลากหลายชนิด หรือมีกระบวนการผลิตหลากหลายขั้นตอนปริมาณข้อมูลที่ต้องรวบรวมเพิ่มจากระบบการบันทึกข้อมูลที่มีอยู่เดิมโดยเฉพาะข้อมูลจากผู้จำหน่ายวัตถุดิบ (Suppliers) งบประมาณและระยะเวลาในการดำเนินการตลอดจนความร่วมมือ จากผู้จำหน่ายวัตถุดิบให้การสนับสนุนข้อมูลที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์

3. กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

3.1 การกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือก โดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประยุกต์ใช้ผลการศึกษาและชนิดของผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Cradle-to-Grave) โดยวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่ทำการค้าระหว่างหน่วยงานธุรกิจกับผู้บริโภค ซึ่งเรียกว่า B2C (Business-to-Consumer) และการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตโดยวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ที่ทำการค่าระหว่างหน่วยงานธุรกิจกับหน่วยงานธุรกิจซึ่งเรียกว่า B2B (Business-to-Business) ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์เรียกว่าระบบผลิตภัณฑ์ (Product Systems) ดังนั้นขอบเขตของการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ B2C (Business-to-Consumer) จะนับรวมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การจัดจำหน่ายการบริโภค และการจัดการซากหลังจากการบริโภค รวมทั้งการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอนบางส่วนแบบ B2B (Business-to-Business) นับรวมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบการขนส่งวัตถุดิบ การผลิต รวมทั้งการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอนการผลิต (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)

3.2 การกำหนดหน่วยการทำงาน (Functional Unit) หมายถึง หน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้ในการกำหนดขอบเขตการจัดเก็บข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์ ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต้องระบุหน้าที่ของระบบผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา โดยการกำหนดหน้าที่และหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 14040 และ ISO 14044 และต้องมีการระบุเอกสารอ้างอิง ด้วยผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต้องอยู่ในรูปของก๊าซ อย่างไรก็ตามหากต้องการแสดงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ก็สามารถคำนวณได้ แต่ต้องมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่คำนวณต่อหน่วยการทำงานกำกับไว้ทุกครั้ง และต้องแสดงเหตุผลการเลือกใช้หน่วยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวพร้อมกับอธิบายถึงความสัมพันธ์ของหน่วยผลิตภัณฑ์กับหน่วยการทำงานด้วย (จักรพันธ์, 2555)

4. สร้างผังการไหลของกระบวนการผลิต (Flowcharts of Production Processing) ตามขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือก โดยผังการไหลของกระบวนการผลิตควรแสดงรายละเอียดกิจกรรมการผลิตในทุกขั้นตอน ตามขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกตามที่กำหนด

5. การขอความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตลอดห่วงโซ่การผลิต เป็นการขอความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตลอดห่วงโซ่การผลิต เนื่องจากการดำเนินการขอคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต้องขอความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตลอดห่วงโซ่การผลิต โดยเฉพาะผู้จำหน่ายวัตถุดิบ ซึ่งต้องอาศัยความสามารถของบริษัทผู้ดำเนินการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการสร้างความเข้าใจกับผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อขอความร่วมมือในการสนับสนุนข้อมูลในส่วนที่เกี่ยวข้อง

6. จำแนก รวบรวม และตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล เป็นการจำแนกข้อมูลบัญชีสิ่งแวดล้อม (Inventory Data) ที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ได้แก่ ปริมาณสารขาเข้า (Inputs) คือ ปริมาณวัตถุดิบ พลังงาน และปริมาณสารขาออก (Outputs) คือ ปริมาณผลิตภัณฑ์หลัก (Main Products) ผลิตภัณฑ์รวม (Co-Products) ผลิตภัณฑ์ชั้นกลาง (Intermediate Products) ของเสียและมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม โดยผลิตภัณฑ์ร่วมหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตเดียวกันส่วนผลิตภัณฑ์ชั้นกลาง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตขั้นย่อยขั้นหนึ่งที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการกระบวนการย่อยถัดไป ซึ่งแหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ได้แก้ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการผลิตของผู้ประกอบกิจการโรงงานโดยตรงหรือข้อมูลที่ผู้ประกอบการโรงงานสามารถเข้าถึงได้หรือได้รับความร่วมมือในการสนับสนุนข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตลอดห่วงโซ่การผลิต โดยเฉพาะจากผู้ผลิตวัตถุดิบและข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) คือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการผลิตของผู้ประกอบการโรงงานโดยอ้อมหรือข้อมูลที่ผู้ประกอบการกิจการโรงงานไม่สามารถเข้าถึงได้ ซึ่งอาจเป็นข้อมูลจากฐานข้อมูลที่จำเพาะกับประเทศไทย เช่น ข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือฐานข้อมูลต่างประเทศเช่น การผลิต

วัตถุดิบประเภทพืช สัตว์ ปุ๋ยเคมี สารเคมี เม็ดพลาสติก เป็นต้น ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลจากฐานข้อมูลดังกล่าว ให้ใช้ข้อมูลจากงานวิจัย หรือบทความวิชาการที่ผ่านการทบทวนหรือจากแหล่งข้อมูลอื่นที่เชื่อถือได้และเป็นที่ยอมรับจากระบบการบันทึกข้อมูลการผลิตสำหรับการวางแผนรวบรวมข้อมูลบัญชีสิ่งแวดล้อม ในส่วนของข้อมูลทุติยภูมิให้พิจารณาใช้แหล่งที่มาของข้อมูลตามลำดับดังนี้

6.1 ข้อมูลจากฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

6.2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่มีการทบทวนบทความ

6.3 ข้อมูลจากฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของต่างประเทศ โดยพิจารณาว่าข้อมูลที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ของไทยมากที่สุด

6.4 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารที่มีการทบทวน โดยพิจารณาเลือกข้อมูลที่ใกล้เคียงกับสมการของประเทศไทยมากที่สุด

หลังจากรวบรวมข้อมูลเสร็จสิ้นควรมีการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยการตรวจสอบสมดุลมวลสารและพลังงาน ตลอดจนความผิดปกติของข้อมูลจากการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากผลการศึกษา ก่อนหน้านี้หรือจากประสบการณ์ที่ผ่านมา ขั้นตอนนี้ผลลัพธ์ที่ได้คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากปริมาณวัตถุดิบ พลังงาน ของเสีย และมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมในแต่ละกิจกรรมการผลิต บางกรณีจึงต้องมีการพิจารณาปันส่วน (Allocation) หากกระบวนการผลิตใด มีทั้งผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วมดังตารางที่ 2-4 และ 2-5

ตารางที่ 2-4 วิธีการปันส่วนตามน้ำหนัก

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ร้อยละการปันส่วน (%)
ผลิตภัณฑ์ที่ 1 (ผลิตภัณฑ์หลัก)	A	[A / (A+B)] X 100
ผลิตภัณฑ์ที่ 2 (ผลิตภัณฑ์ร่วม)	B	[B / (A+B)] X 100

ที่มา : รัตนาวรรณ (2558)

ตารางที่ 2-5 วิธีการปันส่วนตามมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ราคา (บาท)	ร้อยละการปันส่วน (%)
ผลิตภัณฑ์ที่ 1 (ผลิตภัณฑ์หลัก)	A	X	[AX/(AX+BY)] X 100
ผลิตภัณฑ์ที่ 2 (ผลิตภัณฑ์ร่วม)	B	Y	[BY/(AX+BY)] X 100

ที่มา : รัตนาวรรณ (2558)

7. การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สามารถคำนวณได้โดยอาศัยวิธีการประเมินศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential) ที่เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ของหลักการ LCA ตามมาตรฐาน ISO 14040 ตามรายงานของ IPCC โดยใช้ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Equivalent Factors) จากการเปรียบเทียบค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจก เทียบกับค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของสารอ้างอิงพื้นฐาน คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อแสดงผล เชิงปริมาณในหน่วยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($KgCO_2eq$)

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = Activity Data (AD) X Emission Factor (EF) (2-7)

EF = ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ($KgCO_2eq$ / kg, $KgCO_2eq$ / m^3, $KgCO_2eq$ / kWh, $KgCO_2eq$ / hr, $KgCO_2eq$ /tkm, $KgCO_2eq$ /km)

AD = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ (kg, m^3, kWh, hr, tkm, km)

2.7 วิธีการคำนวณจุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์ต้นทุน ปริมาณ กำไร หรือการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน จะกล่าวถึงกำลังการผลิต (Capacity) ซึ่งเป็นค่าวัดความสามารถหรือศักยภาพในการผลิตสินค้าหรือบริการในช่วงเวลาปกติ การวัดกำลังการผลิตอาจวัดได้ทั้งปัจจัยนำเข้า (Input) หรือผลผลิต (Output) การวัดกำลังการผลิตด้วยปัจจัยนำเข้า ได้แก่ การวัดความสามารถของเครื่องจักร ปริมาณวัตถุดิบ เป็นต้น การวัดกำลังการผลิตด้วยผลผลิต ได้แก่ การวัดปริมาณการผลิตสินค้า เป็นต้น โดยทั่วไปมักจะวัดกำลังการผลิตในแต่ละช่วงเวลาเทียบกับกำลังการผลิตสูงสุด เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการผลิตในช่วงเวลานั้น และสามารถคำนวณกำลังการผลิตในช่วงเวลาใด ๆ ดังนี้

กำลังการผลิตในช่วงเวลาใด ๆ (%) = (ค่าเฉลี่ยของปริมาณผลิต x 100) ÷ กำลังการผลิตสูงสุด (2-8)

จุดคุ้มทุน คือ จุดที่ค่าใช้จ่ายกับรายรับเท่ากัน ดังนั้นจึงต้องพิจารณาหาความสัมพันธ์ของต้นทุนและรายได้กับปริมาณการผลิต หรือปริมาณการขาย

กำหนดให้ TC แทนต้นทุนรวม (Total Cost)

v แทนต้นทุนผันแปรต่อหน่วย (Variable Cost)

N แทนปริมาณการผลิตหรือขาย (Number of Unit)

F แทนต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

R แทนรายได้ (Revenue)

p แทนราคาขายต่อหน่วย (Unit Price)

P แทนกำไร (Profit)

ต้นทุนผันแปรเป็นต้นทุนที่แปรผันตามจำนวนหน่วย โดยที่ v แทนต้นทุนผันแปรต่อหน่วย ดังนั้น

$$\text{ต้นทุนผันแปร} = vN \quad (2\text{-}9)$$

ต้นทุนรวมเท่ากับต้นทุนคงที่รวมกับต้นทุนผันแปร จะได้

$$TC = F + vN \quad (2\text{-}10)$$

รายได้แปรผันตามจำนวนหน่วยที่ขาย โดยมี p แทนราคาขายต่อหน่วยจะได้

$$R = pN \quad (2\text{-}11)$$

เนื่องจากกำไรเท่ากับรายได้หักออกด้วยรายจ่ายหรือต้นทุน ดังนั้น

$$P = R - TC \quad (2\text{-}12)$$

แทนค่า TC จากสมการที่ 2.9 และค่า R จากสมการที่ 2.10 ลงในสมการที่ 2.11

$$P = pN - [\, F + vN \,] \quad (2.13)$$

เนื่องจากที่จุดคุ้มทุนนั้น P = 0 จากสมการที่ 2.11 ให้ N* แทนปริมาณผลิตที่จุดคุ้มทุน จะได้

$$N^* = F \div (p - v) \quad (2\text{-}14)$$

ค่าของ N* ในสมการที่ 2.14 คือ ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน

โดยทั่วไปจะใช้สัญลักษณ์ N* แทน N เพื่อให้ทราบว่าเป็นปริมาณผลิต ณ จุดคุ้มทุน

ค่าจุดคุ้มทุนสามารถแสดงออกได้ 3 รูปแบบคือ

1. ปริมาณสินค้าที่ผลิตและขาย
2. ปริมาณเงินที่สามารถขายได้
3. อัตราความสามารถของการผลิต

2.8 MySQL Database

MySQL Database เป็นระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาโดยบริษัท MySQL AB ประเทศสวีเดน โดยผู้ก่อตั้งเป็นชาวสวีเดน 2 คนคือ David Axmark และ Allan Lason และชาฟแลนด์อีกหนึ่งคนคือ Michael Monty Widenius มีวัตถุประสงค์ให้ MySQL เป็นซอฟต์แวร์ฟรีทีเปิดเผยซอร์สโค้ดภายใต้ GNU General Public Liciense (GPL) (สมศักดิ์, 2551)

MySQL Database เป็นระบบจัดฐานข้อมูลระบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันเพราะได้พัฒนา Open Source มีความสามารถในการจัดการกับฐานข้อมูลด้วยภาษา SQL (Structure Query Language) อย่างมีประสิทธิภาพ มีความเร็วในการทำงาน รองรับการทำงานจากผู้ใช้หลายคน และหลายงานได้ในเวลาเดียวกัน เป็นระบบฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ ซึ่งจัดเก็บฐานข้อมูลไว้ชุดเดียว ผู้ใช้ภายในองค์กรจากเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายทั้งอ่านและเขียนข้อมูลได้พร้อมกัน ข้อมูลที่ได้มีความทันสมัยและสอดคล้องกันอยู่เสมอ ลดการเก็บข้อมูลที่ซ้ำซ้อนในหลายเครื่อง การปรับปรุงที่ถูกต้องรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ซึ่งเป็นไปตามรูปแบบของระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relation Database) (กิตติภูมิ, 2545)

2.9 Python Programming Language

Python เป็นภาษาการเขียนโปรแกรมที่ง่ายต่อการเรียนรู้และทรงพลัง มีโครงสร้างข้อมูลระดับสูงที่มีประสิทธิภาพและแนวทางการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุที่เรียบง่ายแต่มีประสิทธิภาพไวยากรณ์ที่สง่างามและการพิมพ์แบบไดนามิกของ Python รวมถึงการที่เป็นภาษาที่ถูกตีความ ทำให้มันเป็นภาษาที่เหมาะสำหรับการเขียนสคริปต์และการพัฒนาซอฟต์แวร์อย่างรวดเร็วในหลายด้านบนแพลตฟอร์มส่วนใหญ่

ตัวแปล Python และไลบรารีมาตรฐานที่ครอบคลุมสามารถใช้งานได้ฟรีทั้งในรูปแบบซอร์สโค้ดและไบนารีสำหรับทุกแพลตฟอร์มหลักจากเว็บไซต์ Python https://www.python.org/ และสามารถแจกจ่ายได้อย่างอิสระ เว็บไซต์เดียวกันนี้ยังมีการแจกจ่ายโมดูล โปรแกรม และเครื่องมือ Python ของบุคคลที่สามที่ฟรีจำนวนมาก รวมถึงเอกสารเพิ่มเติม

ตัวแปล Python ยังสามารถขยายได้อย่างง่ายดายด้วยฟังก์ชันและประเภทข้อมูลใหม่ที่ถูกพัฒนาด้วย C หรือ C++ (หรือภาษาอื่น ๆ ที่สามารถเรียกใช้จาก C ได้) Python ยังเหมาะสมในการเป็นภาษาเสริมสำหรับแอปพลิเคชันที่สามารถปรับแต่งได้อีกด้วย (The Python Tutorial, 2001)

2.10 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรรถกร (2560) ได้ศึกษาระบบสารสนเทศที่ได้รับการออกแบบมาให้มีความสัมพันธ์กันเพื่อการจัดการในด้านการประมวณผลเก็บรักษา วิเคราะห์และการกระจายสารสนเทศ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและประสานงาน เพื่อการควบคุมการทำงานในองค์กร แต่หากเป็นระบบสารสนเทศที่ใช้ในงานคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะจะเรียกว่า ระบบสารสนเทศเพื่อคอมพิวเตอร์ (Computer based Information Systems : CBIS) เทคโนโลยีสารสนเทศ คือ เทคโนโลยีเพื่อคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ อุปกรณ์สื่อสารเพื่อการมวลรวม บันทึกและเผยแพร่สารสนเทศ ดังนั้นทั้งระบบสารสนเทศและระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (IS หรือ MIS) จึงสามารถใช้ทดแทนกันได้ แนวทางของระบบ

สารสนเทศสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แนวทางหลัก คือแนวทางด้านเทคนิค แนวทางด้านพฤติกรรม และแนวทางผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีและสังคม ช่วยให้องค์กรมีธรรมาภิบาลการบริหารจัดการบ้านเมือง สังคมองค์กร สถาบันหรือธุรกิจ ด้วนความซื่อสัตย์สุจริตมีความโปร่งใสมีความรับผิดชอบที่ตรวจสอบได้

DeMarco and Yourdon (1979) ได้ศึกษาแผนภาพที่แสดงให้เห็นถึง ทิศทางการไหลของข้อมูลที่มีอยู่ในระบบ และการดำเนินงานที่เกิดขึ้นในระบบ โดยข้อมูลในแผนภาพทำให้ทราบถึงข้อมูลมาจากไหน ข้อมูลไปที่ไหน ข้อมูลเก็บที่ใด และเกิดเหตุการณ์ใดกับข้อมูลในระหว่างทางแผนภาพกระแสข้อมูลจะแสดงภาพรวมของระบบ (Overall picture of a system) และรายละเอียดบางอย่างแต่ในบางครั้งหากต้องการกำหนดรายละเอียดที่สำคัญในระบบนักวิเคราะห์ระบบอาจจำเป็นต้องใช้เครื่องมือ เช่น ข้อความสั้นที่เข้าใจ หรืออัลกอริทึม ตารางการตัดสินใจ (Decision Table), Data Model, Process Description ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความต้องการในรายละเอียดวัตถุประสงค์ของการสร้างแผนภาพกระแสข้อมูลนี้ เพื่อเป็นแผนภาพที่สรุปรวมข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการวิเคราะห์ในลักษณะของรูปแบบที่โครงสร้าง ข้อตกลงร่วมกันระหว่างนักวิเคราะห์ระบบและผู้ใช้งาน เป็นแผนภาพที่ใช้ในการพัฒนาต่อในขั้นตอนของการออกแบบระบบแผนภาพที่ใช้ในการอ้างอิง หรือเพื่อใช้ในพัฒนาต่อในอนาคตทราบที่มาที่ไปของข้อมูลที่ไหลไปในกระบวนการ (Data and Process)

Turban, et al., (2006) ได้ศึกษาการจัดการข้อมูล (Information Management) ในอดีตการจัดเก็บข้อมูลสารสนเทศเป็นการจัดเก็บตามประเภทสื่อที่ใช้บันทึก และเมื่อสารสนเทศมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นมีรูปแบบที่หลากหลายประกอบกับเทคโนโลยีสารสนเทศทำให้การจัดการสารสนเทศมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น การจัดการข้อมูลจึงมีการปรับเปลี่ยน ตามสภาพแวดล้อมที่แปลงไป ข้อมูล (Data) หมายถึงข้อเท็จจริงของเรื่องราวเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และต้องถูกต้องแม่นยำครบถ้วน ส่วนความรวดเร็วของการเก็บข้อมูลขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งานข้อมูลที่มีคุณภาพจะใช้ในการดำเนินงาน การตัดสินใจและวางแผนได้มุมมองของการจัดการความรู้ประกอบไปด้วยสารสนเทศที่ได้มีการประมวลขึ้นจากความเข้าใจประสบการณ์ และความเชี่ยวชาญเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้และความหมายของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ หมายถึง ระบบที่รวบรวมสารสนเทศเพื่อการประมวลวิเคราะห์ เก็บรักษา และเผยแพร่ตามวัตถุประสงค์ ในปัจจุบันมีการใช้คำว่า เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology, IT)

Laudon and Laudon (2006) ได้ศึกษาระบบที่รวบรวมและจัดเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทั้งภายในและภายนอกองค์การอย่างมีหลักเกณฑ์ เพื่อนำมาประมวณผลและจัดรูปแบบให้ได้สารสนเทศที่ช่วยสนับสนุนการทำงานและการตัดสินใจของผู้บริหารเพื่อให้การดำเนินงานขององค์การเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพโดยที่เราจะเห็นว่า MIS จะประกอบด้วยหน้าที่หลัก 2 ประการ คือ สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่ง ทั้งจากภายในและภายนอกองค์การมาไว้ด้วยกันอย่างเป็นระบบสามารถทำ

การประมวณผลข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้สารสนเทศที่ช่วยสนับสนุนการปฏิบัติงานและการบริหารงานของผู้บริหาร ถ้าระบบใดประกอบด้วยหน้าที่หลัก 2 ประการ ตลอดจนสามารถปฏิบัติงานในหน้าที่หลักทั้งสองได้อย่างครบถ้วนและสมบูรณ์ ระบบนั้นก็สามารถถูกจัดเป็นระบบ MIS ได้ ระบบ MIS ไม่จำเป็นที่จะต้องสร้างขึ้นจากระบบคอมพิวเตอร์อาจสร้างขึ้นมาจากอุปกรณ์อะไรก็ได้ แต่ต้องสามารถปฏิบัติหน้าที่หลักทั้ง 2 ประการได้อย่างครบถ้วนและสมบูรณ์เนื่องจากปัจจุบันคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูล นักวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analyst and Designer) จึงออกแบบระบบสารสนเทศให้มีคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์หลักในการจัดการสารสนเทศ

ลักษมี และชยุต (2559) ได้ศึกษาแผนภาพกระแสข้อมูลระดับแรกจะเป็นการนำเสนอแวดล้อม (Context) ของระบบในภาพรวม ในขณะที่แผนภาพกระแสข้อมูลระดับถัดลงมาก็จะแตกรายละเอียด (Explode) มากขึ้นตามลำดับ ดังนั้น แผนภาพกระแสข้อมูลระดับล่างก็จะเป็นการขยายรายละเอียดของระดับก่อนหน้า ทำให้เห็นถึงกระบวนการทำงาน ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า ฟังก์ชันดีคอมโพซิชัน (Function Decomposition) หน้าที่ของนักวิเคราะห์ระบบจะต้องทำการออกแบบกระบวนการทางธุรกิจใหม่ (Business Process Redesign : BRP) หรืออาจเรียกว่า Business Process Reengineering เพื่อทำการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางธุรกิจเดิมที่เป็นอยู่ให้มีทิศทางที่ดีขึ้นกว่าเดิมการเขียน DFD อาจเขียนได้หลายแบบถ้า DFD ซับซ้อนมาก แสดงว่า DFD นั้นควรแตกย่อยไปอีกระดับหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งข้อมูลที่ออกจากกระบวนการ หรือผลลัพธ์มีข้อมูลขาเข้าไม่เพียงพอ เราจะต้องพิจารณาแผนภาพต่อไปอีก แต่ที่สำคัญไม่ควรใส่ข้อมูลที่แคบใช้เข้ามาในกระบวนการเป็นอันขาดการตั้งชื่อกระบวนการนั่นไม่ง่ายนัก อาจมีปัญหา 2 อย่าง คือ กระบวนการนั้นควรจะแยกออกเป็น 2 ส่วน หรือเราไม่ทราบว่ามีอะไรเกิดขึ้นบ้างในโพรเซสนั้น ในกรณีนี้เราต้องศึกษาระบบให้ละเอียดยิ่งขึ้นจำนวนระดับในแต่ละแผนภาพแตกต่างกันมาก เช่น โพรเซสที่ 1 มีลูก 2 ชั้น แต่โพรเซสที่ 2 มีลูก 10 ชั้น แสดงว่าการแบ่งจำนวนโพรเซสไม่ดีนัก จำนวนลูกโพรเซสไม่จำเป็นต้องเท่ากัน แต่ไม่ควรจะแตกกันมากนัก มีการแตกแยกย่อยข้อมูล รวมตัวกันของข้อมูล หรือมีการตัดสินใจในโพรเซส แสดงว่าโพรเซสนั้นไม่ถูกต้อง การแยกข้อมูลหรือรวมตัวเองของข้อมูลเป็นหน้าที่ของพจนานุกรมข้อมูล การตัดสินใจเป็นรายละเอียดอยู่ในคำอธิบายโพรเซส

โอภาส (2545) ได้ศึกษาฐานข้อมูลเป็นรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลแบบแฟ้มข้อมูล ต่อมาได้มีการจัดข้อมูลให้อยู่ในรูปฐานข้อมูล เพื่อลดปัญหาซ้ำซ้อนของข้อมูล (Data Redundancy) และความขัดแย้งกันของข้อมูล อันมีสาเหตุจากการแก้ไขข้อมูล (Modification Anomaly) การเพิ่มข้อมูล (Insertion Anomaly) และการลบข้อมูล (Deletion Anomaly) เป็นต้น ปัญหาเหล่านี้ ทำให้การวิเคราะห์ไม่ถูกต้องและขาดประสิทธิภาพรูปแบบฐานข้อมูลแตกต่างรูปแบบแฟ้มข้อมูล โดยฐานข้อมูลเป็นการนำเอาข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันซึ่งแต่เดิมจัดเก็บอยู่ในแต่ละแฟ้มข้อมูลมาจัดเก็บไว้ในที่

เดียวกัน เช่น ข้อมูลอาคาร ข้อมูลแปลงที่ดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลราคาประเมินภาษี ซึ่งเป็นข้อมูลด้านการจัดเก็บภาษีในเทศบาล และมีการจัดเก็บข้อมูลไว้ใน แต่ละฝ่ายที่รับผิดชอบเมื่อนำข้อมูลที่จัดเก็บในรูปแบบแฟ้มข้อมูล มาจัดเก็บอยู่ในแหล่งเดียวกันเป็นรูปแบบของฐานข้อมูล คือ ฐานข้อมูลของเทศบาล ส่งผลให้สามารถใช้ข้อมูลร่วมกัน และสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการใช้งานข้อมูลแบบแฟ้มข้อมูลกรณีได้ ข้อมูลที่จะนำมาจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลได้นั้นจะต้องเป็นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน และสนับสนุนการดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งขององค์กร ซึ่งจะเรียกว่า ระบบฐานข้อมูล (Database System)

จักรพันธ์ (2555) การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 92.2 กรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยในขั้นตอนการผลิตมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 97.46 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดรองลงมาคือ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการผลิต ซึ่งมีแหล่งกำเนิดใหญ่คือ การใช้ไฟฟ้าในการผลิต โดยทำการเปลี่ยนรุ่นของระบบลมอัดให้ใช้มอเตอร์ที่ปรับรอบได้ ส่วนที่สองคือ การอบทดสอบฉนวน ทำการปรับปรุงถาดชิ้นงาน และส่วนที่สามปรับปรุงการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของชิ้นงาน โดยการเปลี่ยนลดขนาดหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทั้งสามส่วนสามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้ 45.99 วัตต์ชั่วโมงต่อ 1 ชิ้นการผลิต คิดเป็นการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก 25.8 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ธนาพร (2556) การศึกษาประเมิน และหาแนวทางในการจัดการปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแปรรูปเต้าหู้ปลา โดยได้กำหนดขอบเขตการทำงานแบบ Cradle to Gate และกำหนดหน่วยการทำงาน 10 กิโลกรัม ซึ่งจากการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแปรรูปเต้าหู้ปลาพบว่า มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด 40.308 $KgCO_2eq$ มีต้นทุน การผลิตเท่ากับ 855.41 บาท มีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเท่ากับ 10.91 บาทต่อ $KgCO_2eq$ 10 kg และมีผลตอบแทนการลงทุนทางพลังงานเท่ากับ 8.12% และเสนอแนะแนวทางการปรับเปลี่ยนสารทำความเย็นและการติดตั้งระบบอีแวปเปอเรทีฟคูลลิ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุดโดยสามารถลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากเดิม 40.308 $KgCO_2eq$ เป็น 33.162 $KgCO_2eq$

วรัญญา (2556) การศึกษาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเนื้อปลาแปรรูปแช่แข็ง กำหนดขอบเขตการทำงานแบบ Cradle to Gate ต่อหน่วยการทำงาน 10 กิโลกรัม พบว่ากระบวนการเตรียมวัตถุดิบสับผสมมีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดคือ 14.936 $KgCO_2eq$ คิดเป็นร้อยละ 83.95 ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

นิตยา และชลิตา (2559) การวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของเสื้อผ้าบาติกของร้านสมบูรณ์สิ่งทอ จังหวัดเชียงใหม่ กำหนดหน่วยการทำงานคือ เสื้อคอเชิ้ต ผ้าบาติ

กลายดอกกุหลาบ ผลิตจากผ้าทอผ้าย ขนาดอก 42 นิ้ว จำนวน 1 ตัว ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากวัฏจักรชีวิตของเสื้อผ้าบาติก มีค่า เท่ากับ 3.59 $KgCO_2eq$ และกระบวนการที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ กระบวนการผลิตวัตถุดิบมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกปริมาณ 2.69 $KgCO_2eq$ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 74.8 รองลงมาคือ กระบวนการผลิต กระบวนการใช้งานกระบวนการกำจัดซากและบำบัดน้ำเสีย และกระบวนการขนส่ง ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 15.35 8.95 0.6 และ 0.3 ตามลำดับ และได้เสนอแนะแนวทางการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการเลือกใช้ผ้าทอจากเส้นใยฝ้ายที่ผลิตแบบออร์แกนิกส์และเลือกสีที่ใช้ในการย่อมลายผ้าบาติกเป็นสีจากธรรมชาติ

Birkved, et al. (2009) การศึกษานี้เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มบรรจุขวด ขนาด 600 มิลลิลิตร จำนวน 1 โหล พบว่า การใช้พลังงานและเชื้อเพลิงจากกระบวนการต่าง ๆ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ 0.2611 0.0008 และ 3.14E-07 กิโลกรัมต่อน้ำดื่มบรรจุขวด 1 โหล ตามลำดับ โดยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คิดเป็นร้อยละ 99.71 ของค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดซึ่งกระบวนการของการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดมาจากกระบวนการของเสียและการจัดการมีค่า 4.2962 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 61.64 ของค่าการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดตลอดวัฏจักรวงจรชีวิต รองลงมาคือ การขนส่ง และกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 1.3799 และ 1.2355 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 19.80 และ 17.73 ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำดื่มบรรจุขวด มีค่า 6.97 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อน้ำดื่มบรรจุขวด 1 โหล

Sekhavatjoul, et al. (2011) ศึกษาโอกาสในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมันและปิโตรเคมีในประเทศอิหร่าน โดยเลือกศึกษาโอกาสในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับปรุงกระบวนการ ผลการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนกระบวนการ Naphtha Hydrotreating Unit ทำให้การเผาไหม้ของแก๊สลดลง 10.6 ล้านกิโลกรัมต่อปีและการนำก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอนแอโรบิกไปเผาที่ Waste Incineration Furnace ลดการส่งแก๊สไปเผาที่ Flare ได้ 1.75 ล้านลูกบาศก์เมตร จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมันและปิโตรเคมีสามารถทำได้โดยลดการสูญเสียพลังงานและลดปัญหาของกระบวนการผลิต

ตารางที่ 2-6 สรุปการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

	หนังสือ/งานวิจัย	MIS	KM	CF
(โอภาส, 2545)	การออกแบบและจัดการฐานข้อมูล (Database Design and Management)	●	●	
(อรรถกร, 2560)	ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information System)	●		
(ลักษมี และชยุต, 2559)	การวิเคราะห์และออกแบบการเทียบโอนรายวิชา	●	●	
(อรรถกร, 2560)	สารสนเทศและระบบการสื่อสาร	●	●	
(DeMarco and Yourdon, 1979)	Structures Analysis and System	●		
(Turban, et al., 2006)	Information Technology for Management	●		
(Laudon and Laudon, 2006)	Management Information System	●		
(จักรพันธ์, 2555)	การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก		●	●
(ธนาพร, 2556)	การลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตอาหารทะเลแปรรูปเต้าหู้ปลา		●	●
(วรัญญา, 2556)	การลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกระบวนการผลิตเนื้อปลาแปรรูปแช่แข็ง		●	●
(นิตยา และ ชลิตา, 2559)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์เสื้อจากผ้าบาติก		●	●
(Birkved, et al., 2552)	Corporate Carbon footprint Aria Foods amba			●
(Sekhavatjou, et al., 2554)	Opportunities of GHGs emission minimization through process improvement in Iranian oil industries			●

MIS ย่อมาจาก Management Information System

KM ย่อมาจาก Knowledge Management

CF ย่อมาจาก Carbon Footprint

2.11 บทสรุปของทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องโปรแกรมวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนโดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code โดยใช้ภาษา Python ในการเขียน และใช้ MySQL Database มาจัดการระบบฐานข้อมูลที่ทำการพัฒนาและออกแบบ โดยขั้นตอนการดำเนินการจะดังแสดงใน บทที่ 3

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การการออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนโดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code โดยใช้ภาษา Python ในการเขียน และใช้ MySQL database มาจัดการระบบฐานข้อมูลที่ทำการพัฒนาและออกแบบเพื่อให้บรรลุซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษางานวิจัย เริ่มตั้งแต่การหาวิธีการคำนวณค่า Carbon Footprint บันทึกข้อมูลแบบหลายชิ้นต่อ 1 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งการจัดการระบบฐานข้อมูลจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการบันทึกข้อมูล เพื่อให้เกิดความถูกต้องของข้อมูลและทำให้เกิดความสะดวกต่อผู้ใช้งาน จึงได้ออกแบบโปรแกรมนี้ โดยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัยที่สำคัญดังแสดงลำดับใน ดังภาพที่ 3-1

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยดังภาพที่ 3-1 มีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1.1 เก็บรวบรวมข้อมูล และปัญหาในปัจจุบัน

3.1.2 วิเคราะห์แนวทางแก้ไขปัญหา โดยนำเทคโนโลยีสารสนเทศระบบฐานข้อมูลมาประยุกต์ใช้

3.1.3 ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

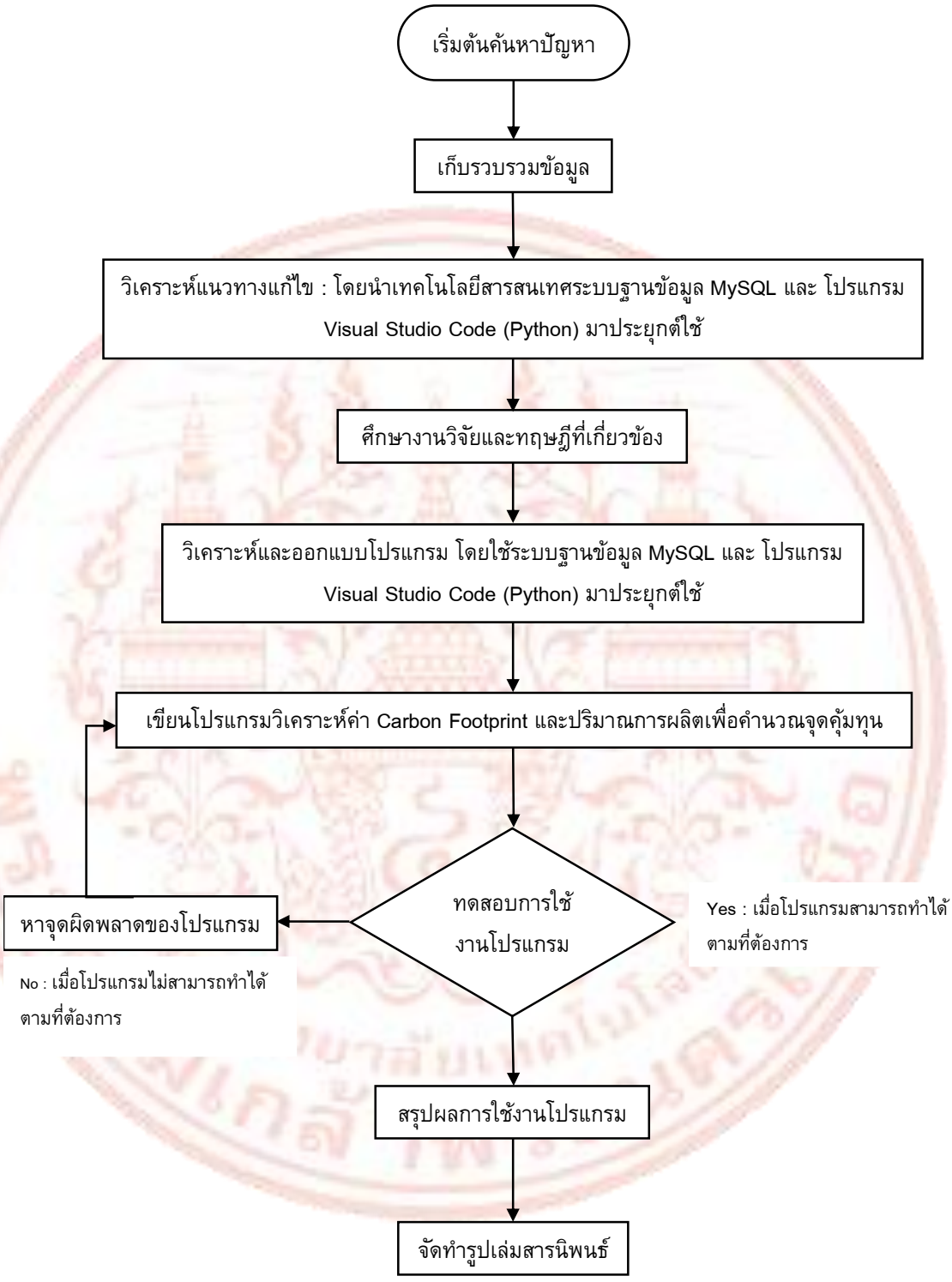
3.1.4 วิเคราะห์และออกแบบโปรแกรม โดยใช้ระบบฐานข้อมูล มาประยุกต์ใช้

3.1.5 เขียนโปรแกรมวิเคราะห์ค่า Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน

3.1.6 ทดสอบการใช้งานโปรแกรม

3.1.7 สรุปผลการใช้งานโปรแกรม

3.1.8 จัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์



ภาพที่ 3-1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

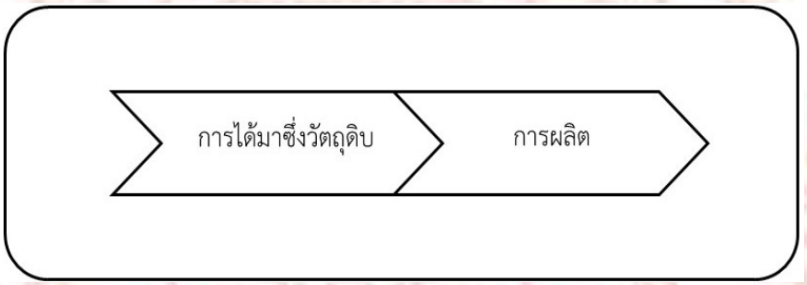
จากการที่พบปัญหาจึงมีการปรับปรุงพัฒนาการวิเคราะห์ค่า Carbon Footprint ให้มีประสิทธิภาพเพื่อสามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างรวดเร็ว จึงออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์ค่า Carbon Footprint ขึ้น

3.2 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

เป็นการกำหนดเป้าหมายและระบุขอบเขตของการวิเคราะห์ Carbon Footprint ของผลิตภัณฑ์และหน่วยหน้าที่การทำงาน (Functional Unit) ที่แสดงถึงหน้าที่ของระบบผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณ

3.3.1 การกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ Carbon Footprint

การกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เป็นการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตแบบ Cradle to Gate โดยทำการวิเคราะห์ Carbon Footprint ของผลิตภัณฑ์ที่ทำการค้าระหว่างหน่วยงานธุรกิจกับหน่วยงานธุรกิจ ซึ่งเรียกว่า Business-to-Business (B2B) ซึ่งเป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตการขนส่งวัตถุดิบ การใช้พลังงาน และการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอนการผลิต



ภาพที่ 3-2 ขอบเขตการวิเคราะห์ Carbon Footprint ของผลิตภัณฑ์แบบ Cradle to Gate

3.3.2 หน่วยการประเมิน Carbon Footprint

การประเมิน Carbon Footprint โดยการรายงานของหน่วยน้ำหนักในรูปแบบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($KgCO_2eq$) ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่าย โดยในงานวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดหน่วยการทำงาน (Functional Unit) ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

3.3 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Data, LCI)

3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิเคราะห์ Carbon Footprint

การเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิเคราะห์ Carbon Footprint จากขอบเขตการวิเคราะห์ Carbon Footprint ของผลิตภัณฑ์ โดยการเก็บข้อมูลปริมาณสารขาเข้า (Inputs) และปริมาณสารขาออก (Outputs) ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ซึ่งแหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสามารถรวบรวมข้อมูลในการวิเคราะห์ Carbon Footprint ได้ดังนี้

3.3.1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมในกระบวนการผลิตของผู้ประกอบการโรงงานโดยตรง หรือข้อมูลที่ผู้ประกอบกิจการโรงงานสามารถเข้าถึงได้หรือได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกิจกรรมการผลิตในโรงงานที่อยู่ภายใต้การควบคุมของโรงงานที่มีอำนาจในการเข้าถึงข้อมูล

3.3.1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นการเก็บรวมรวมข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งข้อมูลอื่นนอกเหนือข้อมูลปฐมภูมิ คือ เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องการผลิตของผู้ประกอบการกิจการโรงงานทางอ้อม หรือข้อมูลที่ผู้ประกอบการโรงงานไม่สามารถเข้าถึงได้ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มาจากฐานข้อมูลที่เฉพาะกับประเทศไทย หรืออาจสามารถสืบค้นได้จากรายงานการวิจัย ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย และฐานข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง (กรมโรงงานอุสาหกรรม, 2553)

3.4 วิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณได้โดยอาศัยวิธีการประเมินศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential) ที่เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ของหลักการ LCA ตามมาตรฐาน ISO 14040 ตามรายงานของ IPCC โดยใช้ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Equivalent Factors) จากการเปรียบเทียบค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจก เทียบกับค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของสารอ้างอิงพื้นฐานคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อแสดงผลในเชิงปริมาณในหน่วยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($KgCO_2eq$) ดังตารางที่ 1-1 ของบทที่ 1

วิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นได้ถูกอธิบายอย่างละเอียดในบทที่ 2 ซึ่งแสดงผลในเชิงปริมาณในหน่วยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($KgCO_2eq$) ดังสมการที่ (2-6)

3.5 วิธีการคำนวณจุดคุ้มทุน

วิธีการคำนวณจุดคุ้มทุนได้ถูกอธิบายอย่างละเอียดในหัวข้อ 2.7 ของบทที่ 2 ซึ่งรวมถึงการวิเคราะห์ต้นทุน ปริมาณ กำไร และการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนและรายได้กับปริมาณการผลิตหรือปริมาณการขาย โดยสามารถสรุปวิธีการคำนวณจุดคุ้มทุนได้ดังสมการที่ (2-9) ถึงสมการที่ (2-14)

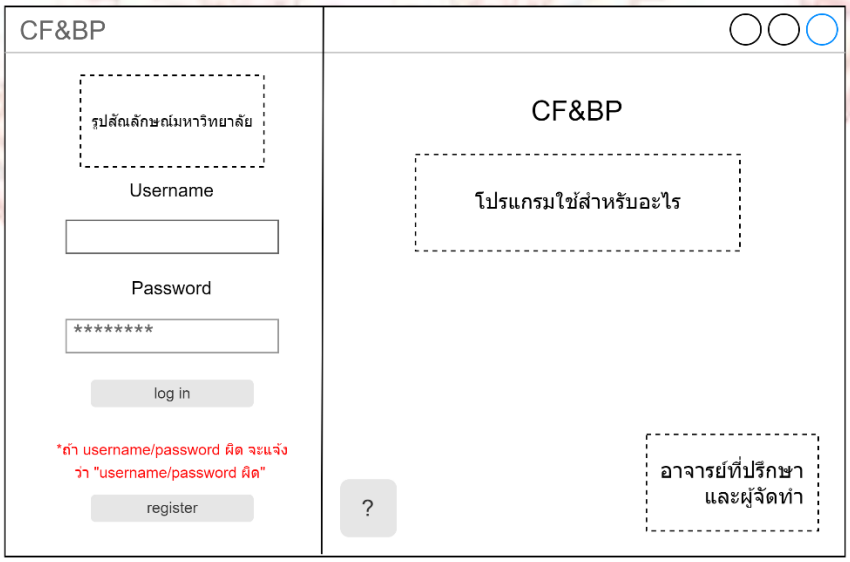
3.6 แนวทางการออกแบบโปรแกรม

3.6.1 ทำการออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์ค่า Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน

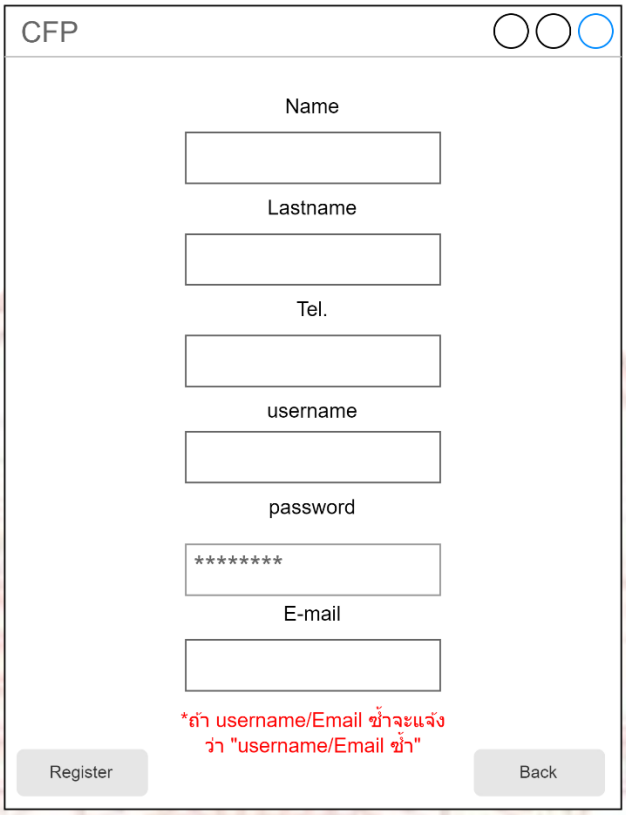
จากการศึกษาแนวทางแก้ไขปัญหา โดยนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาในเรื่องระบบสารสนเทศเพื่อเข้ามาช่วยในการพัฒนาและจัดทำโปรแกรมนี้ขึ้นเพื่อให้เกิดเข้าใจและออกแบบโปรแกรมให้ได้ตามความถูกต้องของผู้ใช้งานให้มากที่สุด

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น การออกแบบหน้าจอโปรแกรมเพื่อสนับสนุนการใช้งานของผู้ใช้งาน งานวิจัยนี้ใช้ Anaconda เป็นแพลตฟอร์มการจัดการสภาพแวดล้อมและแพ็กเกจซอฟต์แวร์ที่นิยมใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์และการวิเคราะห์ข้อมูล ในการออกแบบส่วน Frontend หรืออินเทอร์เฟซผู้ใช้งานเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถโต้ตอบกับระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับโปรแกรมนี้ เราจะใช้ Tkinter ซึ่งเป็นไลบรารีสำหรับการสร้าง GUI ใน Python ที่มีความง่ายและยืดหยุ่นในการใช้งาน รวมทั้งโปรแกรมได้เพิ่มฟังก์ชันการเข้าสู่ระบบ (Login) และการลงทะเบียน (Registration) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญเมื่อต้องการจัดการข้อมูลส่วนบุคคลหรือมีความต้องการในการควบคุมการเข้าถึงข้อมูล ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล

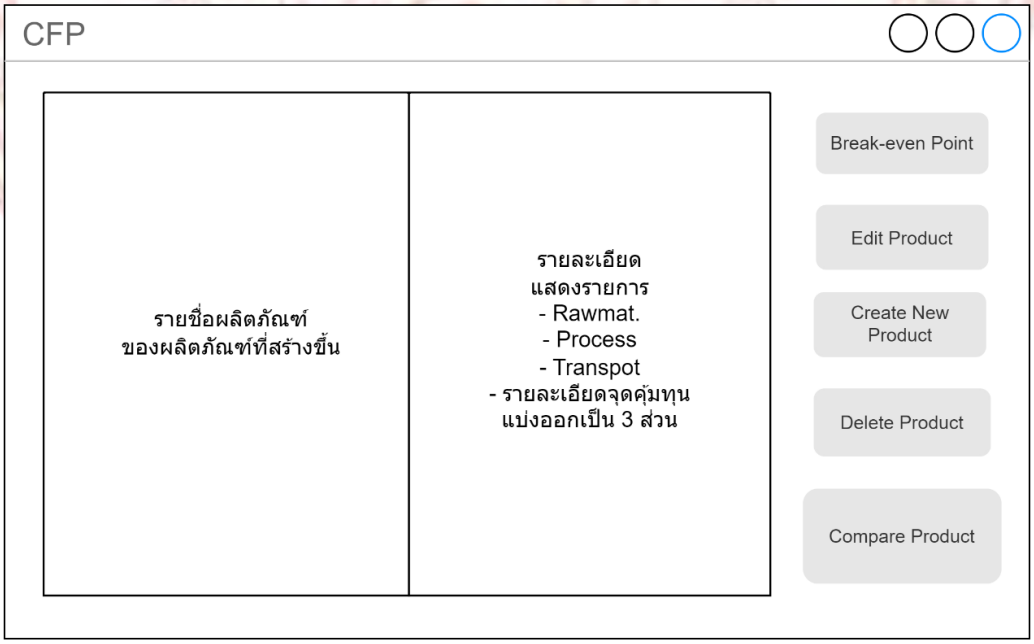
โปรแกรมวิเคราะห์ค่า Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนนั้น จะทำประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในระดับผลิตภัณฑ์ โดยผู้ใช้งานต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ก่อนใช้งาน และโปรแกรมนี้จะใช้ได้เมื่อผู้ใช้ทำการการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตก่อน เพื่อความสะดวกต่อการกรอกข้อมูลในโปรแกรม



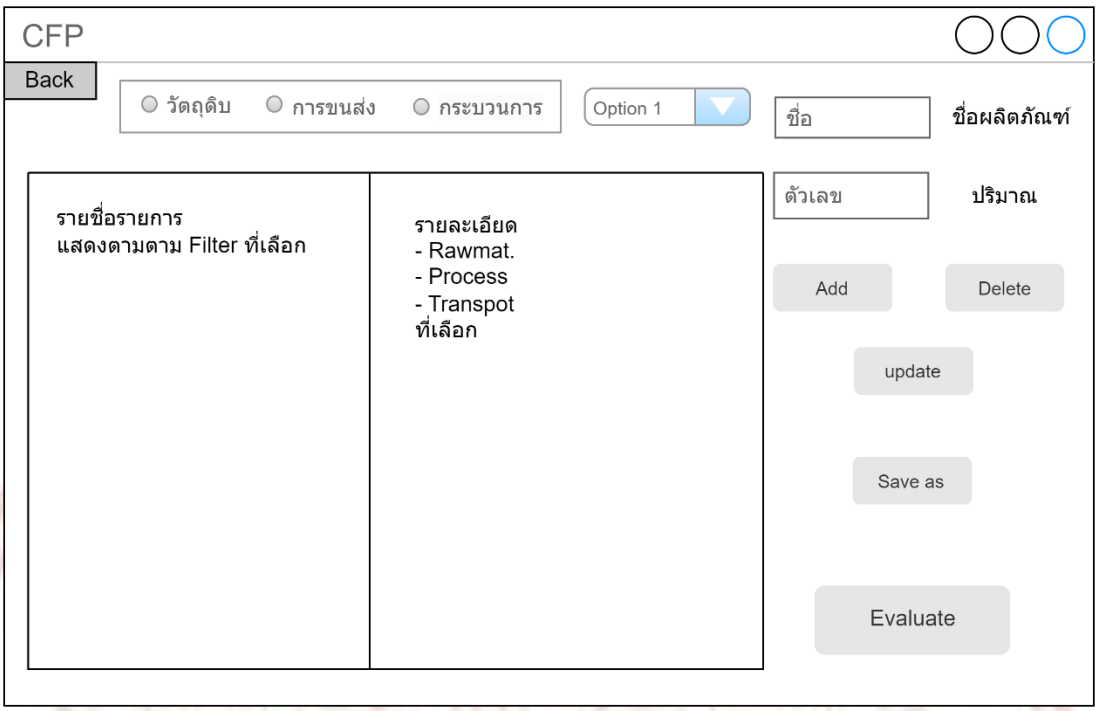
ภาพที่ 3-3 แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า Login



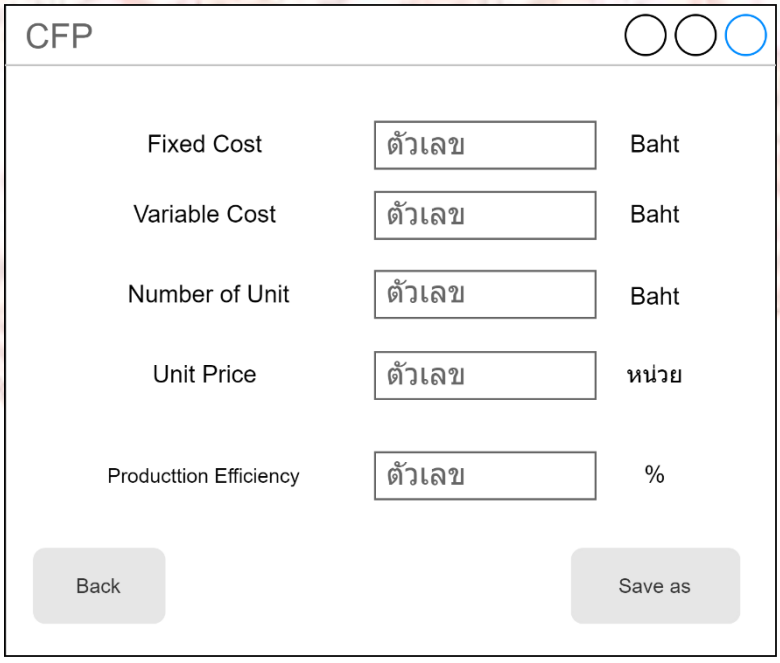
ภาพที่ 3-4 แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า Signup



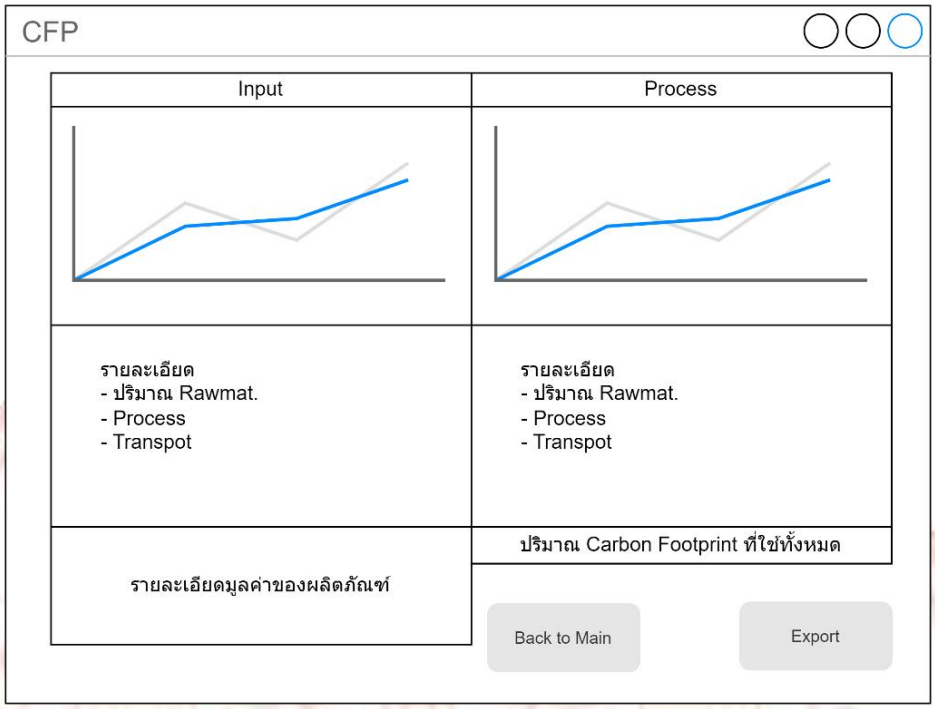
ภาพที่ 3-5 แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า Main



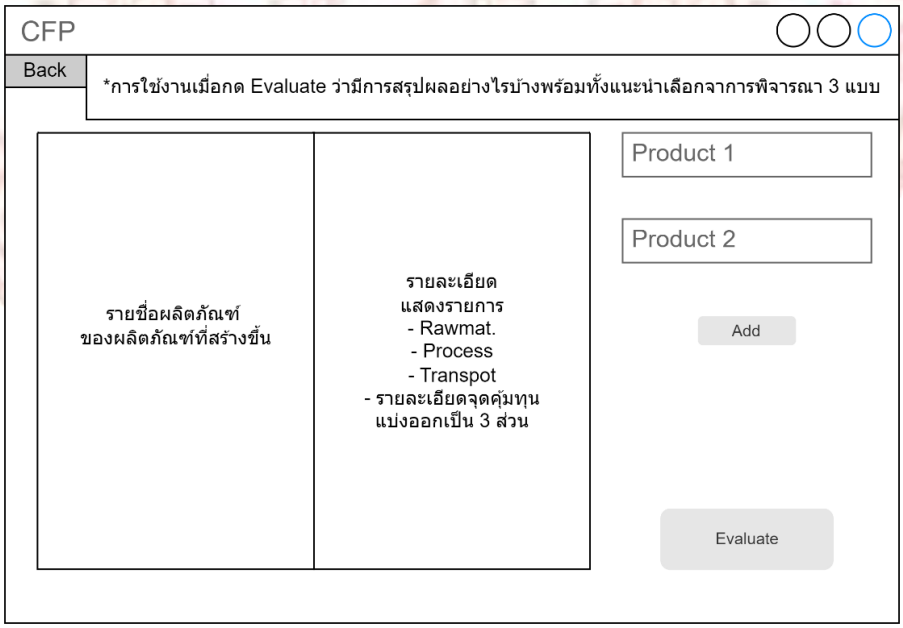
ภาพที่ 3-6 แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า New Product



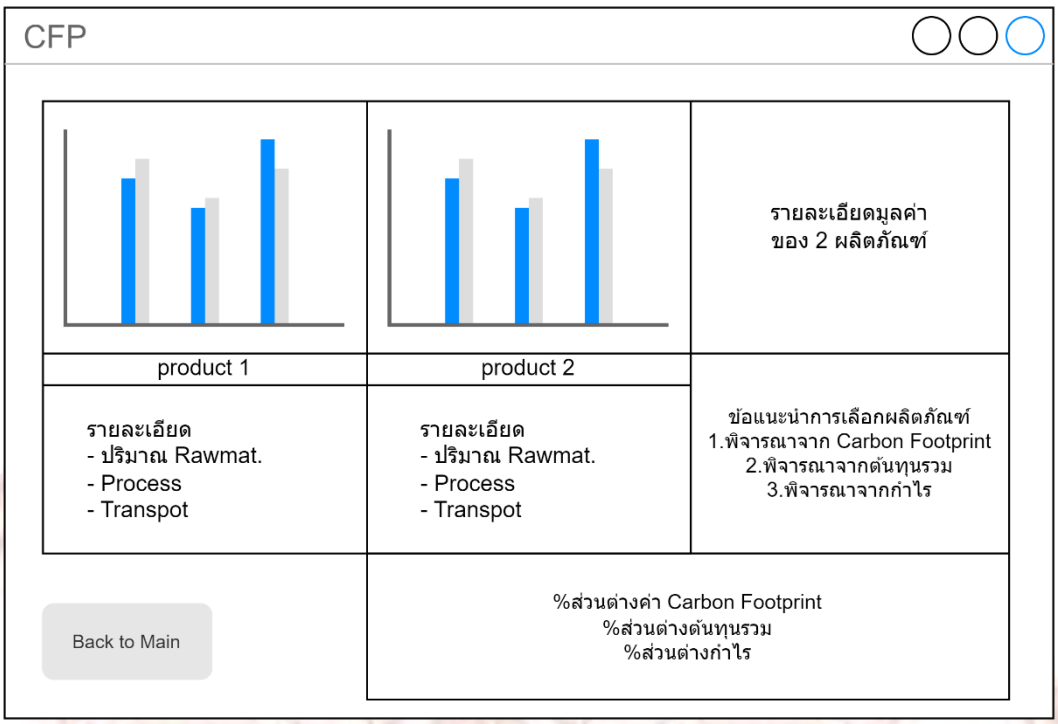
ภาพที่ 3-7 แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า Break-Even Point



ภาพที่ 3-8 แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า Conclusion New Product



ภาพที่ 3-9 แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า Compare



ภาพที่ 3-10 แผนภาพแสดงการออกแบบหน้าโปรแกรมและเมนูการใช้งาน หน้า Conclusion Compare

การพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลโดยสร้างฐานข้อมูล เก็บรวบรวมข้อมูลให้เป็นระบบสร้างการเชื่อมโยงของข้อมูล และสนับสนุนการทำงาน โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

3.6.1.1 หน้าจอ Login เมื่อผู้ปฏิบัติงานเปิดโปรแกรมขึ้นมาจะเจอเมนูย่อย ดังนี้

3.6.1.1.1 เมนูกรอก E-mail/username สำหรับให้ผู้ใช้งานกรอก E-mail หรือ username ที่ผู้ปฏิบัติงานได้ลงทะเบียนไว้

3.6.1.1.2 เมนูกรอก Password สำหรับให้ผู้ใช้งานกรอก Password ที่ผู้ปฏิบัติงานได้ลงทะเบียนไว้

3.6.1.1.3 เมนูเลือก Login สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนูหลักของโปรแกรม

3.6.1.1.4 เมนูเลือก Register สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนูลงทะเบียนของโปรแกรม

3.6.1.1.5 เมนูเลือก? (Help) สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้า Help

3.6.1.2 หน้าจอ Register ของโปรแกรมจะประกอบไปด้วย

3.6.1.2.1 เมนูกรอก Name Lastname Tel. Username Password E-mail สำหรับให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลการลงทะเบียน

3.6.1.2.2 เมนูเลือก Register สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อยอมรับการลงทะเบียน

3.6.1.2.3 เมนูเลือก Back สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าล็อคอินของโปรแกรม

3.6.1.3 หน้าจอ Main ของโปรแกรมจะประกอบไปด้วย

3.6.1.3.1 เมนูเลือก Product สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อดูรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้น

3.6.1.3.2 เมนูเลือก Break-even Point สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนู Break-even Point

3.6.1.3.3 เมนูเลือก Edit Product สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนู New Product และข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ผู้ปฏิบัติงานเลือก

3.6.1.3.4 เมนูเลือก Create New Product สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนู New Profile

3.6.1.3.5 เมนูเลือก Delete Product สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อลบโปรไฟล์ของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องการ

3.6.1.3.6 เมนูเลือก Compare สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนู Compare

3.6.1.4 หน้าจอ New Product ของโปรแกรมจะประกอบไปด้วย

3.6.1.4.1 เมนูเลือกหัวข้อ Filter สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเลือกหมวดหมู่พร้อมแสดงรายชื่อ และรายละเอียดตามหมวดหมู่ที่เลือก

3.6.1.4.2 เมนูเลือกกรอกชื่อโปรไฟล์ สำหรับผู้ใช้งาน

3.6.1.4.3 เมนูเลือกกรอกปริมาณที่ใช้ สำหรับให้ผู้ใช้งานกรอกปริมาณของวัตถุดิบ การขนส่ง หรือกระบวนการที่ใช้

3.6.1.4.4 เมนูเลือก Add สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเพิ่มวัตถุดิบ การขนส่ง หรือกระบวนการที่ต้องการในหัวข้อแต่ละหัวข้อ

3.6.1.4.5 เมนูเลือก Remove สำหรับให้ผู้ปฏิบัติงานเลือกเพื่อลบวัตถุดิบ การขนส่ง หรือกระบวนการที่ต้องการในหัวข้อแต่ละหัวข้อ

3.6.1.4.6 เมนูเลือก Update สำหรับผู้ใช้งานแก้ไขข้อมูลวัตถุดิบ การขนส่ง หรือกระบวนการที่ต้องการในหัวข้อแต่ละหัวข้อ

3.6.1.4.7 เมนูเลือก Evaluate สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนู Conclusion New Product

3.6.1.5 หน้าจอ Conclusion New Product ของโปรแกรมจะประกอบไปด้วย

3.6.1.5.1 เมนูแสดง ผลลัพธ์ของหัวข้อ Input และ Process ในรูปแบบกราฟเส้น และรายการของ Input และ Process

3.6.1.5.2 เมนูเลือก Back to Main สำหรับให้ผู้ปฏิบัติงานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนู main

3.6.1.5.3 เมนูเลือก Export to Excel สำหรับให้ผู้ปฏิบัติงานเลือกเพื่อนำออกข้อมูลไปแสดงเป็น Microsoft Excel หรือ Microsoft Word

3.6.1.6 หน้าจอ Compare ของโปรแกรมจะประกอบไปด้วย

3.6.1.6.1 เมนูเลือก Product สำหรับให้ผู้ปฏิบัติงานเลือกเพื่อดูรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้น

3.6.1.6.2 เมนูแสดงรายชื่อ Product ที่เลือกโดยแบ่งออกเป็น Product 1 และProduct 2

3.6.1.6.3 เมนูเลือก Add สำหรับให้ผู้ปฏิบัติงานเลือกเพื่อเพิ่ม Product ที่ต้องการใน Product 1 หรือ Product 2

3.6.1.6.5 เมนูเลือก Evaluate สำหรับให้ผู้ปฏิบัติงานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนู Conclusion Compare

3.6.1.7 หน้าจอ Conclusion Compare ของโปรแกรมจะประกอบไปด้วย

3.6.1.7.1 เมนูแสดง ผลลัพธ์การใช้ค่า Carbon Footprint และต้นทุนรวมกับกำไรของผลิตภัณฑ์ที่นำมาเปรียบเทียบในรูปแบบกราฟแท่ง และ List ของวัตถุดิบ การขนส่ง และกระบวนการในการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ของ Product 1 และ Product 2

3.6.1.7.2 เมนูแสดง ผลลัพธ์ มูลค่าของสองผลิตภัณฑ์

3.6.1.7.3 เมนูแสดง ข้อเสนอแนะช่วยประกอบการตัดสินใจในการเลือกผลิตภัณฑ์

3.6.1.7.4 เมนูแสดง ผลลัพธ์ เปอร์เซ็นต์ส่วนต่างของสองผลิตภัณฑ์

3.6.1.7.5 เมนูเลือก Return to Profile สำหรับให้ผู้ใช้ปฏิบัติงานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนู Main

3.6.1.8 หน้าจอ break-even point ของโปรแกรมจะประกอบไปด้วย

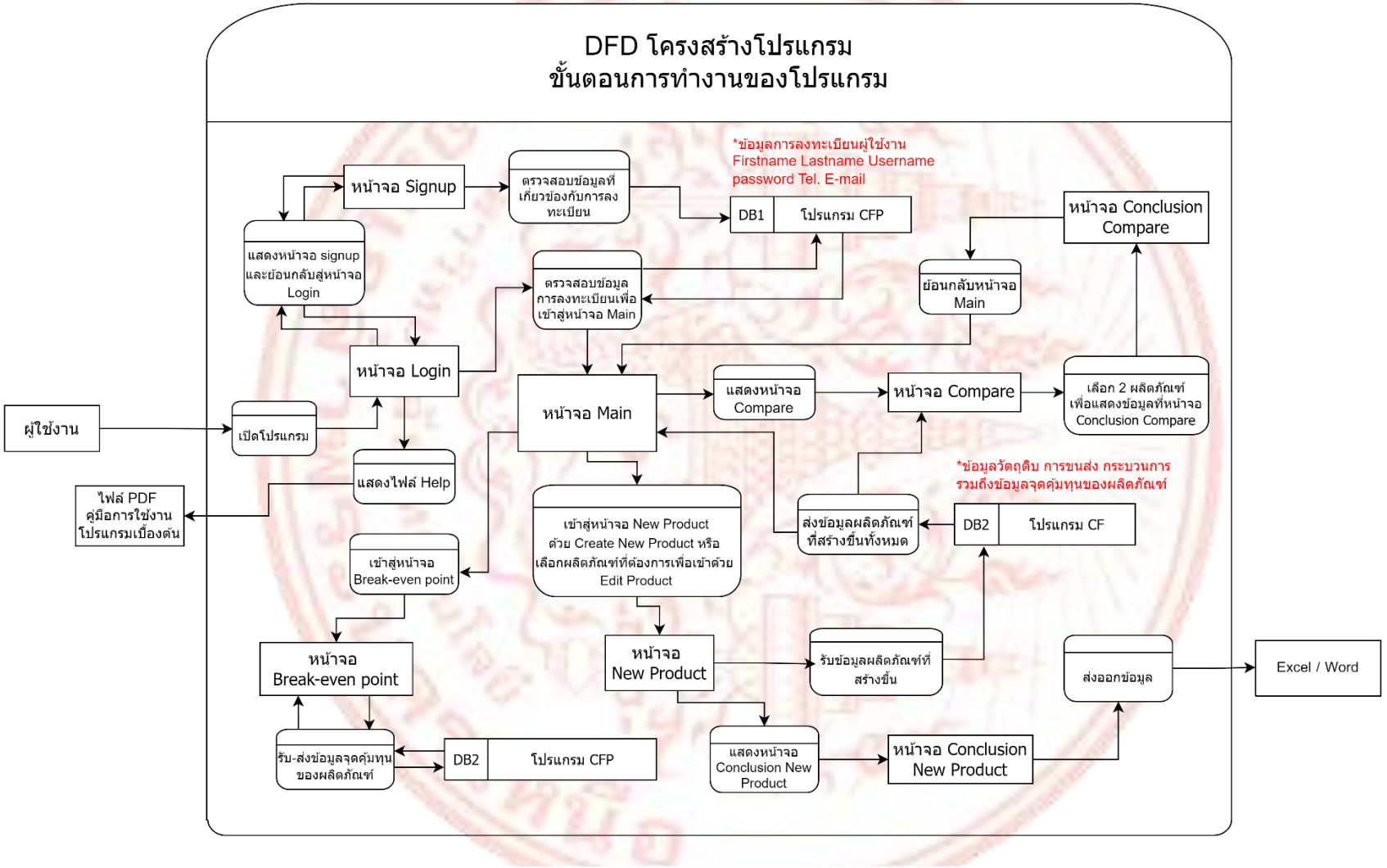
3.6.1.8.1 เมนูเลือกกรอกปริมาณ Fixed Cost, Variable Cost, Number of Unit, Unit Price และ Production Efficiency

3.6.1.8.2 เมนูเลือก Back สำหรับให้ผู้ปฏิบัติงานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนู Main

3.6.1.8.3 เมนูเลือก Save as สำหรับให้ผู้ปฏิบัติงานเลือกเพื่อบันทึกข้อมูลด้านมูลค่าของผลิตภัณฑ์

3.6.2 การออกแบบโครงสร้างระบบฐานข้อมูล

การออกแบบระบบฐานข้อมูลจำเป็นต้องมีแบบแผนและความสัมพันธ์กันของข้อมูล เพื่อให้ได้มาซึ่งโครงสร้างระบบฐานข้อมูลที่ดี ควรทำการกำหนดขั้นตอนการประมวลผลส่วนหลักและส่วนย่อย จึงได้จัดทำแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) แสดงโครงสร้างและขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม รวมถึงภาพรวมของระบบฐานข้อมูลเพื่อแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบฐานข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 3-11



ภาพที่ 3.11 แผนภาพกระแสข้อมูลแสดงโครงสร้างและขั้นตอนของโปรแกรม

3.7 การออกแบบและพัฒนาระบบการจัดการฐานข้อมูล

จากแนวทางการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ค่า Carbon Footprint และความคุ้มค่าการลงทุนของผลิตภัณฑ์ ได้นำความรู้ในเรื่องระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information System : MIS) มาช่วยในเรื่องระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฐานข้อมูล โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม Visual Studio Code (python) กับ MySQL Database ในการออกแบบระบบฐานข้อมูลมาวิเคราะห์ค่า Carbon Footprint ที่เกิดขึ้น และความคุ้มค่าในการลงทุนของผลิตภัณฑ์ โดยโปรแกรมที่ทำการออกแบบจะประกอบด้วยฐานข้อมูลดังนี้

3.7.1 Database Customer เป็นข้อมูลที่เก็บรายละเอียดของผู้ลงทะเบียน ชื่อ-นามสกุล เบอร์โทร username password E-mail

3.7.2 Database Profile เป็นข้อมูลที่เก็บรายละเอียดของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นที่สร้างขึ้น เพื่อให้สามารถเรียกดูรายละเอียดอีกครั้งได้

3.7.3 Database Emission Factor เป็นข้อมูลที่เก็บรายละเอียดของค่า Emission Factor พื้นฐานทั้งหมดที่เก็บรวบรวมมาทั้งหมดโดยแบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม

3.7.4 Database Break-even Point เป็นข้อมูลที่เก็บรายละเอียดของจุดคุ้มทุน Fixed Cost, Variable Cost, Number of Unit, Unit Price และ Production Efficiency

3.8 สรุปผลวิธีดำเนินงาน

จากการออกแบบระบบการจัดการฐานข้อมูลและพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน งานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการศึกษาวิธีการคำนวณตามมาตรฐาน ISO 14040 วิเคราะห์ปัญหาปัจจุบันและแนวทางการแก้ไข รวมถึงการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วย Visual Studio Code และภาษา Python พร้อมกับ MySQL database สำหรับจัดการข้อมูล โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้ถูกทดสอบเพื่อรับประกันความถูกต้อง ผลการทดสอบแสดงว่าโปรแกรมสามารถวิเคราะห์ค่า Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน โดยแสดงผลในรูปแบบกราฟและรายงานที่เข้าใจง่าย งานวิจัยนี้ถูกจัดทำเป็นรูปเล่มเพื่อเผยแพร่และใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ดังแสดงในบทที่ 4

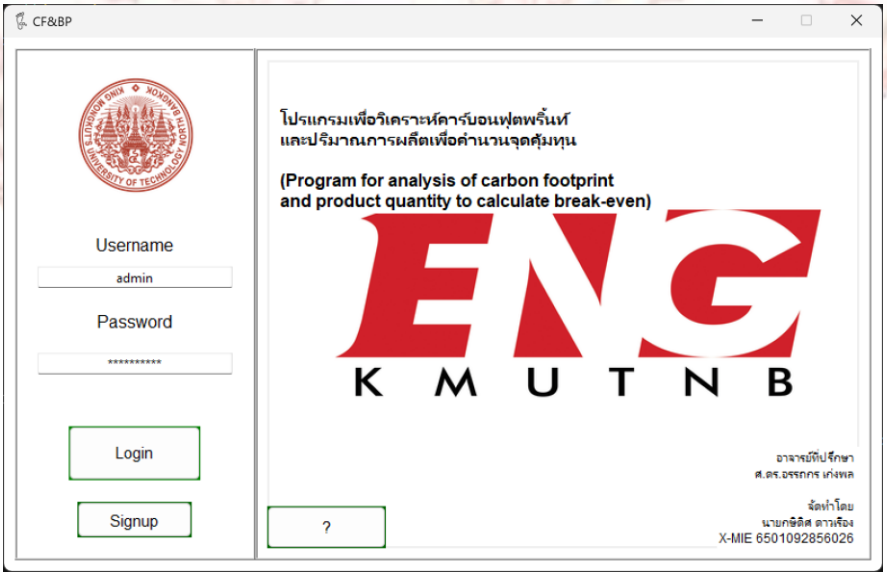
บทที่ 4
ผลของการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นที่การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ เพื่อช่วยในการคำนวณค่า Carbon Footprint และปริมาณการผลิต ณ จุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ ประหยัดเวลา และใช้งานง่าย ในส่วนนี้ผู้วิจัยต้องการเสนอส่วนประกอบหลักของโปรแกรมและวิธีการใช้งานโปรแกรม ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาและพัฒนาโปรแกรม

4.1.1 หน้าจอเริ่มต้น

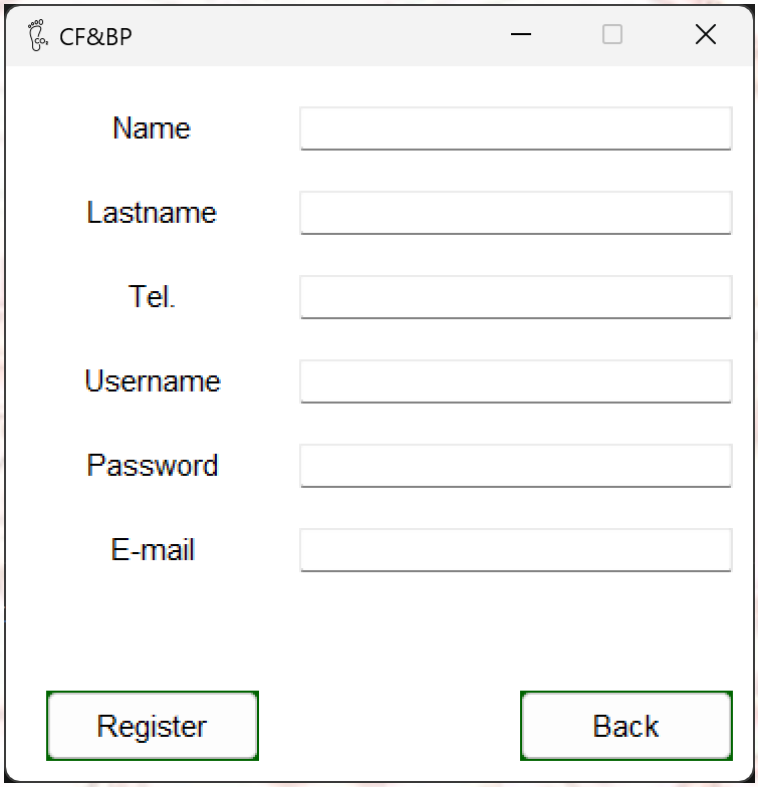
หน้าจอเริ่มต้น ดังแสดงในภาพที่ 4-1 จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนแสดงหน้าจอเริ่มต้นของโปรแกรมเพื่อแสดงที่มาของโปรแกรมแสดงชื่อโปรแกรม และส่วนของการป้องกันการเข้าถึงข้อมูลและโปรแกรม พร้อมทั้งสามารถเปิดคู่มือการใช้งานโปรแกรมเบื้องต้นได้จาก help (?) เมื่อเปิดโปรแกรมผู้ใช้งานจะต้องป้อนรหัสผ่าน เพื่อให้ระบบทำการตรวจสอบว่ามีสิทธิ์ในการใช้งานโปรแกรมหรือไม่ เมื่อใส่ชื่อผู้ใช้ และรหัสถูกต้อง ให้ผู้ใช้งานกดเลือก Login เพื่อเข้าสู่หน้าจอหลักของโปรแกรม ดังแสดงในภาพที่ 4-3 ต่อไป



ภาพที่ 4-1 หน้าจอเริ่มต้น

4.1.2 หน้าจอลงทะเบียนผู้ใช้ใหม่

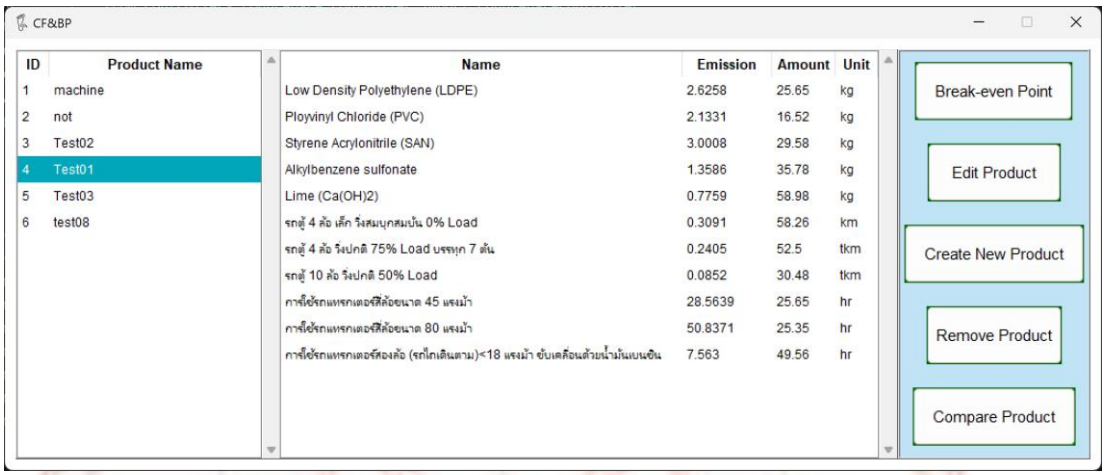
หน้าจอลงทะเบียน ดังแสดงในภาพที่ 4-2 จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนแสดงหน้าจอการลงทะเบียนผู้ใช้ใหม่เพื่อ Login เข้าใช้งานโปรแกรม และส่วนของการการกรอกข้อมูลที่ใช้ในการลงทะเบียนผู้ใช้ใหม่ เช่น ชื่อ นามสกุล เบอร์โทรศัพท์ ชื่อผู้ใช้งาน รหัสผ่าน อีเมล เพื่อหากมีปัญหาหรือเหตุการณ์สำคัญเกี่ยวกับบัญชีหรือบริการที่ใช้งาน เบอร์โทรศัพท์และอีเมลสามารถใช้ในการติดต่อผู้ใช้ได้อย่างรวดเร็ว ดังแสดงในภาพที่ 4-2 ต่อไป



ภาพที่ 4-2 หน้าจอลงทะเบียนผู้ใช้ใหม่

4.1.3 หน้าจอหลักโปรแกรม

เป็นการแสดงหน้าจอของการเข้าใช้งานโปรแกรมหลังจากผ่านการล็อกอิน และการเข้าถึงโปรแกรมหน้าจอในภาพที่ 4-3 นี้จะประกอบด้วย 3 ส่วนทางเลือกในการคำนวณมูลค่าของผลิตภัณฑ์ สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ และเลือกประเมิน เปรียบเทียบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์สองผลิตภัณฑ์ เมื่อผู้ปฏิบัติงานเลือกรูปแบบการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น เมื่อกดเลือก Create New Profile โปรแกรมก็จะนำผู้ใช้งานไปสู่หน้าการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4-4 ต่อไป

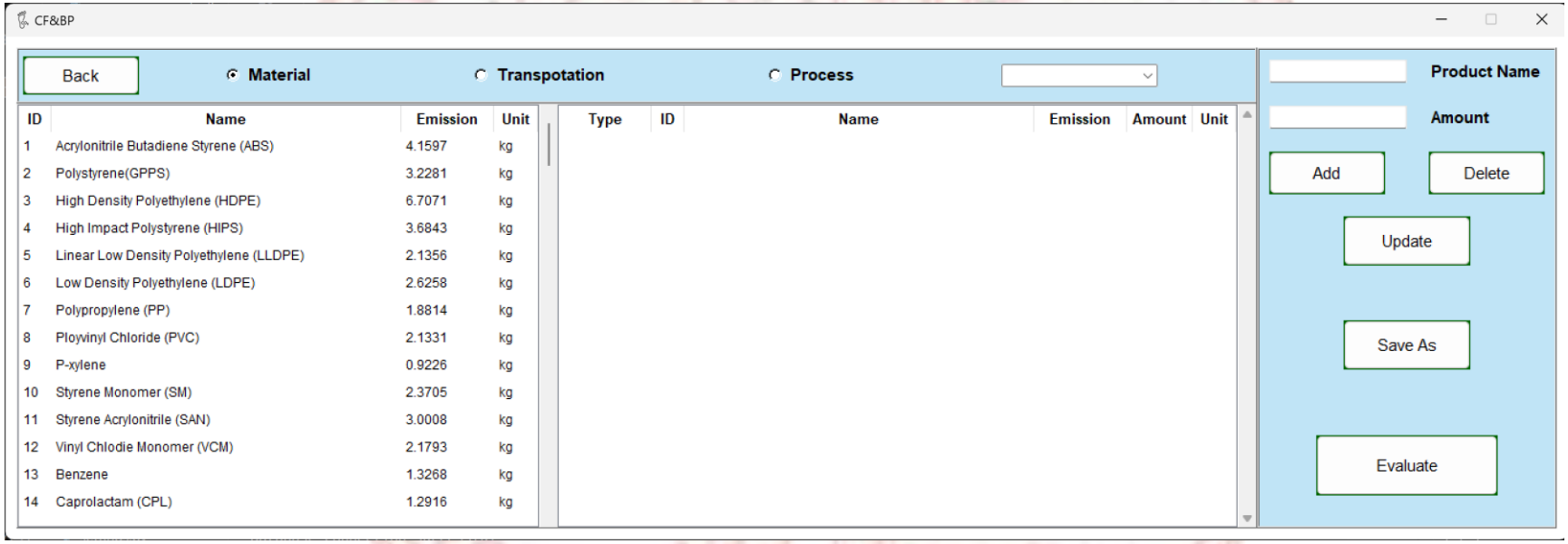


ภาพที่ 4-3 หน้าจอหลัก

4.1.4 หน้าจอโปรแกรมสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่

เป็นการแสดงหน้าจอของการเข้าใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 4-4 โปรแกรมส่วนที่ใช้สำหรับเพิ่มรายชื่อ วัตถุดิบ, การขนส่ง และกระบวนการ ที่ใช้งานสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ต้องการสร้าง จากนั้นเมื่อกดเลือก Evaluate โปรแกรมก็จะนำผู้ใช้งานไปสู่หน้าสรุปผลข้อมูลของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 4-5 ต่อไป

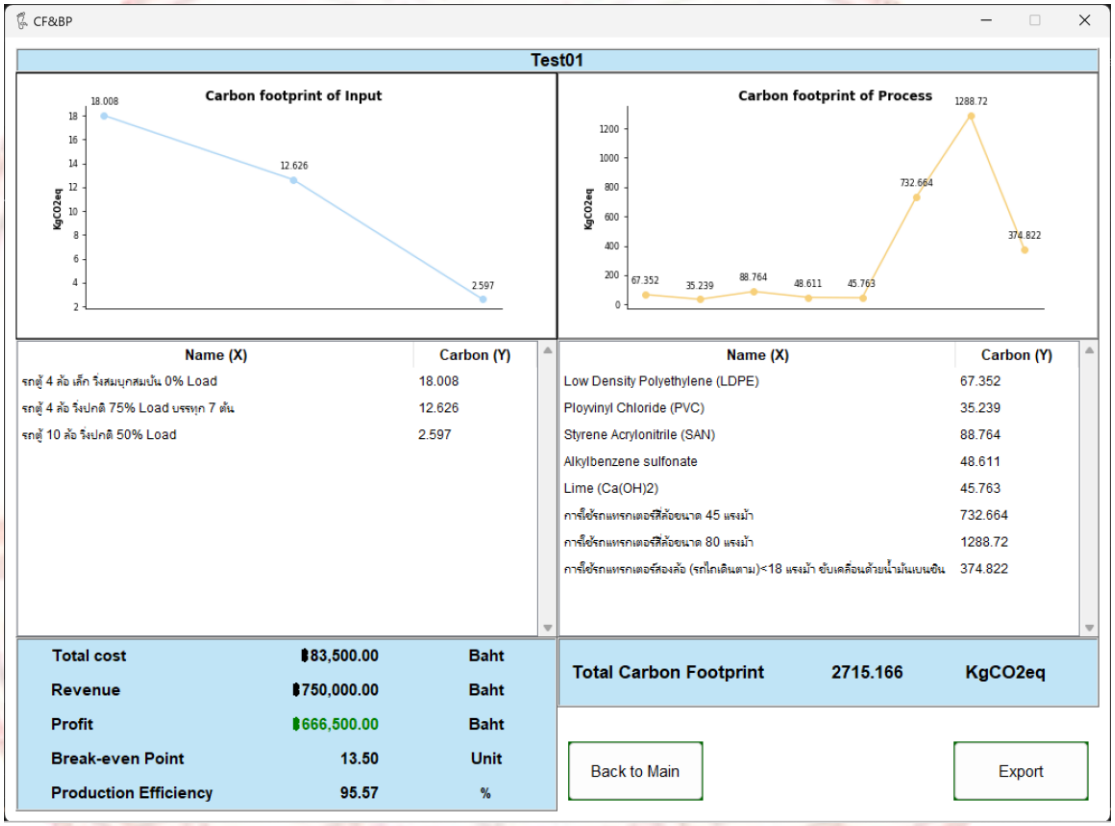
ภาพที่ 4-4 โปรแกรมในส่วนที่ใช้สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อแสดงปริมาณวัตุดิบ การขนส่ง และกระบวนการที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ใหม่ มีอะไรบ้าง



ภาพที่ 4-4 หน้าจอโปรแกรมสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่

4.1.5 หน้าจอสรุปผลข้อมูลของผลิตภัณฑ์

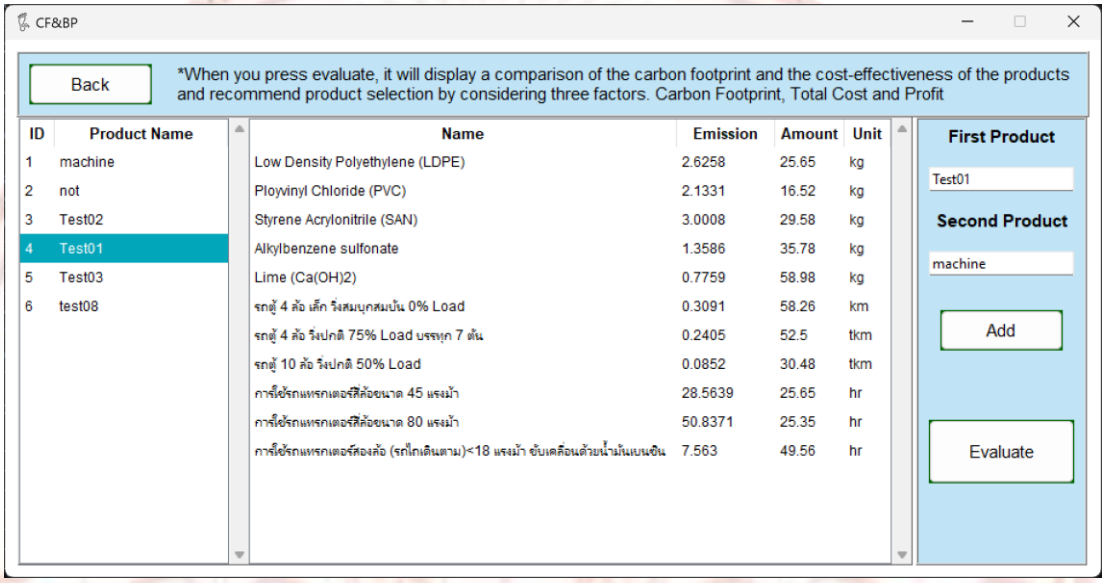
เป็นการแสดงหน้าจอแสดงผลสรุปข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.5 โดยมีการแสดงผลในรูปแบบกราฟเส้นแสดงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของรายการข้อมูล Input และ Process พร้อมทั้งแสดงผลรวมของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดที่ผลิตภัณฑ์นี้ใช้ และมีการแสดงผลข้อมูลของมูลค่าผลิตภัณฑ์ เมื่อผู้ปฏิบัติงานเลือก Export โปรแกรมจะดำเนินการบันทึกข้อมูลการประประมวลผล ดังแสดงในหัวข้อ 4.1.9 ต่อไป



ภาพที่ 4-5 หน้าจอสรุปผลข้อมูลของผลิตภัณฑ์

4.1.6 หน้าจอเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์

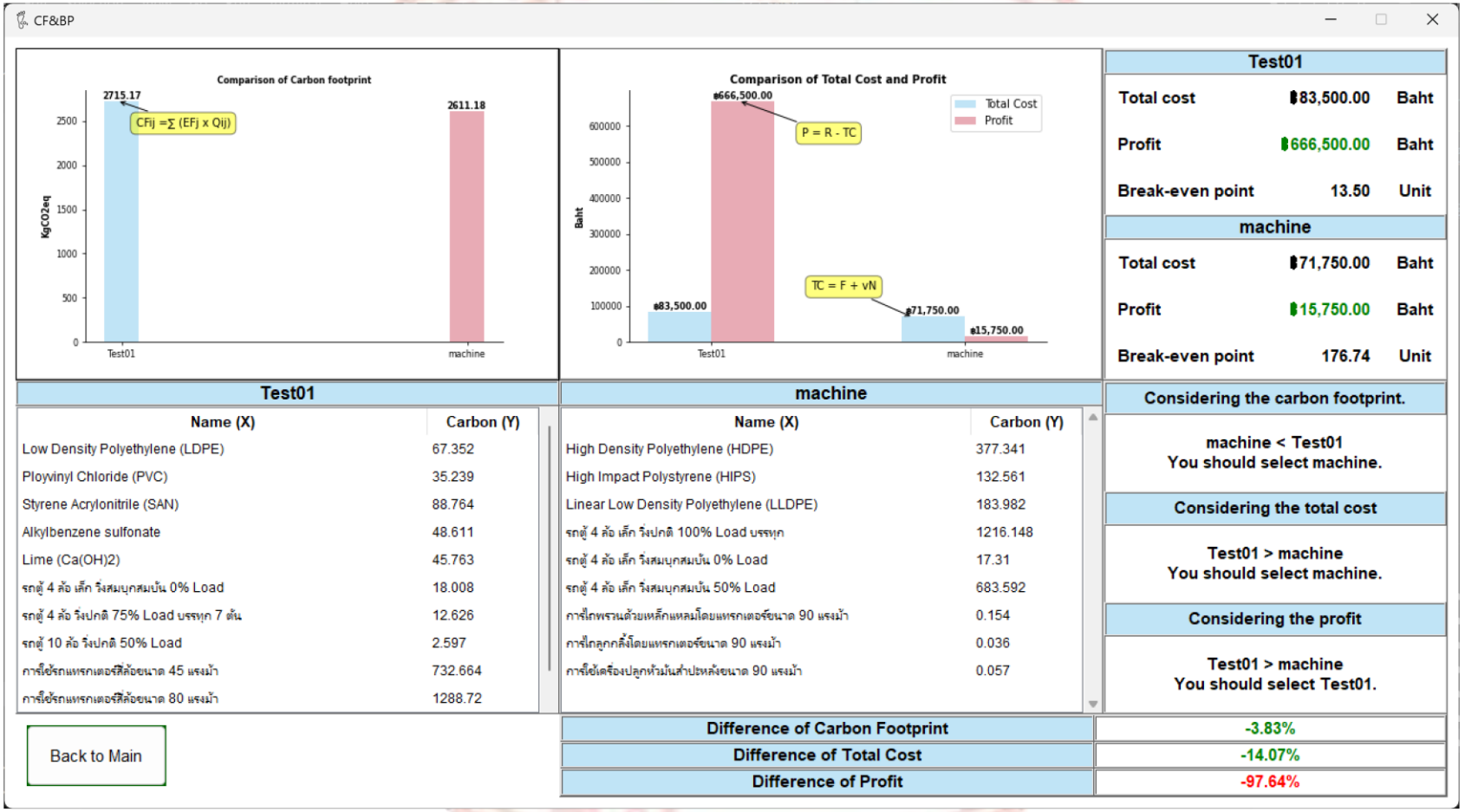
เป็นการแสดงหน้าจอการเปรียบเทียบระหว่างสองผลิตภัณฑ์ดังแสดงในภาพที่ 4-6 เมื่อคลิกลือกผลิตภัณฑ์ที่ผู้ปฏิบัติงานต้องการ และกดเพิ่ม ชื่อผลิตภัณฑ์จะแสดงที่กรอบผลิตภัณฑ์ที่หนึ่ง และสองตามลำดับการกดเพิ่ม จากนั้นเมื่อกดเลือกประมวลผลโปรแกรมก็จะนำผู้ใช้งานไปสู่หน้าสรุปผลการเปรียบเทียบของสองผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 4-7 ต่อไป



ภาพที่ 4-6 หน้าจอเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์

4.1.7 หน้าจอสรุปผลการเปรียบเทียบของสองผลิตภัณฑ์

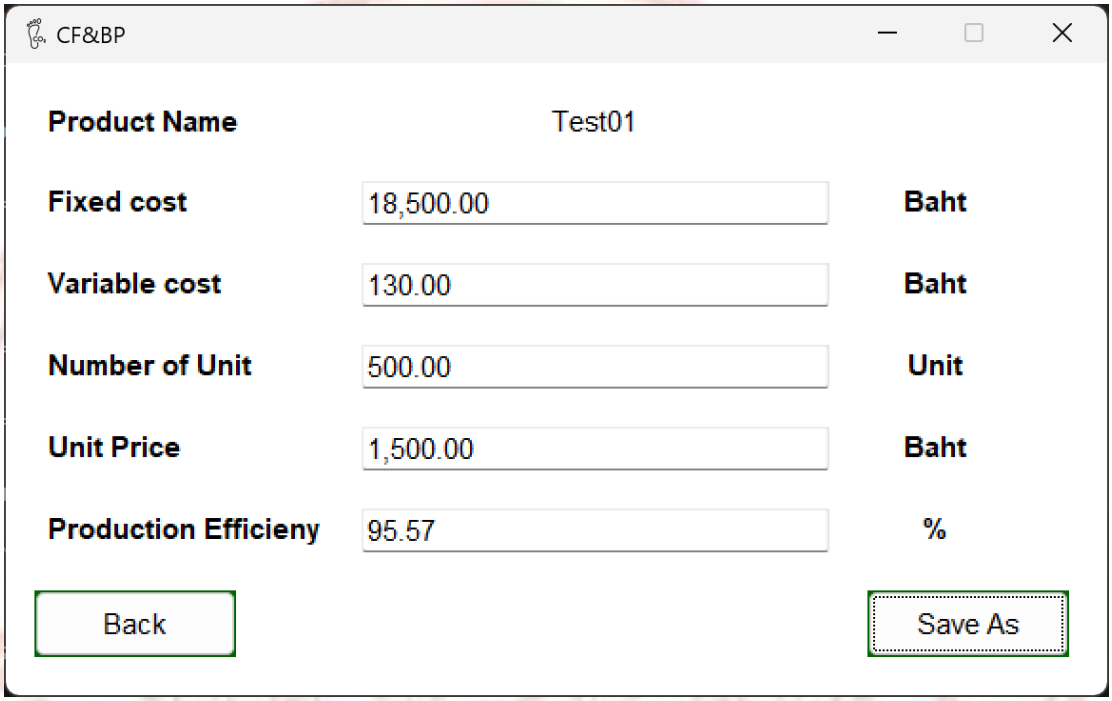
เป็นการแสดงหน้าจอแสดงผลสรุปข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้น โดยมีการแสดงผลในรูปแบบกราฟแท่งแสดงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดและกราฟแท่งแสดงต้นทุนรวม กำไร ของ Product 1 และ Product 2 พร้อมทั้งแสดงผลต่างค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด ต้นทุนรวม และกำไรของสองผลิตภัณฑ์ และโปรแกรมสามารถแนะนำการเลือกผลิตภัณฑ์ตามการพิจารณาของแต่ละหัวข้อเพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจของปฏิบัติงาน ดังแสดงในภาพที่ 4-7



ภาพที่ 4-7 หน้าจอสรุปผลการเปรียบเทียบของสองผลิตภัณฑ์

4.1.8 หน้าจอคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์

เป็นการแสดงหน้าจอของการเข้าใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 4-8 โปรแกรมส่วนที่ใช้สำหรับเพิ่มต้นทุนคงที่, ต้นทุนผันแปร ปริมาณการผลิต ราคาขายต่อหน่วย และกำลังการผลิต สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บันทึกไว้



ภาพที่ 4-8 หน้าจอคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์

4.1.9 โปรแกรมจะแสดงผลผลิตภัณฑ์ในรูปแบบ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานสามารถเลือกแสดงผลได้ 2 รูปแบบ

4.1.9.1 แสดงในรูปแบบ Microsoft Excel โดยมีการแบ่งการแสดงผลทั้งหมด 2 ชีท

4.1.9.1.1 ชีทแสดงผลรายการวัตถุดิบ การขนส่ง และกระบวนการทั้งหมดที่ใช้ของผลิตภัณฑ์ ค่า Carbon Footprint ที่ใช้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 4-9

	A	B	C	D	E
1	Carbon Footprint Report				
2	**Project Name: Test01**				
3	**Name**	**Emission Factor**	**Amount**	**Unit**	**Carbon Footprint**
4	รถตู้ 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งสมบุกสมบัน 0% Loading	0.3091	58.26	km	18.01
5	รถตู้ 4 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	0.2405	52.5	tkm	12.63
6	รถตู้ 10 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	0.0852	30.48	tkm	2.60
7	Low Density Polyethylene (LDPE)	2.6258	25.65	kg	67.35
8	Ploy vinyl Chloride (PVC)	2.1331	16.52	kg	35.24
9	Styrene Acrylonitrile (SAN)	3.0008	29.58	kg	88.76
10	Alkylbenzene sulfonate	1.3586	35.78	kg	48.61
11	Lime (Ca(OH)2)	0.782	58.98	kg	46.12
12	การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 45 แรงม้า	28.5639	25.65	hr	732.66
13	การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 80 แรงม้า	50.8371	25.35	hr	1288.72
14	การใช้รถแทรกเตอร์สองล้อ (รถไถเดินตาม)<18 แรงม้า ขับเคลื่อนด้วยน้ำมันเบนซิน	7.563	49.56	hr	374.82
15					
16	Total Carbon Footprint	2715.52	KgCO2eq		
17					
18	Total cost	฿83,500.00	Baht		
19	Revenue	฿750,000.00	Baht		
20	Profit	฿666,500.00	Baht		
21	Break-even Point	13.50	Unit		
22	Product Efficiency	90.00	%		
23					
24					
25					
26					

Carbon Footprint Report | Graphs | +

ภาพที่ 4-9 Carbon Footprint Report Sheet ในรูปแบบ Microsoft Excel

Carbon Footprint Report

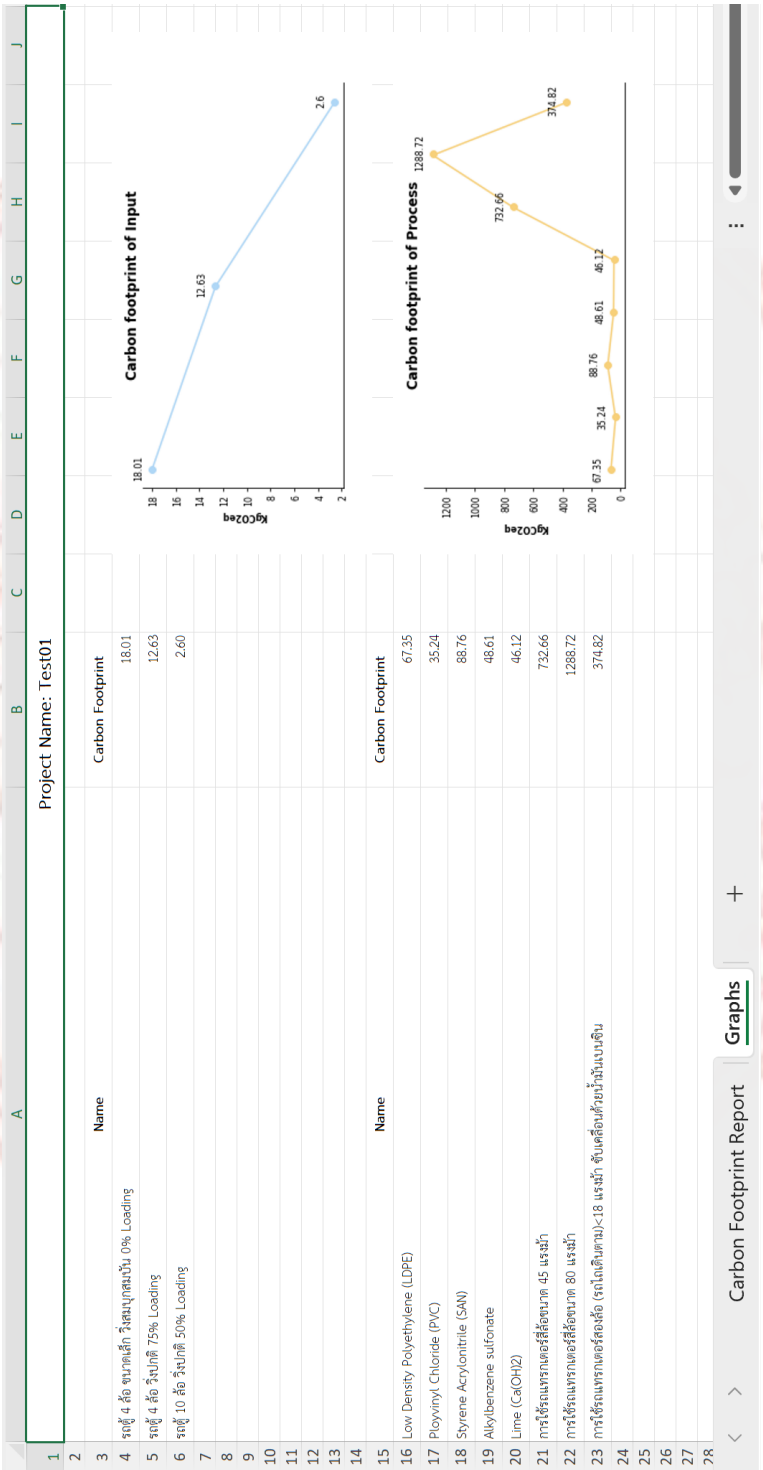
Project Name: Test01

Name	Emission Factor	Amount	Unit	Carbon Footprint
รถตู้ 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งสมบุกสมบัน 0% Loading	0.3091	58.26	km	18.01
รถตู้ 4 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	0.2405	52.5	tkm	12.63
รถตู้ 10 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	0.0852	30.48	tkm	2.60
Low Density Polyethylene (LDPE)	2.6258	25.65	kg	67.35
Ploy vinyl Chloride (PVC)	2.1331	16.52	kg	35.24
Styrene Acrylonitrile (SAN)	3.0008	29.58	kg	88.76
Alkylbenzene sulfonate	1.3586	35.78	kg	48.61
Lime (Ca(OH)2)	0.782	58.98	kg	46.12
การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 45 แรงม้า	28.5639	25.65	hr	732.66
การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 80 แรงม้า	50.8371	25.35	hr	1288.72
การใช้รถแทรกเตอร์สองล้อ (รถไถเดินตาม)<18 แรงม้า ขับเคลื่อนด้วยน้ำมันเบนซิน	7.563	49.56	hr	374.82

Total Carbon Footprint	2715.52	KgCO2eq
Total cost	฿83,500.00	Baht
Revenue	฿750,000.00	Baht
Profit	฿666,500.00	Baht
Break-even Point	13.50	Unit
Product Efficiency	90.00	%

ภาพที่ 4-9 Carbon Footprint Report Sheet ในรูปแบบ Microsoft Excel (ต่อ)

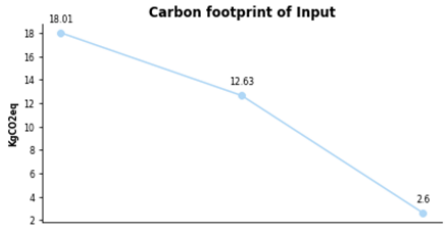
4.1.9.1.2 ชีทแสดงผลรายการข้อมูล input และ process ที่ใช้ของผลิตภัณฑ์ พร้อมแสดงกราฟ Carbon Footprint ของข้อมูล input และ process ดังแสดงในภาพที่ 4-10



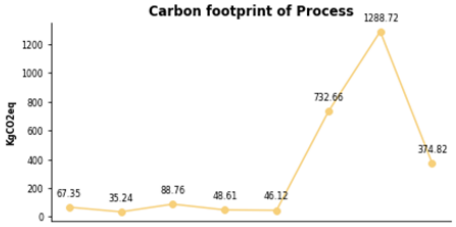
ภาพที่ 4-10 Graph Sheet ในรูปแบบ Microsoft Excel

Project Name: Test01

Name	Carbon Footprint
รถตู้ 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งสมบุกสมเบ้น 0% Loading	18.01
รถตู้ 4 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	12.63
รถตู้ 10 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	2.60

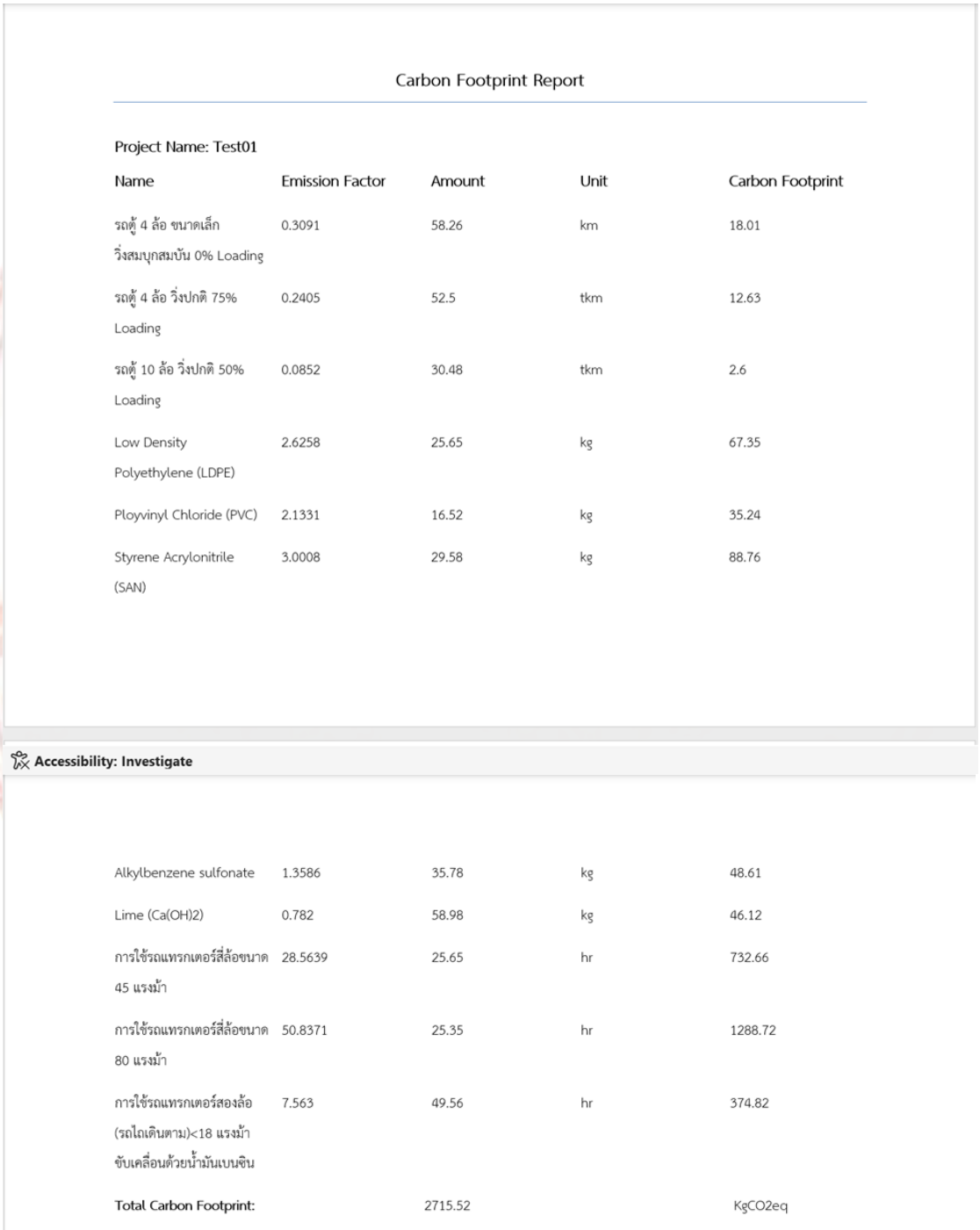


Name	Carbon Footprint
Low Density Polyethylene (LDPE)	67.35
Ploy vinyl Chloride (PVC)	35.24
Styrene Acrylonitrile (SAN)	88.76
Alkylbenzene sulfonate	48.61
Lime (Ca(OH)2)	46.12
การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 45 แรงม้า	732.66
การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 80 แรงม้า	1288.72
การใช้รถแทรกเตอร์สองล้อ (รถไถเดินตาม)<18 แรงม้า ขับเคลื่อนด้วยน้ำมันเบนซิน	374.82



ภาพที่ 4-10 Graph Sheet ในรูปแบบ Microsoft Excel (ต่อ)

4.1.9.1.3 แสดงในรูปแบบ Microsoft Word ซึ่งแสดงผลรายการวัตถุดิบ การขนส่ง และกระบวนการทั้งหมดที่ใช้ของผลิตภัณฑ์ ค่า Carbon Footprint ที่ใช้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลทางการเงินของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 4-11



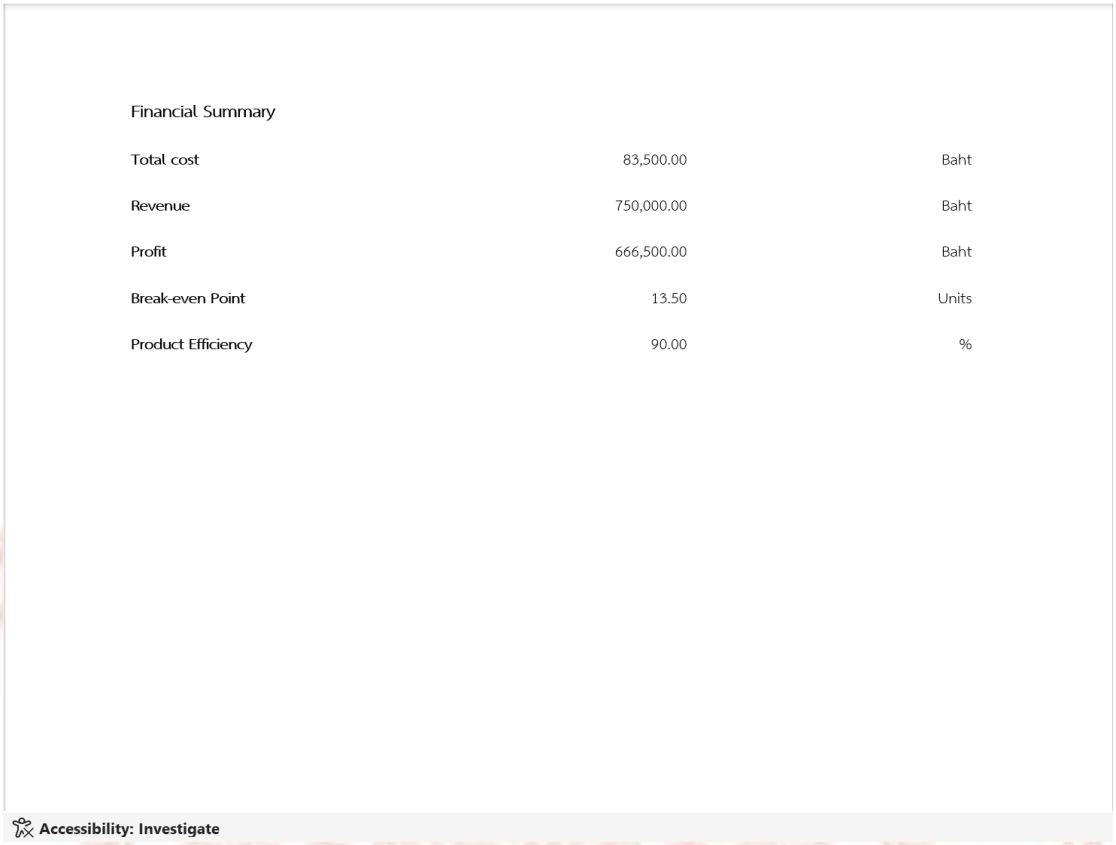
Carbon Footprint Report

Project Name: Test01

Name	Emission Factor	Amount	Unit	Carbon Footprint
รถตู้ 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งสมบุกสมบัน 0% Loading	0.3091	58.26	km	18.01
รถตู้ 4 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	0.2405	52.5	tkm	12.63
รถตู้ 10 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	0.0852	30.48	tkm	2.6
Low Density Polyethylene (LDPE)	2.6258	25.65	kg	67.35
Ploy vinyl Chloride (PVC)	2.1331	16.52	kg	35.24
Styrene Acrylonitrile (SAN)	3.0008	29.58	kg	88.76
Alkylbenzene sulfonate	1.3586	35.78	kg	48.61
Lime (Ca(OH)2)	0.782	58.98	kg	46.12
การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 45 แรงม้า	28.5639	25.65	hr	732.66
การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 80 แรงม้า	50.8371	25.35	hr	1288.72
การใช้รถแทรกเตอร์สองล้อ (รถไถเดินตาม)<18 แรงม้า ขับเคลื่อนด้วยน้ำมันเบนซิน	7.563	49.56	hr	374.82
Total Carbon Footprint:		2715.52		KgCO2eq

Accessibility: Investigate

ภาพที่ 4-11 Carbon Footprint Report Sheet ในรูปแบบ Microsoft Word



Financial Summary		
Total cost	83,500.00	Baht
Revenue	750,000.00	Baht
Profit	666,500.00	Baht
Break-even Point	13.50	Units
Product Efficiency	90.00	%

Accessibility: Investigate

ภาพที่ 4-11 Carbon Footprint Report Sheet ในรูปแบบ Microsoft Word (ต่อ)

4.2 การทดสอบความไว (Sensitivity) ของโปรแกรม

การทอสอบเมื่อผู้ใช้งานทำการเปลี่ยนแปลงหรือลบค่าของข้อมูลผลิตภัณฑ์เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ที่เปลี่ยนแปลงของค่า Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์

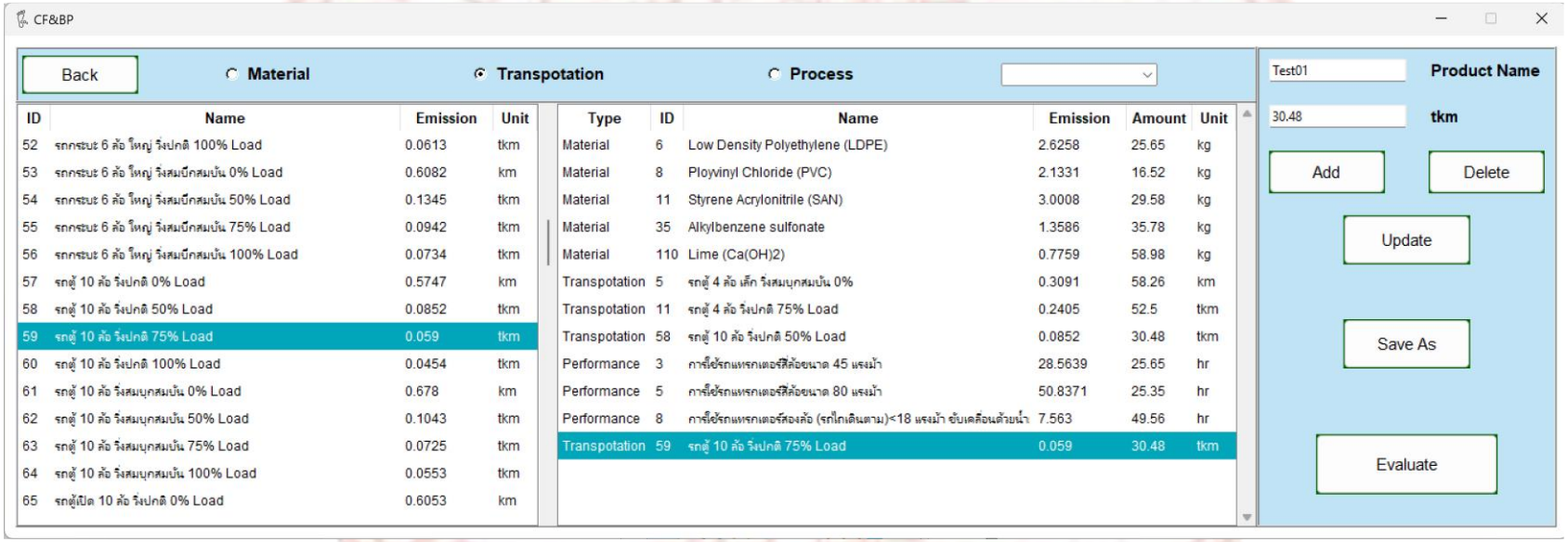
4.2.1 เพิ่มใหม่ของผลิตภัณฑ์โดยการกดที่รายการที่ต้องการเพิ่ม จากนั้นกรอกปริมาณหรือระยะทางที่ต้องการที่ Amount แล้วกดที่ Add เพื่อเพิ่มรายการที่ต้องการ ดังภาพที่ 4-12

4.2.2 ลบรายการที่ไม่ต้องการออกจากผลิตภัณฑ์โดยกดที่รายการที่ไม่ต้องการ แล้วกด Delete เพื่อลบรายการที่ไม่ต้องการออก ดังภาพที่ 4-13

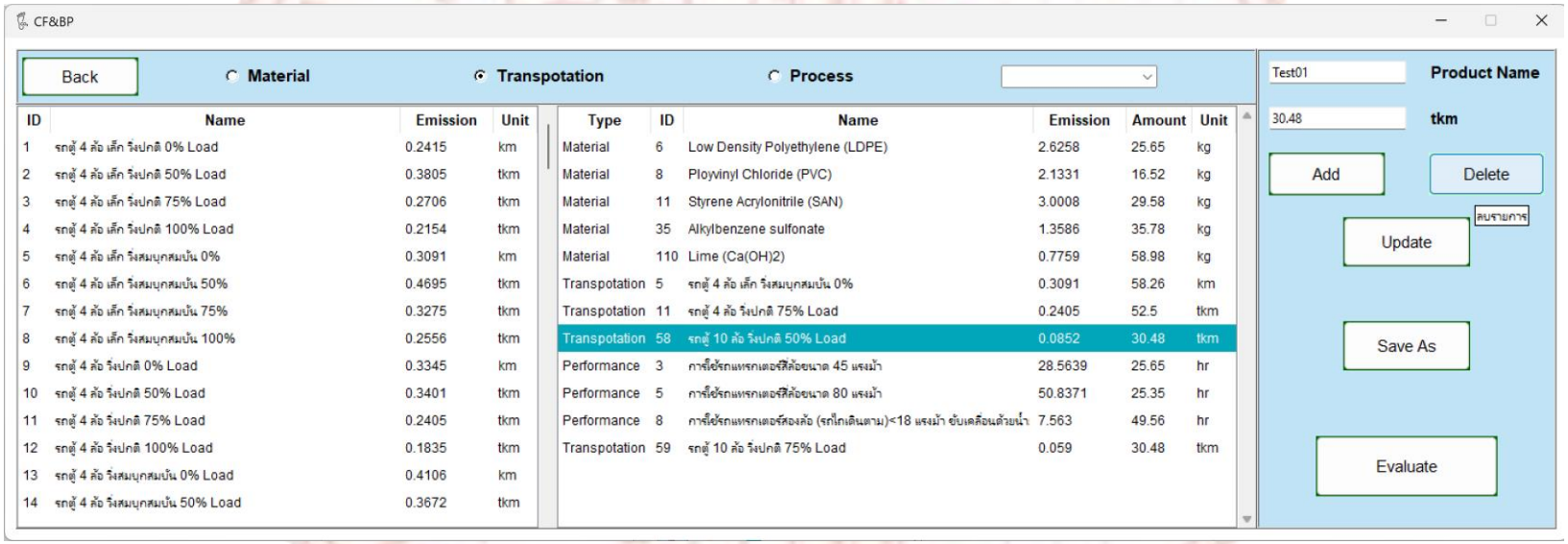
4.2.3 กด Save as เพื่อบันทึกผลิตภัณฑ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงรายการใหม่ ดังภาพที่ 4-14

4.2.4 เปลี่ยนแปลงต้นทุนรวม ต้นทุนแปรผัน จำนวนของผลิตภัณฑ์ ราคาขายต่อหน่วย และประสิทธิภาพการผลิต แล้วกด Save as เพื่อบันทึกข้อมูลจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ใหม่ดังภาพที่ 4-15

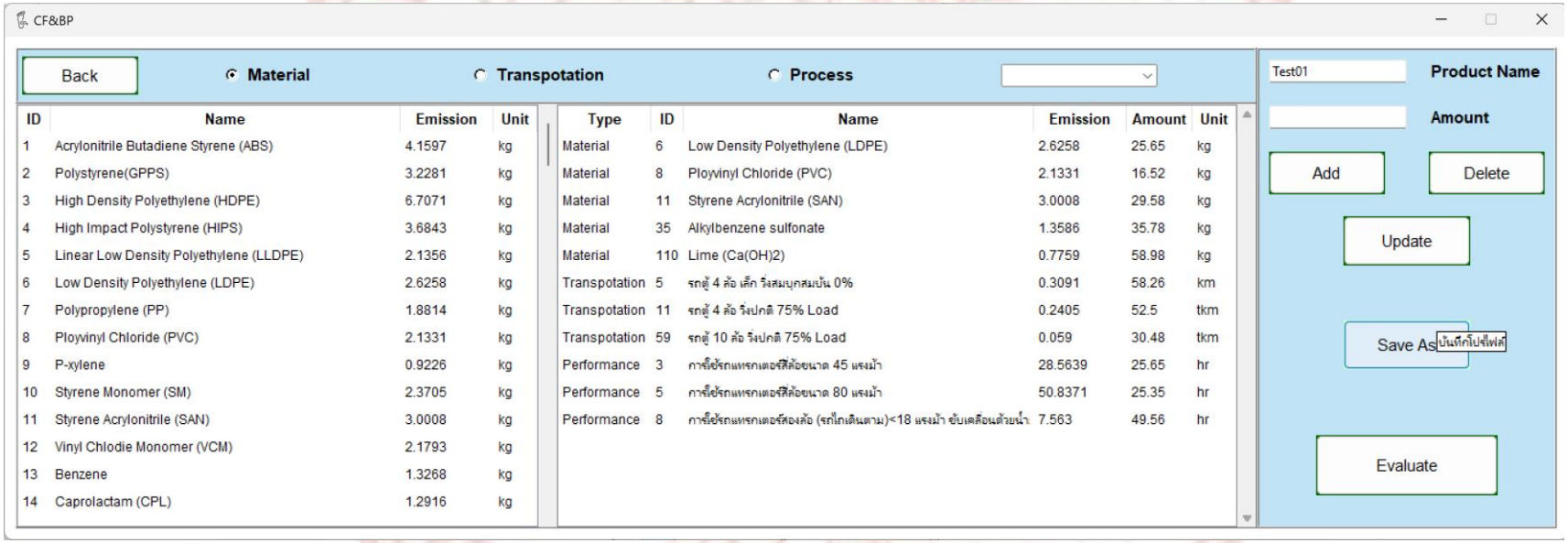
4.2.5 ทำการ Evaluate ผลิตภัณฑ์อีกครั้งเพื่อตรวจสอบค่า Carbon Footprint และจุดคุ้มทุนที่เปลี่ยนแปลง ดังภาพที่ 4-16



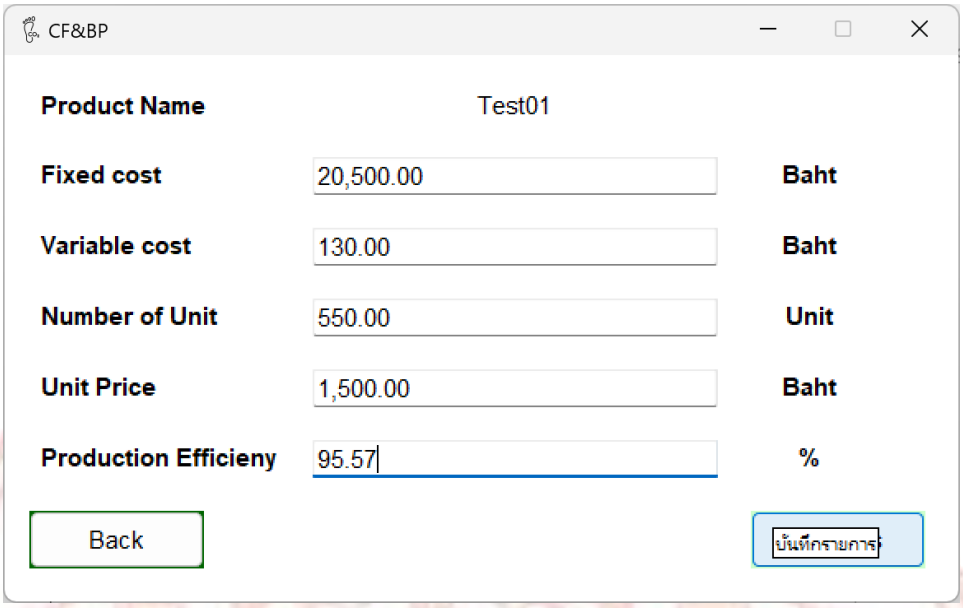
ภาพที่ 4-12 เพิ่มรถตู้ 10 ล้อ วิ่งปกติ 75% Load



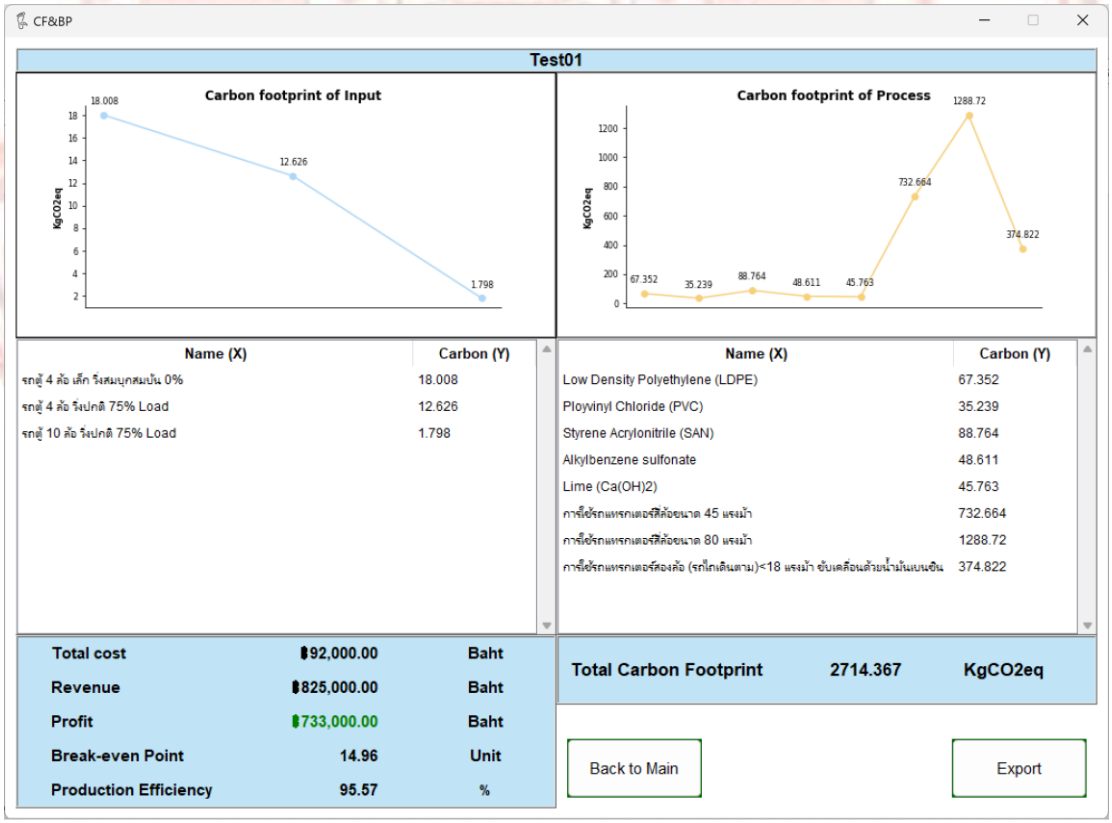
ภาพที่ 4-13 ลบรถตู้ 10 ล้อ วิ่งปกติ 50% Load



ภาพที่ 4-14 บันทึก Test01 ใหม่



ภาพที่ 4-15 เปลี่ยนราคาต้นทุนรวม และราคาต่อหน่วย



ภาพที่ 4-16 Carbon Footprint และข้อมูลจุดคุ้มทุนที่เปลี่ยนแปลง

4.3 ตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ของโปรแกรม

คำนวณค่า Carbon Footprint ใหม่

การคำนวณด้วยมือจากบทที่ 2 สมการที่ (2-7) โดยข้อมูลอ้างอิงจากภาพที่ 4-14

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = Activity Data (AD) X Emission Factor (EF)

= (2.6258 $KgCO_2eq$ / kg x 25.65 kg) + (2.1331 $KgCO_2eq$ / kg x 16.52 kg) + (3.0008 $KgCO_2eq$ / kg x 29.58 kg) + (1.3586 $KgCO_2eq$ / kg x 35.78 kg) + (0.7759 $KgCO_2eq$ / kg x 58.98 kg) + (28.5639 $KgCO_2eq$ / hr x 25.65 hr) + (50.8371 $KgCO_2eq$ / hr x 25.35 hr) + (7.5630 $KgCO_2eq$ / hr x 49.56 hr) + (0.3091 $KgCO_2eq$ / km x 58.26 km) + (0.2405 $KgCO_2eq$ / tkm x 52.5 tkm) + (0.059 $KgCO_2eq$ / tkm x 30.48 tkm)

= 2,714.367 KgCO2eq

จากภาพที่ 4-16 การคำนวณจากโปรแกรม

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม = 2,714.367 $KgCO_2eq$

คำนวณหา % Error

Error = |ค่าที่ได้จากโปรแกรม – ค่าที่ได้จาการคำนวณมือ|

= |2,714.367 - 2,714.367|

= 0

% Error = (0 ÷ 2714.367) × 100

≈ 0%

คำนวณหาจุดคุ้มทุนใหม่

จากบทที่ 2 สมการที่ 2.8, 2.9, 2.10 และ 2.12

ต้นทุนรวม (Total cost) = F + vN

TC = 20,500 Baht + (130 Baht x 550 Unit)

= 92,000 Baht

รายได้ (Revenue) = pN

R = 1,500 Baht x 550 Unit

= 825,000 Baht

กำไร (Profit) = R - TC

P = 825,000 Baht - 92,000 Baht

= 733,000 บาท

จุดคุ้มทุน (Break-even point) = F ÷ (p - v)

N* = 20,500 Baht ÷ (1,500 Baht - 130 Baht)

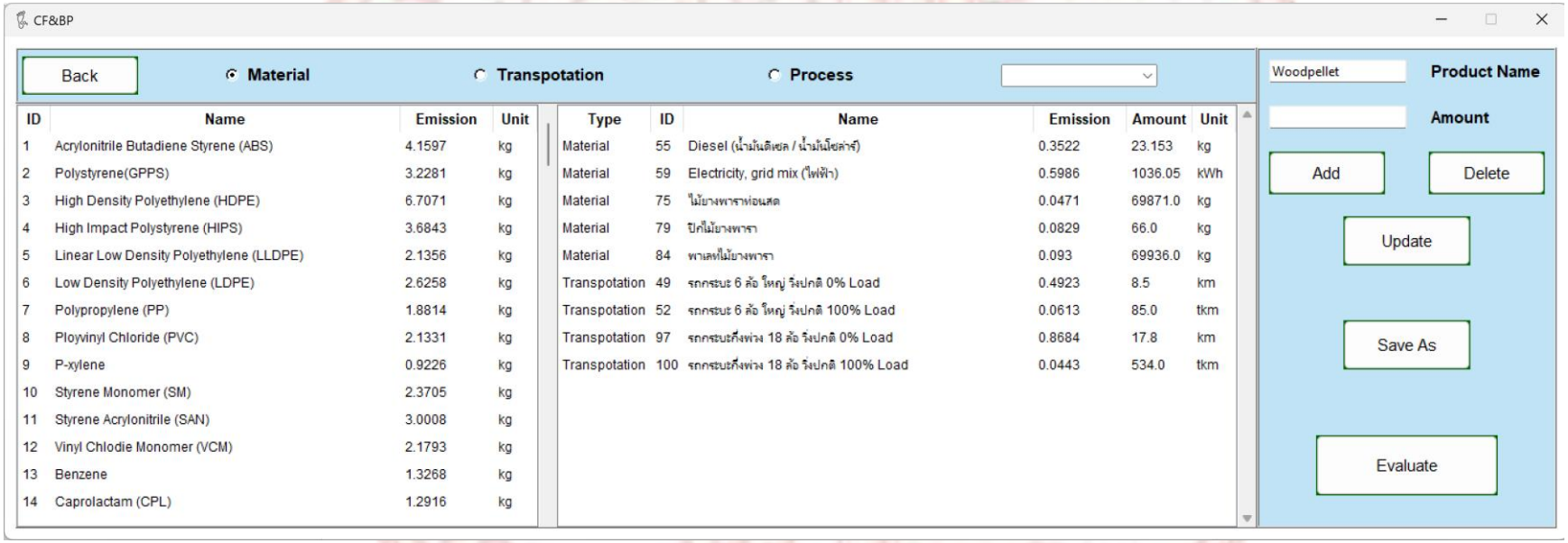
= 14.963 Unit

4.4 การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยโปรแกรมจากกรณีศึกษาโรงงานผลิต Wood Pellet

จากการพัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์

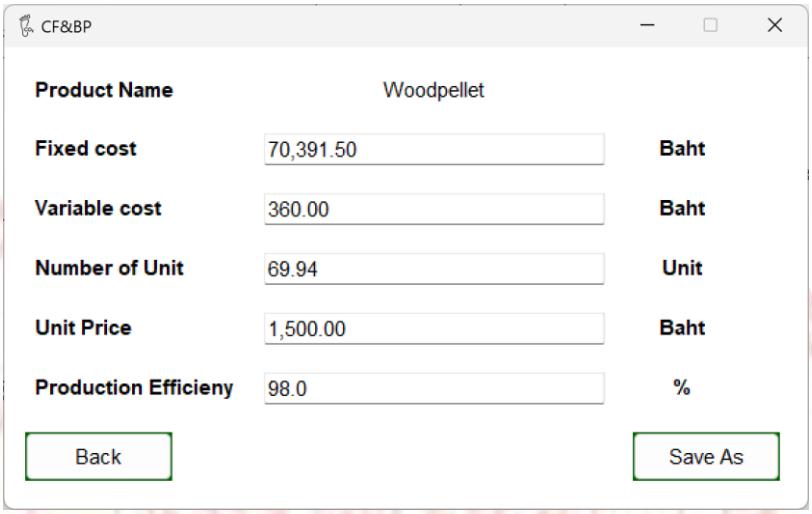
การทอสอบสร้างผลิตภัณฑ์ในโปรแกรมเพื่อคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ Wood Pellet

4.4.1 ทำการสร้างผลิตภัณฑ์โดยตั้งชื่อ Woodpellet เพื่อเพิ่มข้อมูลรายการทั้งหมดที่ใช้ในการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต พร้อมทั้งกรอกข้อมูลปริมาณวัตถุดิบ พลังงาน และการขนส่งที่ใช้ทั้งหมด ซึ่งถ้ามีข้อมูลเหมือนกัน เช่น การขนส่งรถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง เหมือนกันให้รวมผลลัพธ์ก่อนกรอกข้อมูล โดยกรอกข้อมูลจากตารางที่ 1-4 การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพที่ 4-17



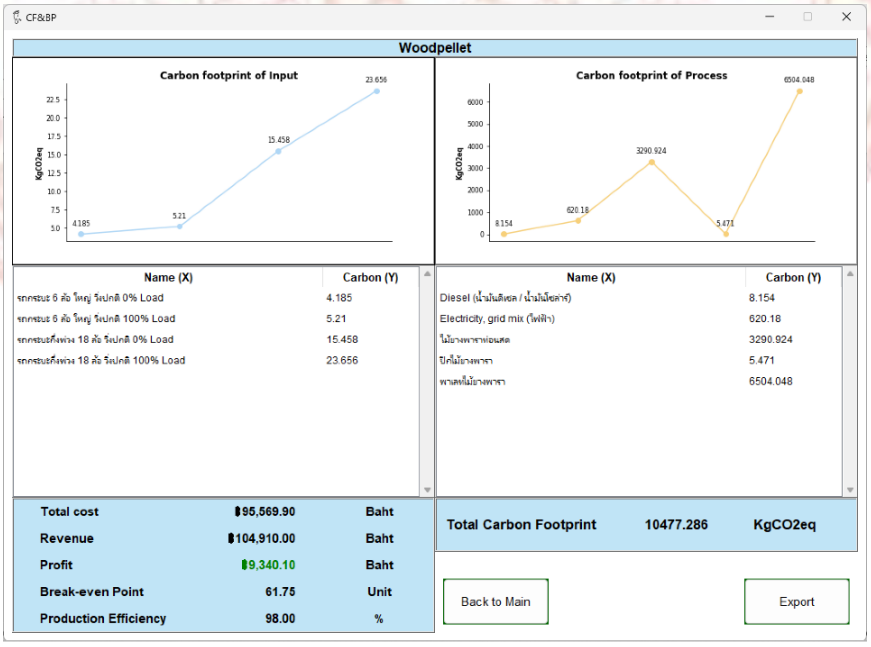
ภาพที่ 4-17 ข้อมูลทั้งหมดของการผลิต Wood Pellet

4.4.2 ทำการเพิ่มข้อมูลต้นทุนการผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ที่หน้าจอ Break-even point ของผลิตภัณฑ์ และบันทึกข้อมูล ดังแสดงภาพที่ 4-18



ภาพที่ 4-18 ข้อมูลจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ Wood Pellet

4.4.3 ทำการคลิกเลือก evaluate จากภาพที่ 4-17 เพื่อแสดงผลลัพธ์การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์และจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ Wood Pellet ดังแสดงภาพที่ 4-19



ภาพที่ 4-19 ข้อมูลผลลัพธ์ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ Wood Pellet

4.4.4 การเปรียบเทียบเวลาของการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยมือและโปรแกรม

จากการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จากกรณีศึกษาโรงงานผลิต Wood Pellet โดยจากการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยมือ และการคำนวณโดยใช้โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนเพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการคำนวณที่รวดเร็วขึ้นจากการคำนวณด้วยมือ ข้อมูลผลิตภัณฑ์ ปริมาณที่ใช้ และระยะทางขนส่งใช้ข้อมูลเดิมจากตารางที่ 1-4 คำนวณโดยการจับเวลาคน 5 คน ทดลองซ้ำคนละ 2 ครั้ง เนื่องจากความผันแปรของข้อมูลน้อย และเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล และใช้คนเดียวในการคำนวณ ดังแสดงตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบระยะเวลาการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การทดลอง	**คำนวณด้วยมือ**		**คำนวณด้วยโปรแกรม**	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
คนที่ 1	5 นาที 15 วินาที	4 นาที 59 วินาที	2 นาที 56 วินาที	2 นาที 55 วินาที
คนที่ 2	5 นาที	4 นาที 57 วินาที	3 นาที 1 วินาที	2 นาที 58 วินาที
คนที่ 3	5 นาที 19 วินาที	4 นาที 53 วินาที	3 นาที 20 วินาที	3 นาที 19 วินาที
คนที่ 4	4 นาที 53 วินาที	5 นาที 7 วินาที	3 นาที 18 วินาที	3 นาที 15 วินาที
คนที่ 5	5 นาที 16 วินาที	5 นาที 39 วินาที	2 นาที 55 วินาที	2 นาที 53 วินาที
ค่าฉลี่ย	5 นาที 9 วินาที	5 นาที 7 วินาที	3 นาที 6 วินาที	3 นาที 4 วินาที
ค่าเฉลี่ยรวม	5 นาที 8 วินาที		3 นาที 5 วินาที	
ผลต่าง %	39.94 %			

จากตารางการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการใช้โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน สามารถลดระยะเวลาการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยมือได้ 39.94 % หรือประมาณ 40%

4.5 สรุปผลการดำเนินการ

จากการพัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้ มีความสำเร็จอย่างน่าพอใจ โปรแกรมสามารถใช้งานได้ง่ายและมีระบบรักษาความปลอดภัยผ่านการเข้าสู่ระบบด้วยรหัสผ่าน นอกจากนี้ยังสามารถสร้างและ แก้ไขผลิตภัณฑ์ได้ พร้อมทั้งประมวลผลและแสดงผลค่า Carbon Footprint และข้อมูลทางการเงินในรูปแบบกราฟและรายงานที่ชัดเจน โดยสามารถช่วยลดระยะเวลาการคำนวณลงได้ประมาณ 40% เมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยมือ โปรแกรมยังสามารถเปรียบเทียบค่า Carbon Footprint และต้นทุนระหว่างผลิตภัณฑ์ได้ มีฟังก์ชันการคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งสามารถส่งออกรายงานในรูปแบบ Microsoft Excel และ Microsoft Word ได้ ทำให้โปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และประเมินค่า Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคำนวณปริมาณ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน โดยใช้ทฤษฎีการประเมินวัฏจักรชีวิต และทฤษฎีการจัดการฐานข้อมูล โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นถูกเขียนด้วยภาษา Python โดยใช้ Visual Studio Code เป็นเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม ผลการวิจัยนี้จึงเน้นการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระหว่างการคำนวณด้วยมือและการใช้โปรแกรม พร้อมทั้งวิเคราะห์ประสิทธิภาพและความแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และปริมาณการผลิตเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถประมวลผลและแสดงผลในรูปแบบกราฟและรายงานที่เข้าใจง่าย นอกจากนี้ยังสามารถลดระยะเวลาจากการคำนวณลงได้ประมาณ 40% เมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยมือ

5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

5.2.1 โปรแกรมสามารถคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และปริมาณการผลิต ณ จุดคุ้มทุนได้

5.2.2 โปรแกรมช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจลงทุนโดยมีข้อมูลครบถ้วน พิจารณาจากต้นทุนและผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการผลิต

5.2.3 โปรแกรมช่วยลดระยะเวลาจากการคำนวลงได้ประมาณ 40% เมื่อเทียบกับการคำนวณด้วยมือ

5.3 ข้อดีของงานวิจัย

5.3.1 การใช้โปรแกรมช่วยลดระยะเวลาในการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์

5.3.2 โปรแกรมมีความสามารถในการแสดงผลในรูปแบบกราฟและรายงานที่เข้าใจง่าย

5.4 ข้อด้อยของงานวิจัย

5.4.1 โปรแกรมยังไม่รองรับการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในหลายอุตสาหกรรม

5.4.2 ผู้ใช้งานต้องมีความรู้ด้านคาร์บอนฟุตพริ้น เพื่อการใช้งานโปรแกรมที่ถูกต้อง

5.4.3 การใช้งานโปรแกรมอาจมีความซับซ้อนสำหรับผู้ที่ไม่มีความรู้พื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์

5.5 ข้อเสนอแนะการวิจัย

5.5.1 ควรพัฒนาโปรแกรมให้รองรับการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในอุตสาหกรรมที่หลากหลายยิ่งขึ้น

5.5.2 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการนำความคิดเห็นจากผู้ใช้งานจริงมาปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรม

5.5.3 ควรเพิ่มฟังก์ชันการถ่วงดุลค่าคาร์บอนฟุตพริ้นกับจุดคุ้มทุนเพื่อโปรแกรมสามารถให้น้ำหนักความสำคัญระหว่างค่าคาร์บอนฟุตพริ้นและจุดคุ้มทุนได้

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

การออกแบบฐานข้อมูลด้วยแผนภาพ E-R (Entity-Relationship Diagrams). (2564). [ออนไลน์]. [สืบค้นวันที่ 22 สิงหาคม 2566]. จาก http://www.ict.up.ac.th/worrakits/Database.file /charpter2.pdf

กิตติภูมิ วรฉัตร. (2545) MySQL ถาม-ตอบครอบจักรวาล. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทวิตตี้ กรุ๊ป จำกัด.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2553). LCI/LCA แนวปฏิบัติในการจัดข้อมูลวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง. กรุงเทพมหานคร : (ม.ป.ท.).

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2553). LCI-LCA แนวปฏิบัติในการจัดข้อมูลวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้ง. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ออบิทกราฟฟิค จำกัด.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2553). แนวปฏิบัติในการจัดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ออบิทกราฟฟิค จำกัด.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). คู่มือการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย 4 อุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ไบร์ทเมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด.

จักรพันธ์ ตรีสารศรี. (2555). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธนาพร ล้อศิรินันท์. (2556). การลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแปรรูปเต้าหู้ปลา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิตยา ศิริวัน และชลิตา สุวรรณ. (2559) คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เสื้อจากผ้าบาติก. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. ปีที่ 12 ฉบับที่ 3 : 83-95.

รัตนาวรรณ มั่งคั่ง. (2558). คาร์บอนฟุตพริ้นท์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัท อัฟโฟรเอป จำกัด.

ลักษมี จงถิรวงศ์ และชยุต พฤกษ์ธเนศ. (2559). [ออนไลน์]. การวิเคราะห์และออกแบบการเทียบโอนรายวิชา กรณีศึกษา: หลักสูตรบริหารบัณฑิต สาขาวิชาวิชา คอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสยาม. สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ _มหาวิยาลัยสยาม.[สืบค้นวันที่ 21 สิงหาคม 2566]. จาก https://eresearch.siam.edu/image/IT_PROJECT/narongrit/5

อ้างถึง นภัทร รัตนนาคินทร์. (2558). [วารสารออนไลน์]. การวิเคราะห์ระบบ. [สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กันยายน 25]. จาก http://www.macare.net/analysis/index.Php?id=-3

วรัญญา กุลกิติรังษี. (2556). การลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกระบวนการผลิตเนื้อปลาแปรรูปแช่แข็ง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศิริวิมล วงชัยวะ. (2556). [ออนไลน์]. ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจำ. [สืบค้นวันที่ 21 สิงหาคม 2566]. จาก https://www.inlove1998.wordpress.com/

สมศักดิ์ โชคชัยชุติกุล. (2551). Insight PHP ฉบับสมบูรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : บริษัท โปรวิชั่น จำกัด

สุชาดา กีระนันท์. (2542). เทคโนโลยีสารสนเทศสถิติ : ข้อมูลในระบบสารสนเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรถกร เก่งพล. (2560). ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information System). พิมพ์ครั้งที่ 6. จำนวน 200 เล่ม. กรุงเทพมหานคร : บริษัท เจเนซิส มีเดียคอม จำกัด.

อรรถกร เก่งพล. (2560). ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information System). พิมพ์ครั้งที่ 6. จำนวน 200 เล่ม. กรุงเทพมหานคร : บริษัท เจเนซิส มีเดียคอม จำกัด.
อ้างถึง ชุมพล ศฤงคารศิริ. (2543). ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information System). พิมพ์ครั้งที่ 5 . กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คลังวิชา.

อรณิชา จิรประเสริฐวงศ์. (2562). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ลูกอม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2561). [ออนไลน์]. แนวทางการประเมินการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในระดับต่างๆ. [สืบค้นวันที่ 21 สิงหาคม 2566]. จาก https://www.carbonmarketsclub.com/filesdirectserver/itp1/z_itp_12102021gltp/TGOการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับต่าง ๆ z-z779752270264.pdf

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2565). [ออนไลน์]. ค่า Emission Factor แบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม. [สืบค้นวันที่ 21 สิงหาคม 2566]. จาก https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/tools/files.php?mod=Y0hKdlplVmpkSE5mWlcxcGMzTnBiMjQ9&type=WDBaSlRFVlQ&files=Tnc9PQ

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2545). การออกแบบและจัดการฐานข้อมูล (Database Design and Management. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ภาษาอังกฤษ

Birkved, et al. (2009). [online]. Corporate Carbon footprint Aria Foods amba. [cited 2012, Dec. 1]. Available from : http:// ebookbrowse.com/casestudy-coq3orate-carbon-footprint-01-pdf-d 15198 5485

DeMarco, T. and Yourdon, P. (1979). Structures Analysis and System Specification. Manila : Avenue of the Americas New York.

IPCC, 2007. Climate change 2007: the physical science basis. In Solomon S., et al. (2007). Contribution ofworking group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climatechange, Chapter 2, Table 2.14. Cambridge, UK : Cambridge University Press.

ISO 14040, 2006. Environmental management - Life cycleassessment - Principles and framework. Switzerland.

Laudon, K.C. and Laudon, J.P. (2006). Management Information System: Managing the Digital Film. London Manila : Prentic -Hall International Inc.

The Python Tutorial. (2001). [online]. from : https://docs.python.org/3/tutorial/index.html

Sekhavatjou, M. S., et al. (2011). Opportunities of GHGs emission minimization through processes improvement in Iranian oil industries. Energy Procedia. Volume 4 : 2104-2112.

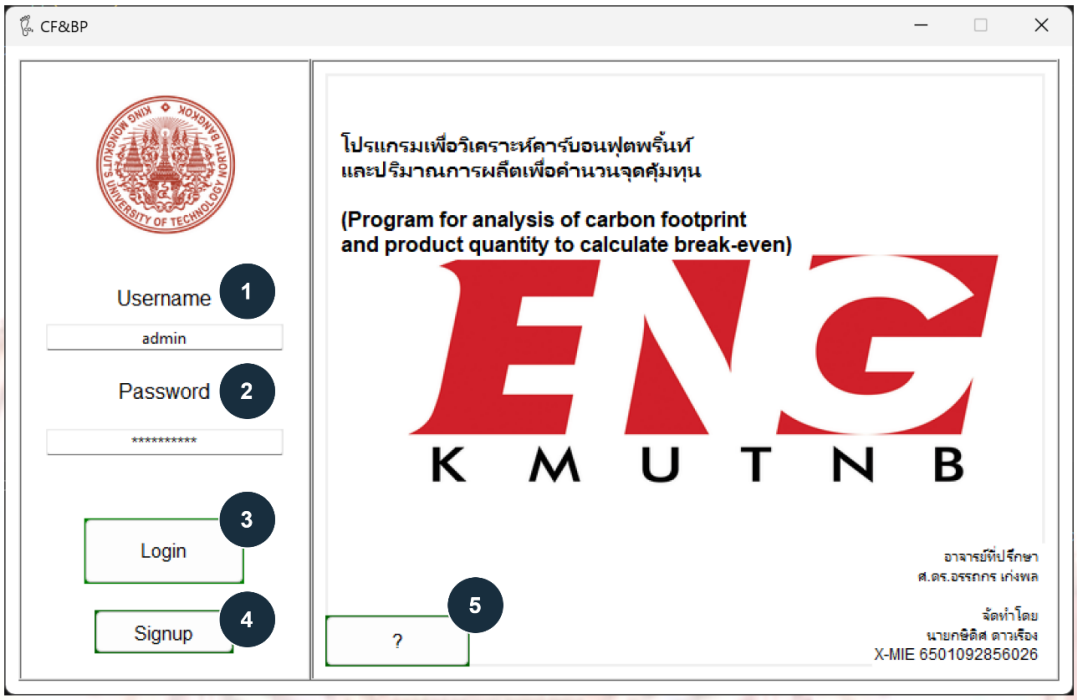
Components of DBMS. (2024). [online]. from :

Turban E., McLean E. and Wetherbe J. (2006). Information Technology for Management. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc

ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้งานโปรแกรม

คู่มือการใช้งานโปรแกรมเบื้องต้น

1. หน้าจอเข้าสู่ระบบของโปรแกรม



ภาพที่ ก-1 หน้าจอเข้าสู่ระบบของโปรแกรม

เมื่อผู้ใช้เปิดโปรแกรมขึ้นมาจะแสดงเมนูย่อยมีดังนี้

1.1 เมนูกรอก E-mail/username สำหรับให้ผู้ใช้งานกรอก E-mail หรือ Username ที่ผู้ใช้งานได้ลงทะเบียนไว้

1.2 เมนูกรอก password สำหรับให้ผู้ใช้งานกรอก Password ที่ผู้ใช้งานได้ลงทะเบียนไว้

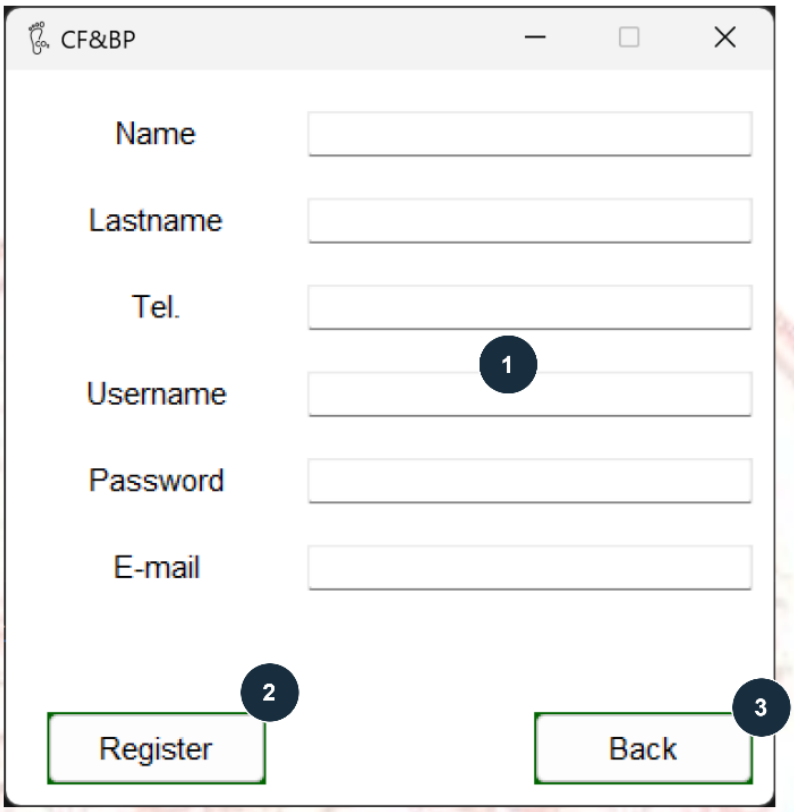
1.3 เมนูเลือก Login สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าจอหลักของโปรแกรม

1.4 เมนูเลือก Signup สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนูลงทะเบียนของโปรแกรม

1.5 เมนูเลือก ? (Help) สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเปิดไฟล์คู่มือการใช้งานโปรแกรมเบื้องต้น

*ผู้ใช้งานต้องกรอก Username และ Password ให้ถูกต้องเพื่อเข้าใช้งานโปรแกรม

2. หน้าจอลงทะเบียนโปรแกรม



ภาพที่ ก-2 หน้าจอลงทะเบียนโปรแกรม

เมนูย่อยของหน้าจอลงทะเบียนโปรแกรมมีดังนี้

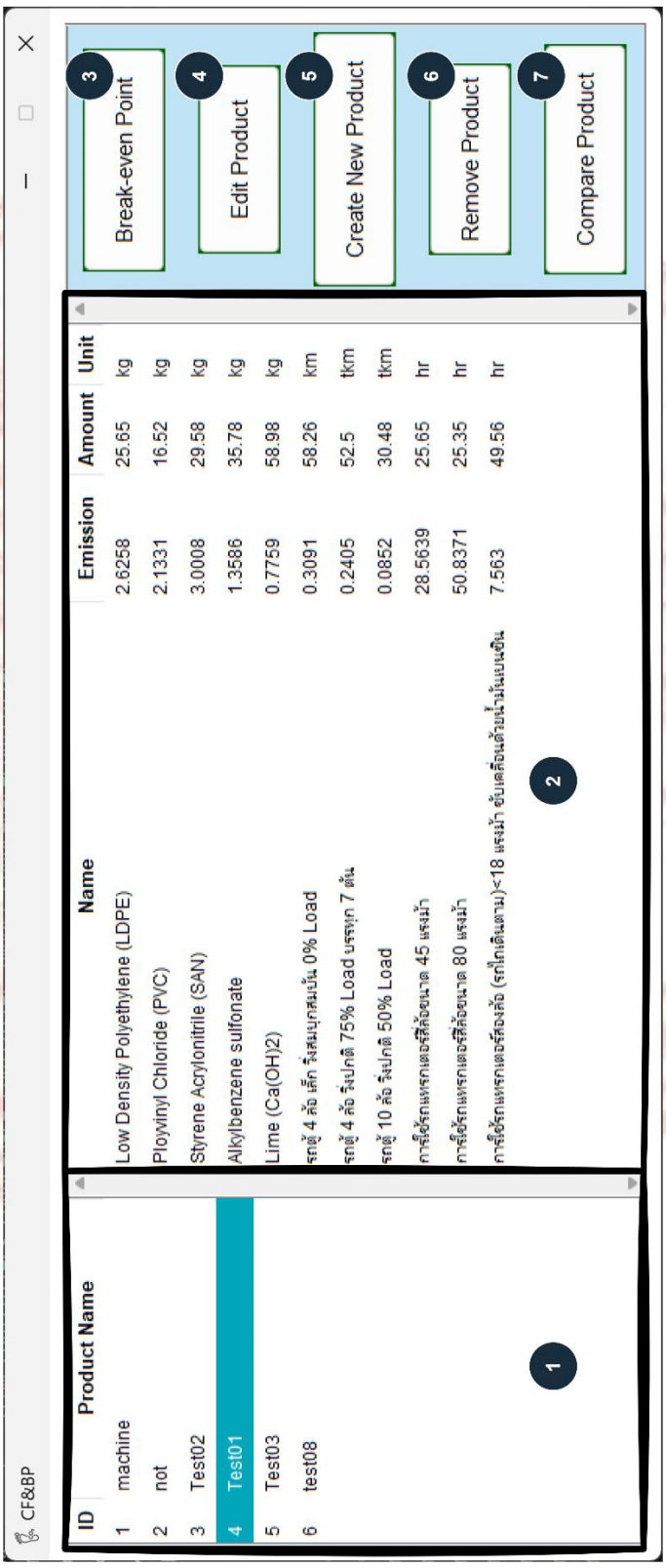
2.1 เมนูกรอก Name, Lastname, Tel., Username, Password, E-mail สำหรับให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลการลงทะเบียน เพื่อช่วยระบุตัวตนผู้ใช้ ป้องกันการเข้าถึงที่ไม่ได้รับอนุญาต และอำนวยความสะดวกในการติดต่อหรือยืนยันตัวตนของผู้ใช้ในระบบ

2.2 เมนูเลือก Register สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อยอมรับการลงทะเบียน

2.3 เมนูเลือก Back สำหรับให้ผู้ปใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้า Login ของโปรแกรม

*ผู้ใช้งานต้องกรอกข้อมูลให้ครบเพื่อการลงทะเบียนที่สมบูรณ์

3. หน้าจอหลักโปรแกรม



ภาพที่ ก-3 หน้าจอหลักโปรแกรม

เมนูย่อยของหน้าจอหลักโปรแกรมมีดังนี้

3.1 เมนูเลือกผลิตภัณฑ์สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อดูรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้น

3.2 เมนูแสดงรายการที่ผลิตภัณฑ์นี้มีทั้งหมดประกอบด้วย ชื่อ, ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ, ปริมาณสารหรือระยะทางการขนส่งที่ใช้ และหน่วยของปริมาณสาร หรือระยะทางการขนส่งที่ใช้ (kg, kWh, m^3, hr, km, tkm)

3.3 เมนูเลือก Break-even Point สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนู Break-even Point

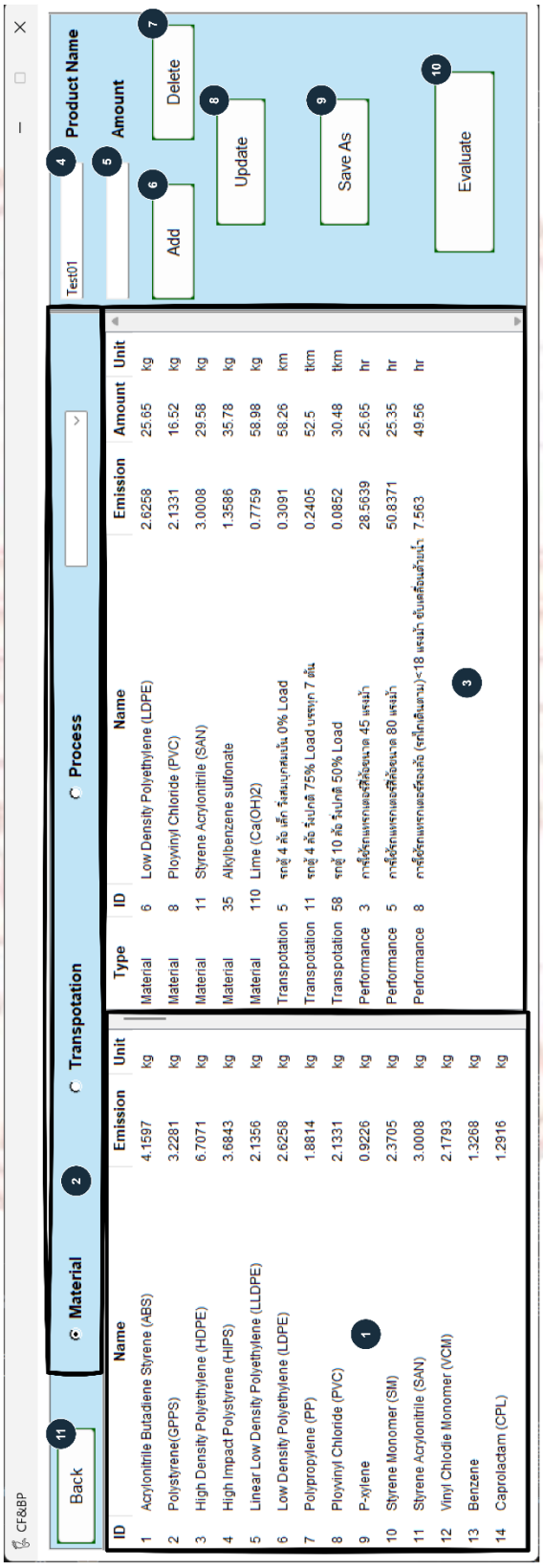
3.4 เมนูเลือก Edit Product สำหรับให้ผู้ใช้งานต้องเลือกผลิตภัณฑ์ที่ต้องการแก้ไขก่อนเพื่อเลือก Edit Product เข้าสู่หน้าจอสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ของโปรแกรม และข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้งานเลือกจะไปแสดงที่หน้าจอ เพื่อแก้ไขข้อมูลหรือ สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่โดยอ้างอิงข้อมูลจากผลิตภัณฑ์ที่เลือก

3.5 เมนูเลือก Create New Product สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าจอสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ของโปรแกรม

3.6 เมนูเลือก Remove Product สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อลบผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้งานไม่ต้องการ

3.7 เมนูเลือก Compare สำหรับให้ผู้ปฏิบัติงานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนู Compare

4. หน้าจอสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ของโปรแกรม



ภาพที่ ก-4 หน้าจอสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ของโปรแกรม

เมนูย่อยของหน้าจอสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ของโปรแกรมมีดังนี้

4.1 เมนูเลือกหัวข้อ Filter สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเลือกประเภท หมวดหมู่ พร้อมแสดงรายชื่อ และรายละเอียดตามประเภท และหมวดหมู่ที่เลือก

4.2 เมนูเลือกรายการวัตุดิบ การขนส่ง และกระบวนการ ที่ต้องการกับผลิตภัณฑ์ของผู้ใช้งาน

4.3 เมนูแสดงรายการที่ผลิตภัณฑ์นี้มีทั้งหมดประกอบด้วย ชื่อ, ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ, ปริมาณสารหรือระยะทางการขนส่งที่ใช้ และหน่วยของปริมาณสาร หรือระยะทางการขนส่งที่ใช้

4.4 เมนูเลือกกรอกชื่อผลิตภัณฑ์สำหรับให้ผู้ใช้งาน

4.5 เมนูเลือกกรอกปริมาณที่ใช้ สำหรับให้ผู้ใช้งานกรอกปริมาณของวัตถุดิบ, การขนส่งหรือกระบวนการ

4.6 เมนูเลือก Add สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเพิ่มวัตถุดิบ, การขนส่ง หรือกระบวนการที่ต้องการในหัวข้อแต่ละหัวข้อ

4.7 เมนูเลือก Delete สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อลบสาร, การขนส่ง หรือกิจกรรมที่ไม่ต้องการในหัวข้อแต่ละหัวข้อ

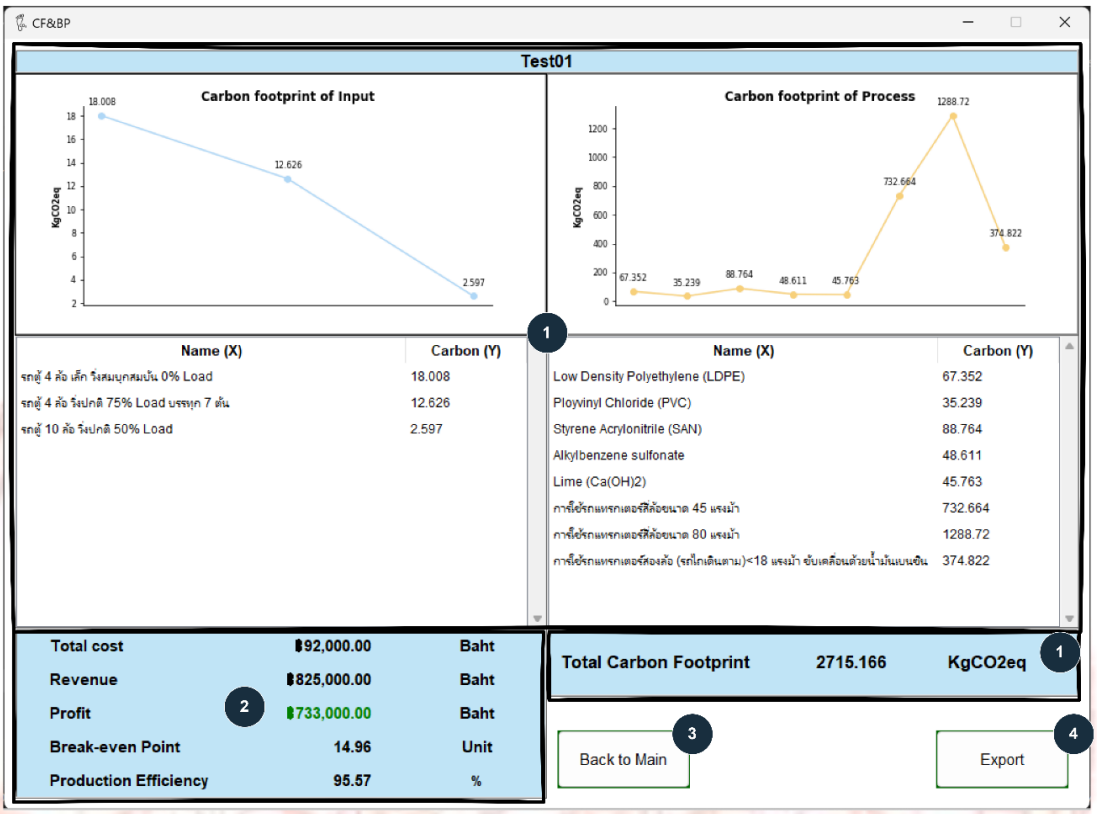
4.8 เมนูเลือก Update สำหรับผู้ใช้งานแก้ไขข้อมูลวัตถุดิบ, การขนส่ง หรือกระบวนการที่ผู้ใช้งานเลือก

4.9 เมนูเลือก Save as สำหรับบันทึกข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ต้องการบันทึกลง Database

4.10 เมนูเลือก Evaluate สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าจอสรุปผลของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้งานเลือก

4.11 เมนูเลือก Back สำหรับ สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อย้อนกลับสู่หน้าจอหลักโปรแกรม

5. หน้าจอสรุปผลของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้งานเลือก



ภาพที่ ก-5 หน้าจอสรุปผลของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้งานเลือก

เมนูย่อยของหน้าจอสรุปผลของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้งานเลือกมีดังนี้

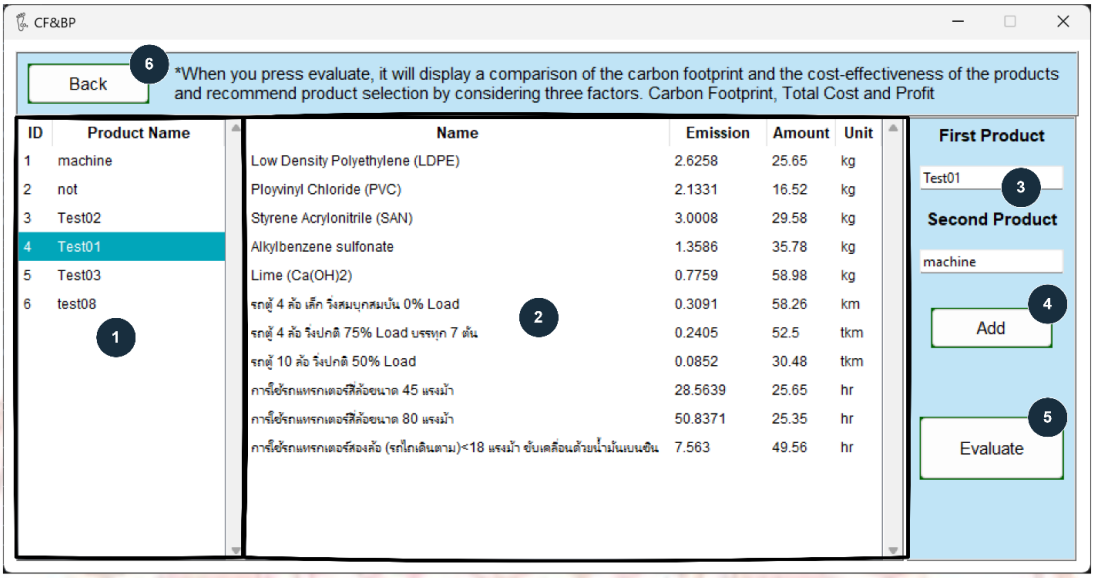
5.1 เมนูแสดงผลลัพธ์ของหัวข้อ Input และ Process ในรูปแบบกราฟเส้น และรายการของ Input และProcess พร้อมทั้งแสดงผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นทั้งหมดของผลิตภัณฑ์โดยจะแสดงในหน่วยของ ($KgCO_2eq$)

5.2 เมนูแสดงผลลัพธ์ของข้อมูลจุดคุ้มทุน โดยจะแสดงในรูปแบบ ต้นทุนรวม (Total cost, Baht), รายได้ (Revenue, Baht), กำไร (Profit, Baht), จุดคุ้มทุน (Break-even point, Unit) และประสิทธิภาพการผลิต (Production efficiency, %)

5.3 เมนูเลือก Back to Main สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าจอหลัก

5.4 เมนูเลือก Export to Excel สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อนำออกข้อมูลไปแสดงเป็น Excel/Word ไฟล์

6. หน้าจอสำหรับเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์



ภาพที่ ก-6 หน้าจอสำหรับเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์

เมนูย่อยของหน้าจอสำหรับเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์มีดังนี้

6.1 เมนูเลือก Profile สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อดูรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้น

6.2 เมนูแสดงรายการที่ผลิตภัณฑ์นี้มีทั้งหมดประกอบด้วย ชื่อ, ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ, ปริมาณสารหรือระยะทางการขนส่งที่ใช้ และหน่วยของปริมาณสาร หรือระยะทางการขนส่งที่ใช้

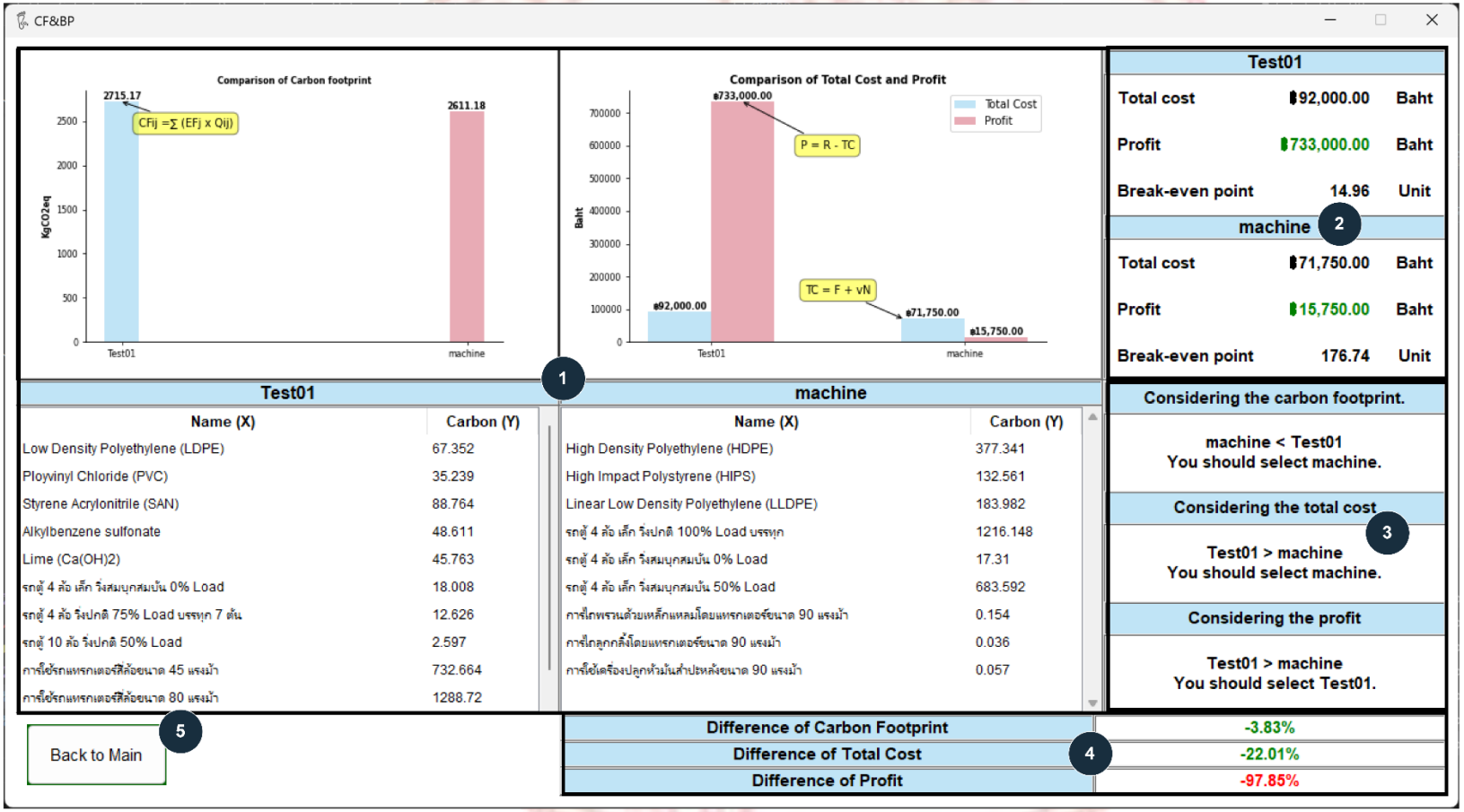
6.3 เมนูแสดงรายชื่อ Profile ที่เลือกโดยแบ่งออกเป็น Product 1 และ Product 2

6.4 เมนูเลือก Add สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเพิ่มผลิตภัณฑ์ต้องการใน Product 1 หรือ Product 2

6.5 เมนูเลือก Evaluate สำหรับให้ผู้ปฏิบัติงานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าเมนู หน้าจอสรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ของโปรแกรม

6.6 เมนูเลือก Back สำหรับ สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อย้อนกลับสู่หน้าจอหลักโปรแกรม

*ผู้ใช้งานต้องเพิ่มผลิตภัณฑ์ทั้งสองที่ต้องการเปรียบเทียบก่อนเลือกเมนู Evaluate ผู้ใช้งานจึงสามารถเข้าถึงหน้าจอสรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างโปรไฟล์ของโปรแกรมได้



ภาพที่ ก-7 หน้าจอสรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ของโปรแกรม

เมนูย่อยของหน้าจอสรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ของโปรแกรมมีดังนี้

7.1 เมนูแสดงผลลัพธ์การใช้ค่า Carbon Footprint และต้นทุนรวม (Total Cost, Baht) กับกำไร (Profit, Baht) ของผลิตภัณฑ์ที่นำมาเปรียบเทียบในรูปแบบกราฟแท่ง และ List ของวัตถุดิบ, การขนส่ง และกระบวนการในการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ของ Product 1 และ Product 2

7.2 เมนูแสดงผลลัพธ์ของข้อมูลจุดคุ้มทุน โดยจะแสดงในรูปแบบ ต้นทุนรวม(Total Cost, Baht), กำไร (Profit, Baht) และจุดคุ้มทุน (Break-even Point, Unit)

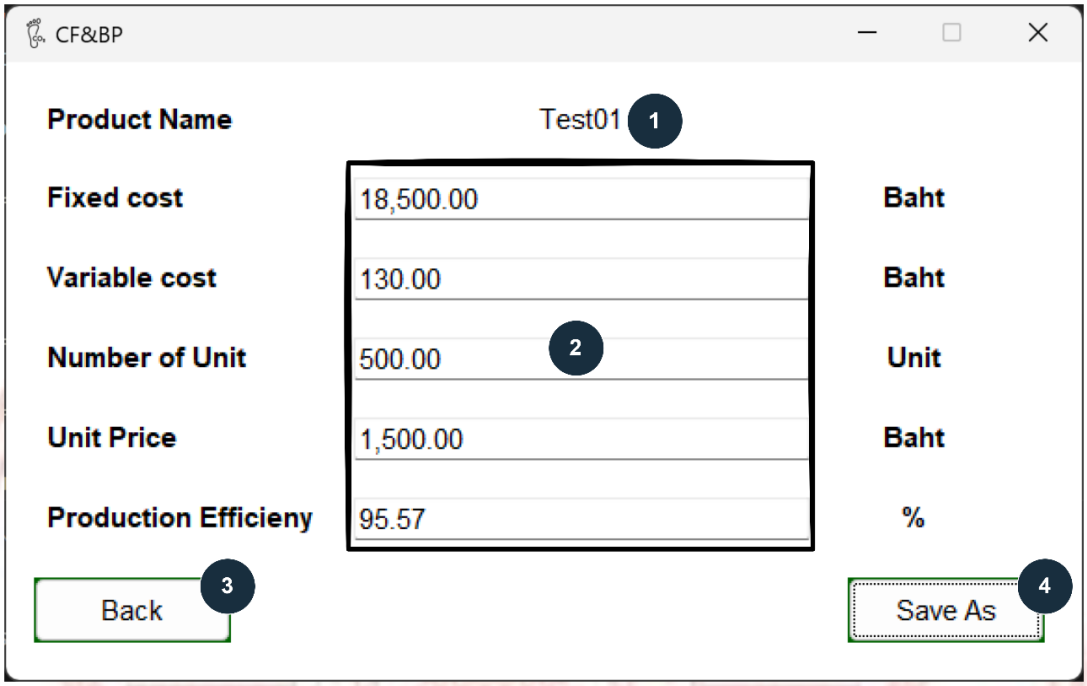
7.3 เมนูอแสดงข้อเสนอแนะช่วยประกอบการตัดสินใจในการเลือกผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งการให้ความสำคัญของเสนอแนะเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ 1. พิจารณาคาร์บอนฟุตพริ้น 2. พิจารณาต้นทุนรวม 3. พิจารณากำไร

โดยในแต่ละหัวข้อจะแสดงการแนะนำการตัดสินใจการเลือกผลิตภัณฑ์โดยให้ความสำคัญต่อหัวข้อที่พิจารณาเป็นหลัก

7.4 เมนูแสดงผลลัพธ์ผลต่างเปอร์เซ็นต์ของสองผลิตภัณฑ์โดยแบ่งการแสดงเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ 1. ผลต่างคาร์บอนฟุตพริ้น 2. ผลต่างต้นทุนรวม 3. ผลต่างกำไร

7.5 เมนูเลือก Back to Profile สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อกลับเข้าสู่หน้าจอหลักของโปรแกรม

8. หน้าจอคำนวณจุดคุ้มทุนของโปรแกรม



ภาพที่ ก-8 หน้าจอคำนวณจุดคุ้มทุนของโปรแกรม

เมนูย่อยมีของหน้าจอคำนวณจุดคุ้มทุนของโปรแกรมดังนี้

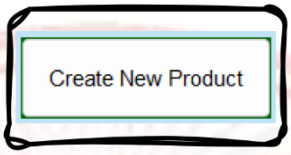
8.1 เมนูเลือกกรอกปริมาณ ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost, Baht), ต้นทุนผันแปร (Variable Cost, Baht), จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิต (Number of Unit, Unit), ราคาขายต่อหน่วย (Unit Price, Baht) และ ประสิทธิภาพการผลิต (Production Efficiency, %) เพื่อนำไปคำนวณต้นทุนรวม (Total cost, Baht), รายได้ (Revenue, Baht), กำไร (Profit, Baht) และจุดคุ้มทุน (Break-even point, Unit)

8.2 เมนูเลือก Back สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อเข้าสู่หน้าจอหลักของโปรแกรม

8.3 เมนูเลือก Save as สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกเพื่อบันทึกข้อมูลจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมเบื้องต้น

1. คลิกเลือก Create New Product ที่แสดงบนหน้าจอหลักโปรแกรม แสดงดังรูป ก-9 เพื่อเข้าแสดงหน้าจอสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่



ภาพที่ ก-9 ปุ่มเลือก Create New Product

2. แสดงหน้าจอสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ของโปรแกรมโดยภาพ ก-11 จะแสดง Filter เพื่อเลือกประเภทของข้อมูล เช่น Material Transportation Process เมื่อคลิกเลือกประเภทของข้อมูลแล้วด้านขวาจะเป็นเมนูดรอปดาวน์สำหรับเลือกประเภทของ Material Process แบ่งตามประเภทของอุตสาหกรรมเพื่อความสะดวกในการหาข้อมูลที่ต้องการ

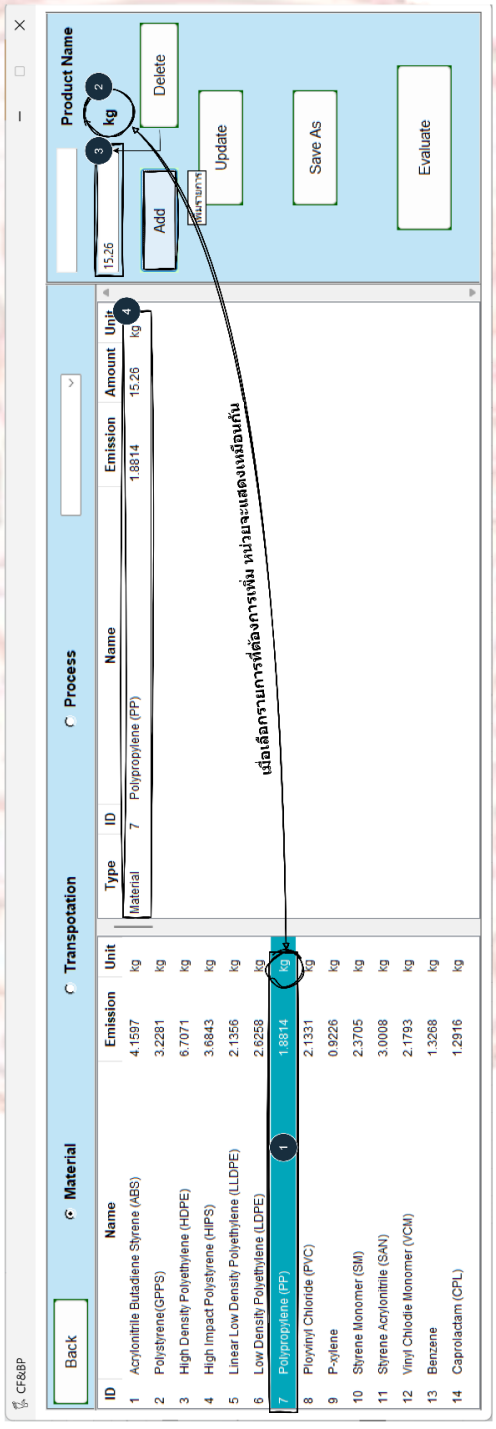
ภาพที่ ก-10 Filter เลือกประเภทข้อมูล

3. เมื่อผู้ใช้งานเลือกประเภทของข้อมูลแล้วให้คลิกเลือกข้อมูลที่รายการแสดงข้อมูลดังภาพ ก-11

ID	Name	Emission	Unit
1	Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)	4.1597	kg
2	Polystyrene(GPPS)	3.2281	kg
3	High Density Polyethylene (HDPE)	6.7071	kg
4	High Impact Polystyrene (HIPS)	3.6843	kg
5	Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)	2.1356	kg
6	Low Density Polyethylene (LDPE)	2.6258	kg
7	Polypropylene (PP)	1.8814	kg
8	Ploy vinyl Chloride (PVC)	2.1331	kg
9	P-xylene	0.9226	kg
10	Styrene Monomer (SM)	2.3705	kg
11	Styrene Acrylonitrile (SAN)	3.0008	kg
12	Vinyl Chlodie Monomer (VCM)	2.1793	kg
13	Benzene	1.3268	kg
14	Caprolactam (CPL)	1.2916	kg

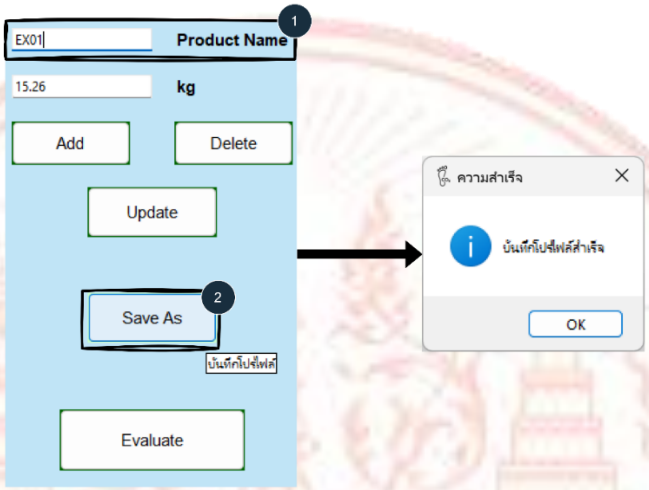
ภาพที่ ก-11 รายการแสดงข้อมูล

4. เมื่อคลิกเลือกรายการแสดงข้อมูลแล้ว Amount จะเปลี่ยนหน่วยไปตามข้อมูลที่ผู้ใช้งานเลือกและให้กรอกตัวเลขปริมาณตามหน่วยของข้อมูลที่แสดง หลังจากนั้นคลิกเลือก Add เพื่อเพิ่มข้อมูลในรายการแสดงเปล่าด้านขวา ดังแสดงภาพที่ ก-12 (หากมีชื่อรายการข้อมูลที่เหมือนกันให้ผู้ใช้งานทำการหาผลรวมก่อนและกรอกตัวเลขเพื่อเพิ่มข้อมูล)



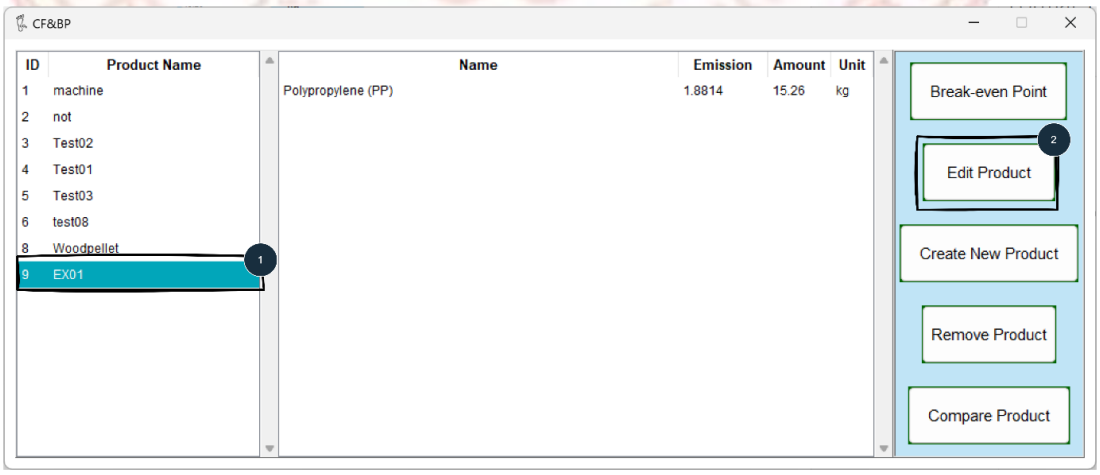
ภาพที่ ก-12 ขั้นตอนการเพิ่มข้อมูลของผลิตภัณฑ์ใหม่

5. หลังจากเพิ่มข้อมูลของผลิตภัณฑ์ใหม่ครบถ้วนแล้ว ถ้าผู้ใช้งานต้องการบันทึกข้อมูลผลิตภัณฑ์ เริ่มด้วยให้ผู้ใช้งานกรอกชื่อผลิตภัณฑ์ที่ช่องกรอกข้อมูลผลิตภัณฑ์ แล้วคลิกเลือก Save As เพื่อบันทึกข้อมูลผลิตภัณฑ์ใหม่ ดังแสดงภาพ ก-13



ภาพที่ ก-13 ขั้นตอนการบันทึกข้อมูลของผลิตภัณฑ์ใหม่

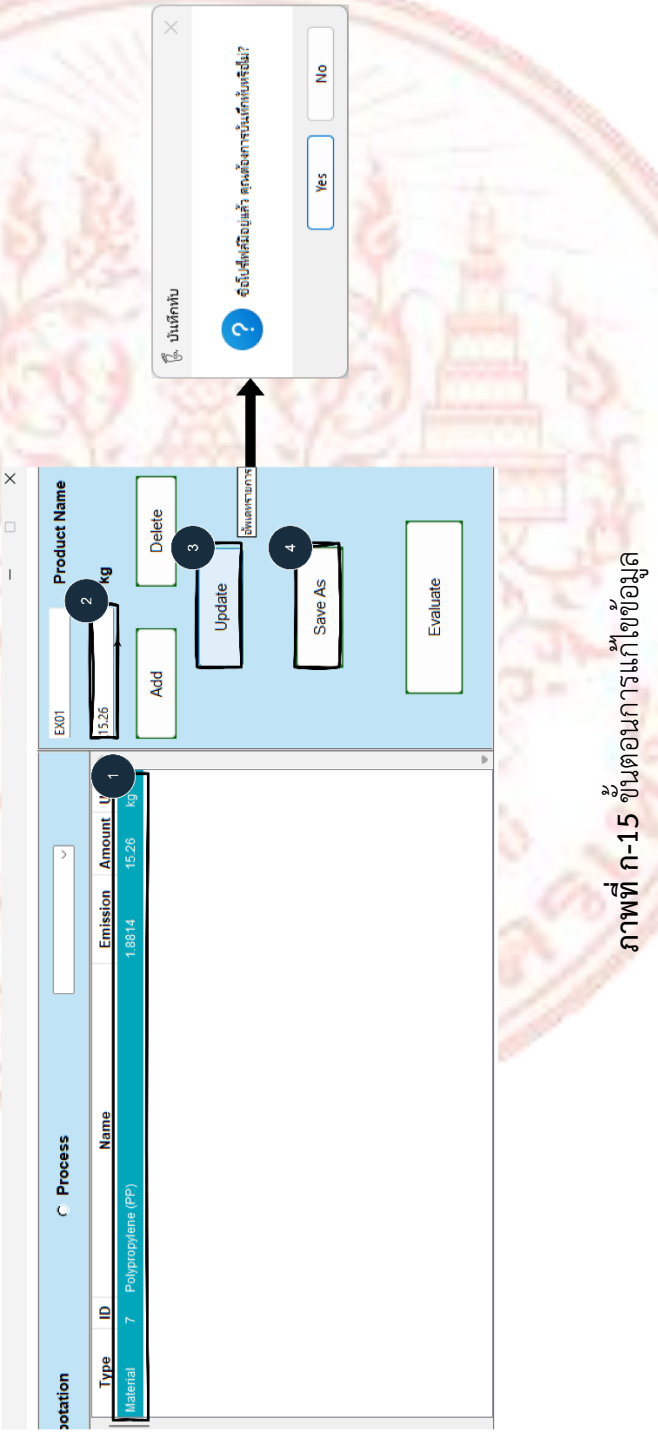
6. เมื่อทำการบันทึกข้อมูลผลิตภัณฑ์ใหม่แล้วข้อมูลผลิตภัณฑ์จะแสดงที่หน้าจอหลักของโปรแกรม ถ้าผู้ใช้งานต้องแก้ไขข้อมูลผลิตภัณฑ์ให้คลิกเลือกชื่อผลิตภัณฑ์จากรายการแสดงข้อมูลด้านซ้าย หลังจากนั้น คลิกเลือก Edit Product เพื่อเข้าสู่หน้าสร้างผลิตภัณฑ์โดยมีรายการและชื่อผลิตภัณฑ์มาแสดง ดังภาพ ก-14



ภาพที่ ก-14 ขั้นตอนการใช้ Edit Product

การแก้ไขข้อมูล

ให้ผู้ใช้งานคลิกเลือกข้อมูลที่ต้องการแก้ไขหรือลบ จากรายการแสดงข้อมูลด้านขวา จากนั้นกรอกข้อมูลตัวเลขใหม่ และคลิกเลือกอัพเดทเพื่อเปลี่ยนข้อมูลปริมาณที่ใช้ใหม่และหลังจากนั้นคลิดเลือกเพื่อบันทึกข้อมูลใหม่ทับข้อมูลเก่า ดังแสดงภาพที่ ก-15



ภาพที่ ก-15 ขั้นตอนการแก้ไขข้อมูล

สูตรคำนวณของโปรแกรมเบื้องต้น

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สามารถคำนวณได้โดยอาศัยวิธีการประเมินศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential) ที่เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ เพื่อแสดงผลเชิงปริมาณในหน่วยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (KgCO2eq) สรุปวิธีการคำนวณจุดคุ้มทุนได้ดังสมการ

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = Activity Data (AD) X Emission Factor (EF)

EF = ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ($KgCO_2eq$ / kg, $KgCO_2eq$ / m^3, $KgCO_2eq$ / kWh, gCO_2eq / hr, $KgCO_2eq$ /tkm**,** $KgCO_2eq$ /km)

AD = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ (kg, m^3, kWh, hr, tkm, km)

การคำนวณจุดคุ้มทุน

สรุปวิธีการคำนวณจุดคุ้มทุนได้ดังสมการ

กำลังการผลิตในช่วงเวลาใด ๆ (%) = (ค่าเฉลี่ยของปริมาณผลิต x 100%) ÷ กำลังการผลิตสูงสุด

ต้นทุนผันแปร = vN

ต้นทุนรวม (Total cost) = F + vN

รายได้ (Revenue) = pN

กำไร (Profit) = R - TC

จุดคุ้มทุน (Break-even point) = F ÷ (p - v)

TC = แทนต้นทุนรวม (Total Cost)

v = แทนต้นทุนผันแปรต่อหน่วย (Variable Cost)

N = แทนปริมาณการผลิตหรือขาย (Number of Unit)

F = แทนต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

R = แทนรายได้ (Revenue)

p = แทนราคาขายต่อหน่วย (Unit Price)

P = แทนกำไร (Profit)

ภาคผนวก ข
ค่า Emission Factor
แบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม

กลุ่ม Material

ตารางที่ ข-1 กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
1	Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)	ผลิตจากกระบวนการอัลคิลเลชันของเบนซิน และเอทีลีน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	4.1597
2	General Purposed Polystyrene (GPPS)	ผลิตจาก Styrene และ Ethylbenzene; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	3.2281
3	High Density Polyethylene (HDPE)	ผลิตจาก Ethylene โดยมี 1-Butene และ Propylene เป็น Comonomer; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	6.7071
4	High Impact Polystyrene (HIPS)	ผลิตจาก Styrene และ Polybutadiene rubber; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	3.6843
5	Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)	ผลิตจากกระบวนการที่เป็น Solution phase และ Gas phase; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	2.1356
6	Low Density Polyethylene (LDPE)	ผลิตจากกระบวนการที่เป็น Solution phase และ Gas phase; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	2.6258
7	Polypropylene (PP)	ผลิตจากกระบวนการที่เป็น Liquid phase และ Gas phase; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.8814
8	Ploy vinyl Chloride (PVC)	ผลิตจากกระบวนการ Suspension และ Emulsion; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	2.1331
9	P-xylene	ผลิตจากกระบวนการ PAREX / ISOMAR; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.9226
10	Styrene Monomer (SM)	ผลิตจากกระบวนการอัลคิลเลชันของเบนซีน และเอทีลีน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	2.3705
11	Styrene Acrylonitrile (SAN)	ผลิตจากกระบวนการอัลคิลเลชัน ของเบนซีน และเอทีลีน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	3.0008
12	Vinyl Chlodie Monomer (VCM)	ผลิตจากกระบวนการ Suspension และ Emulsion; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	2.1793
13	Benzene	ผลิตจากกระบวนการ Toluene Hydrodealkylation; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.3268
14	Caprolactam (CPL)	ผลิตจาก Cyclohexane, Ammonia และ Sulfur; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.2916
15	Cyclohexane (CX)	ผลิตจาก Benzene และ Hydrogen; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.4132
16	Ethylene	ผลิตจากกระบวนการ Natural Gas/ Gas Oil Cracking; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.9562
17	Mixed C4	ผลิตจากกระบวนการ Natural Gas/ Gas Oil Cracking; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.1114

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
18	Toluene	ผลิตจาก Reformate; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.9551
19	Propylene	ผลิตจากกระบวนการ Natural Gas/ Gas Oil Cracking; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.4473
20	Epoxy resin	-	kg	6.686
21	Expanded polystyrene (EPS)	-	kg	4.6127
22	Polyethylene terephthalate (PET)	Polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade, at plant	kg	2.8854
23	Polyethylene terephthalate (PET)	Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant	kg	2.6922
24	Polybutadiene	Polybutadiene, at plant	kg	3.9106
25	Polycarbonate	Polycarbonate, at plant	kg	7.776
26	Polyester resin	Polyester resin, unsaturated, at plant	kg	7.4185
27	Polyurethane (flexible polyurethane)	Polyurethane, flexible foam, at plant	kg	4.8524
28	Polyurethane (rigid urethane board)	Polyurethane, rigid foam, at plant	kg	4.3229
29	Xylene	Xylene, at plant	kg	1.6338
30	Bisphenol A	Bisphenol A, powder, at plant	kg	4.9162
31	Ethylene Glycol	Ethylene glycol, at plant	kg	1.428
32	Ethylene oxide	Ethylene oxide, at plant	kg	1.5746
33	Nylon 6	Nylon 6, at plant	kg	9.2691
34	Paraffin wax	Paraffin, at plant	kg	0.7982
35	Alkylbenzene sulfonate	Alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical, at plant	kg	1.3586
36	Anticrease agent	Ethoxylated alcohols (AE7), petrochemical, at plant	kg	2.1671
37	Ethoxylated alcohols (AE7)	Ethoxylated alcohols (AE7), petrochemical, at plant	kg	2.1671
38	Leveling agent	Ethoxylated alcohols (AE7), petrochemical, at plant	kg	2.1671
39	Soaping agent	Fatty alcohol sulfate, petrochemical, at plant	kg	2.3372
40	Wetting agent	Fatty alcohol sulfate, petrochemical, at plant	kg	2.3372

ตารางที่ ข-2 กลุ่มผลิตภัณฑ์ก๊าซธรรมชาติ

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
41	Carbon dioxide (ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.0506
42	Propane (โพรเพน)	โพรเพนที่ได้จากการกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.1692
43	Methane (ก๊าซธรรมชาติ / มีเทน)	ก๊าซธรรมชาติ (มีเทน) ที่ได้จากการกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.1283
44	Ethane (อีเทน)	อีเทนที่ได้จากการกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.1608
45	Natural Gas Liquid (ก๊าซธรรมชาติเหลว)	ก๊าซธรรมชาติเหลวที่ได้จากการกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.156
46	ก๊าซหุงต้ม	ก๊าซหุงต้มที่ได้จากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.1839
47	ก๊าซธรรมชาติแบบผสม	ก๊าซธรรมชาติผสมที่มาจากก๊าซธรรมชาติของประเทศไทย (รวมก๊าซธรรมชาติที่มาจากโรงแยกก๊าซ) ก๊าซธรรมชาติที่นำเข้ามาจากประเทศพม่าและ LNG จากการนำเข้า; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.7544
48	ก๊าซธรรมชาติแบบผสม	ก๊าซธรรมชาติผสมที่มาจากก๊าซธรรมชาติของประเทศไทย (รวมก๊าซธรรมชาติที่มาจากโรงแยกก๊าซ) ก๊าซธรรมชาติที่นำเข้ามาจากประเทศพม่าและ LNG จากการนำเข้า; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.5767

ตารางที่ ข-3 กลุ่มพลังงาน : เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงแข็ง

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
49	Liquefied Petroleum Gas,LPG Mixed (ก๊าซหุงต้มแบบผสม)	ก๊าซหุงต้มแบบผสมระหว่างก๊าซหุงต้มที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบและก๊าซหุงต้มที่ได้จากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ รวมถึงการนำเข้า butane และ Propane มาเพื่อผลิตเป็น LPG อีกด้วย; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.8582
50	Naphtha (แนฟทา)	แนฟทาที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.2972
51	ก๊าซหุงต้ม	ก๊าซหุงต้มที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.4267
52	Gasoline (แก๊สโซลีน)	แก๊สโซลีน (น้ำมันเบนซิน) ที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.4024
53	Kerosene / Jet oil (น้ำมันก๊าดหรือน้ำมันเครื่องบิน)	น้ำมันก๊าดหรือน้ำมันเครื่องบินที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.3284
54	Fuel oil (น้ำมันเตา)	น้ำมันเตาที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.3743
55	Diesel (น้ำมันดีเซล / น้ำมันโซล่าร์)	น้ำมันดีเซลที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.3522
56	ซัลเฟอร์	ซัลเฟอรท์ ที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ามันดิบ ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.239
57	Charcoal (ถ่านไม้)	Charcoal, at plant	kg	1.0054
58	การผลิตถ่านหิน	Lignite coal, at surface mine	kg	0.1187

ตารางที่ ข-4 ไฟฟ้า

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
59	Electricity, grid mix (ไฟฟ้า)	ไฟฟ้าแบบ grid mix ปี 2016-2018; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kWh	0.5986

ตารางที่ ข-5 น้ำประปาและน้ำอุตสาหกรรม

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
60	น้ำประปา-การประปานครหลวง	ผลิตโดยใช้น้ำผิวดิน ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.7948
61	น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	ผลิตโดยใช้น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำทะเล; ครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการสูบน้ำดิบ การผลิตน้ำประปาจนถึงการส่งน้ำประปาผ่านระบบท่อ กปภ. สู่ผู้ใช้น้ำ; ข้อมูลการผลิตปีงบประมาณ 2561; LCIAmethod IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.541
62	น้ำประปา-การนิคมอุตสาหกรรม	ผลิตโดยใช้น้ำผิวดิน และน้ำประปา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.2575
63	น้ำอ่อนสำหรับหม้อไอน้ำ	ผลิตโดยใช้น้ำประปา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	1.0301
64	น้ำปราศจากไอออน ที่ผลิตโดยเทคโนโลยี Reverse Osmosis	ผลิตโดยใช้น้ำอ่อน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	2.1555
65	น้ำปราศจากไอออน ที่ผลิตโดยเทคโนโลยี Ion Exchange	ผลิตโดยใช้น้ำประปา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	2.0432

ตารางที่ ข-6 อุตสาหกรรมยางธรรมชาติ

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
66	ยางก้อนถ้วย (DRC 55%)	DRC 55%; ได้จากการเติมกรดซัลฟูริก ลงในน้ำยางสด; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0863
67	น้ำยางข้น (DRC 60%)	DRC 60%; ใช้เทคโนโลยีการผลิตโดยการปั่นแยก; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.2059
68	ยางสกิม	DRC 90%; ผลิตภัณฑ์ยางสกิมคละประเภทและคุณภาพ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.3903
69	ยางแท่ง STR 10/20	ผลิตจากยางก้อนถ้วย ยางแผ่นดิบและเศษยางโดยผ่านกระบวนการสับบดย่อย ล้างทำความสะอาด อบแห้ง อัดแท่ง และบรรจุหีบห่อ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.2966
70	ยางแท่ง STR XL/5L/5CV	DRC 91.31%; ผลิตภจากน้ำยางสดและผ่านกระบวนการจับตัวด้วยกรดตัดย่อยและอบแห้ง; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.2071
71	กล้ายางชาถุง	ครอบคลุมตั้งแต่การดูแลต้นพันธุ์ยาง การเพาะกล้ายางในแปลง และการติดตายางและชาถุง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	p	0.347
72	Synthetic rubber	Synthetic rubber, at plant	kg	3.5138
73	Styrene butadiene rubber (SBR)	-	kg	0.9732

ตารางที่ ข-7 อุตสาหกรรมโรงเลื่อยและโรงอบไม้ยางพารา

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
74	ไม้ยางพาราสด	จากการปลูกไม้ยางพารา; ครอบคลุมตลอดช่วงอายุ 25 ปี; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0363
75	ไม้ยางพาราท่อนสด	จากการตัดโค่นต้นยางพาราที่ผ่านการกรีดน้ำยางจนไม่สามารถให้ผลผลิตน้ำยางได้อีกหรือมีอายุ 25 ปี ขึ้นไป; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0471
76	กิ่งไม้ยางพารา	จากการตัดโค่นต้นยางพาราที่ผ่านการกรีดน้ำยางจนไม่สามารถให้ผลผลิตน้ำยางได้อีกหรือมีอายุ 25 ปี ขึ้นไป; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0471
77	ไม้ยางพาราแปรรูปเกรด AB	ผลิตจากไม้ยางพาราสดท่อน ผ่านกระบวนการแปรรูป อัดน้ำยา และอบแห้ง; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0829
78	ไม้ยางพาราแปรรูปเกรด C	ผลิตจากไม้ยางพาราสดท่อน ผ่านกระบวนการแปรรูป อัดน้ำยา และอบแห้ง; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0829
79	ปีกไม้ยางพารา	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการทำไม้แปรรูปจากไม้ยางพารา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0829
80	ไม้ยางพาราประสานเกรด AB	ผลิตจากไม้ยางพารา ผ่านกระบวนการเปิดผิว แยกเกรด ไม้อัดน้ำยาลามิเนท จนกระทั่งห่อและบรรจุ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.2309
81	ไม้ยางพาราประสานเกรด C	ผลิตจากไม้ยางพารา ผ่านกระบวนการเปิดผิว แยกเกรด ไม้อัดน้ำยาลามิเนท จนกระทั่งห่อและบรรจุ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.2309
82	ไม้ยางพาราอัดประสานเกรด AB	ผลิตจากไม้ยางพารา; ผลิตร่วมกับไม้ประสานจากไม้ยางพารา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.3841
83	ไม้ยางพาราอัดประสานเกรด C	ผลิตจากไม้ยางพารา; ผลิตร่วมกับไม้ประสานจากไม้ยางพารา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.3841
84	พาเลทไม้ยางพารา	ผลิตจากไม้ยางพารา ผ่านการแปรรูปอบแห้ง เกรด C; ผ่านกระบวนการรีดตัด-เบนซอ ประกอบ-เจียรพาเลท และการอบไม้; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.093
85	ขี้เลื่อยจากไม้ยางพาราแปรรูป	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการทำไม้แปรรูปจากไม้ยางพารา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0829
86	ขี้เลื่อยจากไม้ยางพาราประสาน	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการทำไม้แปรรูปจากไม้ยางพารา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.2309
87	ขี้เลื่อยจากไม้ยางพาราอัดประสาน	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการทำไม้แปรรูปจากไม้ยางพารา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.3841

ตารางที่ ข-7 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
88	ขี้เลื่อยจากพาเลทไม้ยางพารา	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการทำไม้แปรรูปจากไม้ยางพารา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.093
89	น้ำยางสด	DRC 30; ไม่มีการเติมสารรักษาสภาพน้ำยาง; ครอบคลุมตั้งแต่การปลูกยางพารา การดูแลต้นยางพาราก่อนเปิดกรีด และการดูแลต้นยางพารา หลังเปิดกรีดและการเก็บเกี่ยวผลผลิต; ครอบคลุม ตลอดช่วงอายุ 25 ปี; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0363
90	เศษยาง	DRC 55%; ไม่มีการเติมสารรักษาสภาพน้ำยาง; ครอบคลุม ตลอดช่วงอายุ 25 ปี; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0364

ตารางที่ ข-8 ปาล์มน้ำมัน

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
91	น้ำมันปาล์มดิบค่าเฉลี่ยประเทศไทย	จากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม ผ่านการหีบน้ำมันแบบมาตรฐาน (Wet extraction); ข้อมูลจากโรงงานทั้งที่มีและไม่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.9067
92	น้ำมันปาล์มดิบ จากโรงงานที่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	จากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม ผ่านการหีบน้ำมันแบบมาตรฐาน (Wet extraction); LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.7564
93	น้ำมันปาล์มดิบ จากโรงงานที่ไม่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	จากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม ผ่านการหีบน้ำไม้นแบบมาตรฐาน (Wet extraction); LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.2482
94	กะลาปาล์มค่าเฉลี่ยประเทศไทย	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ; ปันส่วนโดยพลังงาน; ข้อมูลจากโรงงานทั้งที่มีและไม่มีระบบผลิตก๊าซชวี ภาพ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.3965
95	กะลาปาล์ม จากโรงงานที่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ; ปันส่วนโดยพลังงาน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.321
96	กะลาปาล์ม จากโรงงานที่ไม่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ; ปันส่วนโดยพลังงาน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.5294

ตารางที่ ข-8 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
97	เมล็ดในปาล์มค่าเฉลี่ยประเทศไทย	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ; ปันส่วนโดยพลังงาน; ข้อมูลจากโรงงานทั้งที่มีและไม่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.6167
98	เมล็ดในปาล์ม จากโรงงานที่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ; ปันส่วนโดยพลังงาน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.5006
99	เมล็ดในปาล์ม จากโรงงานที่ไม่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ; ปันส่วนโดยพลังงาน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.8259
100	น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RBDPO) ค่าเฉลี่ยประเทศไทย	จากกระบวนการกลั่นบริสุทธิ์น้ำมันปาล์มดิบ(Refine processing); LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.399
101	กรดไขมันปาล์ม (PFAD) ค่าเฉลี่ยประเทศไทย	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการผลิตน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์; ปันส่วนโดยพลังงาน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.4511
102	น้ำมันปาล์มโอเลอิน (Olein) ค่าเฉลี่ยประเทศไทย	จากกระบวนการแยกส่วนน้ำมันปาลม์บริสุทธิ์ (Fractionation); LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.4124
103	ไขมันปาล์ม (Strearin) ค่าเฉลี่ยประเทศไทย	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการผลิตน้ำมันปาล์มโอเลอิน; ปันส่วนโดยพลังงาน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.5328
104	ไบโอดีเซลค่าเฉลี่ยประเทศไทย	จากโรงงานผลิตไบโอดีเซล ทั้งที่มีและไม่มีกระบวนการกลั่นบริสุทธิ์น้ำมันปาล์มดิบ หรือมีการผลิตปาล์มโอเลอินหรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ร่วมด้วย; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.3571
105	กลีเซอรีนค่าเฉลี่ยประเทศไทย	ผลิตภัณฑ์ร่วมจากการผลิตไบโอดีเซล; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.8642

ตารางที่ ข-9 เคมีภัณฑ์

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
106	Lubricating oil (น้ำมันหล่อลื่น)	Liquid lubricating oil production	kg	0.8319
107	Lime	Quicklime, in pieces, loose, at plant	kg	0.9985
108	Lime	Quicklime, milled, loose, at plant	kg	1.0154
109	Lime	Quicklime, milled, packed, at plant	kg	1.0215
110	Lime ($Ca(OH)_2$)	Lime, hydrated, loose, at plant	kg	0.7759
111	Lime ($Ca(OH)_2$)	Lime, hydrated, packed, at plant	kg	0.782
112	Soda powder	Soda, powder, at plant	kg	0.4449
113	Kaolin (ดินขาว)	Kaolin, at plant	kg	0.2167
114	Silicone	Silicone product, at plant	kg	2.8649
115	Aluminium hydroxide	Aluminium hydroxide, at plant	kg	0.647
116	Acetaldehyde	Acetaldehyde, at plant	kg	1.3639
117	Acetic acid	Acetic acid from acetaldehyde, at plant	kg	2.5702
118	Acrylic acid	Acrylic acid, at plant	kg	1.9493
119	Alcohol	Ethanol from ethylene, at plant	kg	1.2381
120	Ammonia	Ammonia, steam reforming, liquid, at plant	kg	1.8876
121	Ammonia	Ammonia, liquid, at regional storehouse	kg	2.052
122	Ammonia	Ammonia, partial oxidation, liquid, at plant	kg	2.7907
123	Butyl Cellosolve	Butyl acetate, at plant	kg	3.5273
124	Calcium carbonate	Limestone, crushed, washed	kg	0.0025
125	Calcium carbonate	Limestone, milled, loose, at plant	kg	0.0305
126	Calcium carbonate	Limestone, milled, packed, at plant	kg	0.0366
127	Calcium chloride	Calcium chloride, $CaCl_2$, at plant	kg	0.8729
128	Carbon Tetrachloride	Carbon Tetrachloride at, plant	kg	1.639
129	Chlorine	Chlorine, gaseous, diaphragm cell, at plant	kg	1.0548
130	Ethanol	Ethanol, 95% in H_2O, from sugarcane molasses, at sugar refinery	kg	0.3962
131	Ethanol	Ethanol, 95% in H_2O, from sugarcane, at fermentation plant	kg	0.3727
132	Ethyl Acetate	Ethyl acetate, at plant	kg	2.811
133	Ferro Manganese	Ferromanganese, high-coal, 74.5% Mn, at regional storage	kg	1.9734
134	HCl 100%	Hydrochloric acid, from Mannheim process, at plant	kg	0.4094
135	Hydrogen Peroxide50%	Hydrogen peroxide, 50% in H_2O, at plant	kg	1.1239
136	Iso Butyl Alcohol	Isobutanol, at plant	kg	2.3547
137	K_2CO_3	Potassium carbonate, at plant	kg	2.2173

ตารางที่ ข-9 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
138	Magnesium	Magnesium, at plant	kg	83.1368
139	Methanol	Methanol, at plant	kg	0.7212
140	Methyl acrylate	Methyl acrylate, at plant	kg	2.8008
141	Monosodium Phosphate	Sodium phosphate, at plant	kg	2.8586
142	MTBE (methyl tert-butyl ether)	Methyl tert-butyl ether, at plant	kg	1.1288
143	Nitric acid	Nitric acid	kg	0.6504
144	Nitric acid	Nitric acid, 50% in H2O, at plant	kg	3.1596
145	Phenol	Phenol, at plant	kg	3.8971
146	Potassium hydroxide	Potassium hydroxide, at regional storag	kg	1.9272
147	Preservative (Bisphenol A)	Preservative (Bisphenol A), powder, at plant	kg	4.9162
148	Preservative (Benzaldehyde)	Preservative (Benzaldehyde), at plant	kg	4.9355
149	Preservative (Wood preservative)	Wood preservative, creosote, at plant	kg	1.6545
150	Silica	Silica sand, at plant	kg	0.0223
151	Silicon tetrahydride	silicon tetrahydride, at plant	kg	79.8509
152	Sodium chlorate	Sodium chlorate, powder, at plant	kg	4.2407
153	Sodium hydroxide	Sodium hydroxide, 50% in H_2O, membrane cell, at plant	kg	1.1148
154	Sodium hypochlorite	Sodium hypochlorite, 15% in H_2O, at plant	kg	0.8712
155	Sodium Silicate	Sodium silicate, spray powder 80%, at plant	kg	1.5922
156	Sodium tripolyphosphate	Sodium tripolyphosphate, at plant	kg	5.8902
157	Sulfur	Sulfur from Refinery	kg	0.4529
158	Sulfuric acid	Sulphuric acid, liquid, at plant	kg	0.1219
159	Urea (การผลิต)	Urea, as N, at regional storehouse	kg	3.2826
160	Varnish	Vanish (Acrylic varnish, 87.5% in H_2O, at plant)	kg	1.8823
161	Zinc	Zinc, primary, at regional storage	kg	4.5455
162	Acetylene	Acetylene, at regional storehouse	kg	2.2804
163	สารส้ม (Aluminium Sulphate ALUM ($Al_2(SO_4)_3$))	Aluminium sulphate, powder, at plant	kg	0.5311
164	Solvents	Solvents, organic, unspecified, at plant	kg	2.3893
165	Magnesium sulphate	Magnesium sulphate, at plant	kg	0.3385
166	Sodium chloride	Sodium chloride, powder, at plant	kg	0.1937
167	Phosphoric acid	Phosphoric acid, industrial grade, 85% in H_2O, at plant	kg	1.4067

ตารางที่ ข-9 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
168	Sodium hydroxide diaphram	Sodium hydroxide, 50% in H_2O, diaphragm cell, at plant	kg	1.3711
169	Sulphite	Sulphite, at plant	kg	1.4528
170	Benzyl alcohol	Benzyl alcohol, at plant	kg	3.661
171	Benzyl chloride	Benzyl chloride, at plant	kg	2.1148
172	Ammonium nitrate	Ammonium nitrate, as N, at regional storehouse	kg	8.4819
173	Phthalic anhydride	Phthalic anhydride, at plant	kg	2.5663
174	Purified terephthalic acid	Purified terephthalic acid, at plant	kg	1.8983
175	Hydrochloric acid	Hydrochloric acid, 30% in H_2O, at plant	kg	0.8709
176	Hydrochloric acid	Hydrochloric acid, from the reaction of hydrogen with chlorine, at plant	kg	1.3325
177	Chlorodifluoromethane, R22 (สารทำความเย็น, R22)	Chlorodifluoromethane, at plant (R22)	kg	75.786
178	Refrigerant R134a (สารทำความเย็น, R134a)	Refrigerant R134a, at plant	kg	103.3316
179	Copper oxide	Copper oxide, at plant	kg	1.9568
180	Phosphoric acid	Phosphoric acid, fertiliser grade, 70% in H_2O, at plant	kg	0.9207
181	Phosphoric acid	Phosphoric acid, fertiliser grade, 70% in H_2O, at plant/Malaysia database using Thai Electricity 2009	kg	0.9677
182	Phosphoric acid	Phosphoric acid, fertiliser grade, 70% in H_2O, at plant/US database using Thai Electricity 2009	kg	0.8931
183	Phosphoric acid	Phosphoric acid, industrial grade, 85% in H_2O, at plant	kg	1.4063
184	Sodium sulphate	Sodium sulphate, from Mannheim process, at plant	kg	0.4695
185	Sodium sulphate	Sodium sulphate, from natural sources, at plant	kg	0.1454
186	Sulphur dioxide, liquid	Sulphur dioxide, liquid, at plant	kg	0.5202
187	Zinc oxide	Zinc oxide, at plant	kg	2.9066
188	Soap (สบู่)	Soap, at plant	kg	1.6685
189	Nitrogen	Nitrogen, liquid, at plant	kg	0.497
190	Oxygen	Oxygen, liquid, at plant	kg	0.469

ตารางที่ ข-10 โลหะ และอโลหะ

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
191	Sinter iron (เหล็กซินเตอร์)	Sinter, iron, at plant	kg	0.3493
192	Cast iron (เหล็กหล่อ)	Cast iron, at plant	kg	1.6382
193	Pig iron (เหล็กพิก / เหล็กดิบ)	Pig iron, at plant	kg	1.5143
194	Galvanized steel sheet	Galvanized steel sheet, at plant	kg	2.7073
195	Alumnium Sheet	Aluminium sheet, primary prod., prod. mix, aluminium semi-finished sheet product	kg	3.2231
196	Aluminium Primary	Aluminium, primary, at plant	kg	12.2359
197	Aluminium Secondary	Aluminium, secondary, from new scrap, at plant	kg	0.4329
198	Aluminium Secondary	Aluminium, secondary, from old scrap, at plant	kg	1.4682
199	Aluminium alloy (AlMg3)	Aluminium alloy, AlMg3, at plant	kg	6.3369
No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
200	Brass	Brass, at plant	kg	2.4528

ตารางที่ ข-11 วัสดุก่อสร้าง

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
201	Brick (อิฐ)	Brick, at plant	kg	0.2414
202	Clay (ดินเหนียว)	Clay, at mine	kg	0.0004
203	Sanitary ceramics (สุขภัณฑ์)	Sanitary ceramics, at regional storage	kg	2.4092

ตารางที่ ข-12 ประเภทอื่น

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
204	Magnetite	-	kg	0.825
205	PE Foam	-	kg	2.1
206	ถุงมือ (ผ้าฝ้าย)	-	kg	2.11
207	ทินเนอร์	-	kg	2.1222
208	สติกเกอร์ปิดกล่อง	-	kg	0.51
209	แผ่นวงจรพิมพ์	-	kg	27.7
210	ตัวเก็บประจุ	-	kg	83.1

กลุ่ม Transportation

ตารางที่ ข-13 กลุ่มการขนส่ง

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
1	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.2415
2	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.3805
3	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.2706
4	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.2154
5	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.3091
6	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.4695
7	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.3275
8	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.2556
9	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.3345
10	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.3401
11	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.2405
12	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1835
13	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.4106
14	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.3672

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
15	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.2551
16	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1991
17	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.3131
18	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.2698
19	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.184
20	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1411
21	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.375
22	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.3165
23	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.2139
24	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1627
25	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.4069
26	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1198
27	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0843

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
28	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0653
29	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.4227
30	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1302
31	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0913
32	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0691
33	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.4273
34	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1247
35	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0875
36	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0677
37	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.5133
38	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1443
39	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.099

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
40	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0749
41	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.4373
42	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1021
43	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0716
44	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0547
45	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.5598
46	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1228
47	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0863
48	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0679
49	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.4923
50	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1083
51	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0768

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
52	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0613
53	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.6082
54	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1345
55	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0942
56	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0734
57	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.5747
58	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0852
59	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.059
60	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0454
61	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.678
62	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1043
63	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0725

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
64	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0553
65	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.6053
66	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0881
67	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0617
68	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0489
69	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.6674
70	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1019
71	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0738
72	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0612
73	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.59
74	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0972
75	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0691

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
76	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0533
77	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบ สมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.7513
78	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบ สมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1201
79	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบ สมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.084
80	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบ สมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0639
81	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.8215
82	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0803
83	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0577
84	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0449
85	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบ สมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.9963
86	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบ สมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0914
87	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบ สมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0655

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
88	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบ สมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0523
89	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.787
90	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.073
91	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0517
92	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0404
93	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.8657
94	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0858
95	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0628
96	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0502
97	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.8684
98	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0802
99	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0568

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
100	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0443
101	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	1.0657
102	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0975
103	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0687
104	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0533
105	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.2363
106	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0761
107	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0529
108	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0411
109	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	1.0021
110	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.092
111	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อวิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0651

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
112	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0507
113	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.8404
114	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0839
115	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0594
116	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0448
117	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	1.1441
118	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.101
119	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0706
120	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0547
121	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	1.0206
122	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0866
123	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0597

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
124	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0459
125	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	1.2452
126	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1042
127	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.071
128	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.054
129	รถบรรทุกซีเมนตช์นดิโม่ 10 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.6316
130	รถบรรทุกซีเมนตช์นดิโม่ 10 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0918
131	รถบรรทุกซีเมนตช์นดิโม่ 10 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0625
132	รถบรรทุกซีเมนตช์นดิโม่ 10 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0471
133	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.7382
134	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1098
135	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0772

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
136	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0611
137	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 10 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.464
138	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 10 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0834
139	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 10 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.061
140	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 10 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0475
141	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.4825
142	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0986
143	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0732
144	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0546
145	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 18 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.9131
146	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 18 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0841
147	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 18 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0594

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
148	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 18 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0461
149	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	1.1214
150	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1043
151	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0746
152	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้า / ชนิดถ้วย) 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0589
153	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.946
154	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.084
155	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0577
156	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0433
157	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ วิ่งสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	1.1855
158	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ วิ่งสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1049
159	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ วิ่งสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0745

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
160	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ วิ่งสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0591
161	รถบรรทุกเฉพาะกิจ (ติดเครน) 10 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.5977
162	รถบรรทุกเฉพาะกิจ (ติดเครน) 10 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0956
163	รถบรรทุกเฉพาะกิจ (ติดเครน) 10 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0671
164	รถบรรทุกเฉพาะกิจ (ติดเครน) 10 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0514
165	รถบรรทุกเฉพาะกิจ (ติดเครน) 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.643
166	รถบรรทุกเฉพาะกิจ (ติดเครน) 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1065
167	รถบรรทุกเฉพาะกิจ (ติดเครน) 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0752
168	รถบรรทุกเฉพาะกิจ (ติดเครน) 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0573
169	รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.4923
170	รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.084
171	รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0607

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
172	รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0475
173	รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.5446
174	รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0945
175	รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0693
176	รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0552
177	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติและแบบสมบุกสมบัน 25% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.2145
178	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติและแบบสมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.1072
179	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติและแบบสมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0715
180	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งปกติและแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0536
181	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.5344
182	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0786
183	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0543

ตารางที่ ข-13 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
184	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0419
185	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบ สมบุกสมบัน 0% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	km	0.6374
186	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบ สมบุกสมบัน 50% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0972
187	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบ สมบุกสมบัน 75% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0684
188	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน; ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	tkm	0.0536
189	เรือแบบ bulk	Transport, transoceanic tanker (เรือขนส่งข้ามมหาสมุทรแบบ bulk)	tkm	0.0056
190	เรือบรรทุก container	Transport, transoceanic freight ship (เรือขนส่งข้ามมหาสมุทรที่เป็นสินค้า)	tkm	0.0107
191	เรือขนส่งตามลำน้ำ	Transport, barge	tkm	0.0446

กลุ่ม Process

ตารางที่ ข-14 กลุ่มเครื่องจักรกลทางการเกษตร

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
1	การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 15 แรงม้า	สำหรับพื้นที่ราบ ในการปลูกข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	hr	10.0062
2	การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 35 แรงม้า	สำหรับพื้นที่ราบ ในการปลูกข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.04	hr	22.3072
3	การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 45 แรงม้า	สำหรับพื้นที่ราบ ในการปลูกข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.05	hr	28.5639
4	การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 70 แรงม้า	สำหรับพื้นที่ราบ ในการปลูกข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.06	hr	44.3889
5	การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 80 แรงม้า	สำหรับพื้นที่ราบ ในการปลูกข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.07	hr	50.8371
6	การใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 90 แรงม้า	สำหรับพื้นที่ราบ ในการปลูกข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.08	hr	56.9422
7	การใช้รถแทรกเตอร์สองล้อ (รถไถเดินตาม) (< 18 แรงม้า) ขับเคลื่อนด้วยน้ำมันดีเซล	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์และการนาไปใช้งานในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	hr	5.9162
8	การใช้รถแทรกเตอร์สองล้อ (รถไถเดินตาม) (< 18 แรงม้า) ขับเคลื่อนด้วยน้ำมันเบนซิน	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์และการนาไปใช้งานในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.04	hr	7.563
9	การใช้เครื่องเติมอากาศขนาด 2-3 แรงม้า	มีความเร็วรอบระหว่าง 80-120 rpm และใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานในช่วงการใช้งาน; LCIAmethod IPCC 2013 GWP 100a V1.03	hp-hr	1.2757
10	การใช้ไถหัวหมูโดยแทรกเตอร์ขนาด 90 แรงม้า (คิดรวมการใช้รถแทรกเตอร์แล้ว)	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตจาน และการนำไปใช้ในการเกษตรของประเทศไทย; เหมาะสำหรับดินประเภทดินร่วน หรือดินเหนียวปนทราย; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0072
11	การไถด้วยจานโดยแทรกเตอร์ขนาด 90 แรงม้า (คิดรวมการใช้รถแทรกเตอร์แล้ว)	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตจาน และการนาไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0047

12	การไถดินดานโดยแทรกเตอร์ขนาด 90 แรงม้า (คิดรวมการใช้รถแทรกเตอร์แล้ว)	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตจาน และการนาไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0062

ตารางที่ ข-14 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
13	การไถยกร่องโดยแทรกเตอร์ขนาด 90 แรงม้า (คิดรวมการใช้รถแทรกเตอร์แล้ว)	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตจาน และการนำไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0043
14	การพรวนจานโดยแทรกเตอร์ขนาด 90 แรงม้า	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตจาน และการนาไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0039
15	การพรวนชี่สริงโดยแทรกเตอร์ขนาด 90 แรงม้า	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตอุปกรณ์ต่อพ่วง และการนำไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.003
16	การไถพรวนด้วยเหล็กแหลมโดยแทรกเตอร์ขนาด 90 แรงม้า	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตจาน และการนำไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0044
17	การไถลูกกลิ้งโดยแทรกเตอร์ขนาด 90 แรงม้า	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตอุปกรณ์ต่อพ่วง และการนำไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0015
18	การใช้เครื่องปลูกหัวมันสำปะหลังขนาด 90 แรงม้า	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตอุปกรณ์ต่อพ่วง และการนำไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0022
19	การใช้เครื่องหว่านปุ๋ยเม็ดขนาด 35 แรงม้า	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตเครื่องหว่านและการนำไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0012
20	การใช้เครื่องใส่ปุ๋ยมูลสัตว์ขนาด 90 แรงม้า	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตเครื่องหว่านและการนาไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0023
21	การใช้เครื่องใส่ปูนขาวขนาด 90 แรงม้า	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตเครื่องหว่านและการนำไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.003
22	การใช้เครื่องพรวนระหว่างแถว (การไถย่อยดิน) ขนาด 35 แรงม้า	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตเครื่องหว่านและการนำไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0014
23	การใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าว	มีถังเก็บข้าว 2.5 ตันและเกี่ยวได้30 -50 ไร่/วัน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0067
24	การใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวโพด	ลูกกะเทาะขนาด 24 นิ้วติดพ่วงท้ายแทรกเตอร์ขนาด 60-75 แรงม้า มีอัตราการทำงาน 6-8 ตันต่อชั่วโมง; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0076
25	การใช้เครื่องพรวนเพื่อกาจัดวัชพืชขนาด 35 แรงม้า	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตอุปกรณ์ต่อพ่วง และการนำไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0013

ตารางที่ ข-14 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
26	การใช้รถไถตอซังขนาด 35 แรงม้า	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตอุปกรณ์ต่อพ่วง และการนำไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0027
27	การใช้เลื่อยขนาด 2-3 แรงม้า	ใช้เบนซินเป็นแหล่งพลังงานในช่วงการใช้งาน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	hp-hr	1.4378
28	การใช้เครื่องหวานเมล็ดขนาด 35 แรงม้า	คลอบคลุมการผลิตรถแทรกเตอร์ การผลิตเครื่องหว่านและการนาไปใช้ในการเกษตร; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0019
29	การใช้ เครื่องสบู่น้ำสำหรับการเกษตรขนาด 15 แรงม้า	เหมาะสำหรับเครื่องสูบน้ำ (ปั๊มน้ำ) ขนาดความเร็วการสูบน้ำที่ประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.051
30	การใช้เครื่องพ่นยาแบบติดท้ายรถแทรคเตอร์ ขนาด 35 แรงม้า	ต่อพ่วงเข้ากับรถแทรกเตอร์ขนาดกลางหรือขนาดใหญ่แล้ว; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	0.0008
31	การใช้เครื่องพ่นยาแบบสูบโยกสะพายหลังขนาด 2-5 แรงม้า	ใช้เบนซินเป็นแหล่งพลังงานในช่วงการใช้งาน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^2	6.1457E-10

ตารางที่ ข-15 การจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และการปรับปรุงน้ำเสียในชุมชน

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
32	การจัดเก็บรวบรวม และขนถ่ายขยะมูลฝอยชุมชน	การจัดเก็บและรวบรวมขยะมูลฝอย ครอบคลุมรูปแบบการจัดเก็บและรวบรวม 2 แบบ คือ 1.การเก็บขนจากบ้านเรือนจุดพักขยะ และถังขยะริมทางเท้าไปยังสถานีขนถ่ายขยะมูลฝอย และขนส่งไปยังแหล่งกำจัดขยะมูลฝอย และ 2.การเก็บขยะจากบ้านเรือนและ ขนไปกำจัด ณ แหล่งกำจัดขยะมูลฝอยโดยตรง; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0143
33	การคัดแยกขยะมูลฝอยชุมชน	การคัดแยกขยะมูลฝอยครอบคลุมตั้งแต่การรับขยะมูลฝอยชุมชนและพักขยะในบริเวณคัดแยก การลำเลียงขยะบนสายพาน การแยกขยะมูลฝอยทั่วไปและการคัดแยกโลหะ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0159
34	การกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนแบบเทกอง	การกำจัดขยะแบบเทกองครอบคลุมกิจกรรมการดำเนินงาน ณ ลานเทกองได้แก่ การบด อัด หรือดันขยะในพื้นที่ลานเทกอง และการลดกลิ่นขยะที่เกิดขึ้น; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.0388
35	การฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล	การฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล ครอบคลุมกิจกรรมการดำเนินงาน ณ ลานฝังกลบขยะมูลฝอย ได้แก่ การบด อัด หรือดันขยะในพื้นที่ฝังกลบ และการลดกลิ่นขยะที่เกิดขึ้น; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.7933
36	การฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนแบบติดตั้งระบบนำก๊าซมีเทนมาใช้ประโยชน์	การฝังกลบซึ่งมีการติดตั้งระบบนำก๊าซชีวภาพที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในหลุมฝังกลบและมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนเป็นหลักนาไปใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0175
37	การจัดการมูลฝอยสด (การหมักแบบไร้อากาศ)	การหมักแบบไร้อากาศเป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยฐานข้อมูลชุดนี้เป็นการย่อยสลายแบบ wet digestion process; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.1102
38	ปุ๋ยหมักอินทรีย์ จากการจัดการมูลฝอยสด	การทำปุ๋ยอินทรีย์ เป็นการหมักแบบใช้อากาศ โดยหมักด้วยสารเร่ง; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.3326
39	ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ จากการจัดการมูลฝอยสด	การทำปุ๋ยอินทรีย์ เป็นการหมักแบบใช้อากาศ โดยหมักด้วยสารเร่ง; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.04	kg	0.3338
40	การรวบรวมน้ำเสียชุมชนของประเทศ, ค่าเฉลี่ยประเทศไทย	การรวบรวมน้ำเสีย อาศัยแรงโน้มถ่วงที่ไหลไปตามเส้นท่อ ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.0101

ตารางที่ ข-15 (ต่อ)

No.	Name	Detail	Unit	Factor ($KgCO_2eq$)
41	การรวบรวมน้ำเสียชุมชนของเมืองขนาดใหญ่	การรวบรวมน้ำเสีย อาศัยแรงโน้มถ่วงที่ไหลไปตามเส้นท่อจากเมืองที่มีประชากรมากกว่า 50,000 คนขึ้นไป; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.002
42	การรวบรวมน้ำเสียชุมชนของเมืองขนาดกลาง	การรวบรวมน้ำเสีย อาศัยแรงโน้มถ่วงที่ไหลไปตามเส้นท่อจากเมืองที่มีประชากรมากกว่า 10,000-50,000 คนขึ้นไป; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.0373
43	การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียชุมชนของประเทศ	ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลการปรับปรงคุณภาพน้ำเสียชุมชนของเมืองขนาดใหญ่และเมืองขนาดกลาง; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.1201
44	การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียชุมชนของประเทศขนาดใหญ่	การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียด้วยเทคโนโลยีระบบบำบัดแบบ AS/CASS/CSAS/VLR-AS/Two-stage AS/OD; ข้อมูลจากเมืองที่มีประชากรมากกว่า 50,000 คนขึ้นไป; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.129
45	การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียชุมชนของประเทศขนาดกลาง	การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียด้วยเทคโนโลยีระบบบำบัดแบบ AL/OD/SP; ข้อมูลจากเมืองที่มีประชากร 10,000-50,000 คน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.0901
46	การรวบรวมและการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียชุมชนของประเทศ	ข้อมูลเฉลี่ยของการรวบรวมและการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียชุมชนของเมืองขนาดใหญ่ และการรวบรวมและการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียชุมชนของเมืองขนาดกลาง; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.1302
47	การรวบรวมและการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียชุมชนของประเทศขนาดใหญ่	การรวบรวมน้ำเสียอาศัยแรงโน้มถ่วงที่ไหลไปตามเส้นท่อจากเมืองที่มีประชากรมากกว่า 50,000 คนขึ้นไป; เทคโนโลยีระบบบำบัดแบบ AS/CASS/CSAS/VLR-AS/Two-stage AS/OD; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.131
48	การรวบรวมและการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียชุมชนของประเทศขนาดกลาง	การรวบรวมน้ำเสีย อาศัยแรงโน้มถ่วงที่ไหลไปตามเส้นท่อจากเมืองที่มีประชากรมากกว่า 50,000 คนขึ้นไป; เทคโนโลยีระบบบำบัดแบบ AL/OD/SP; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	m^3	0.1274

ตารางที่ ข-16 การฝังกลบขยะ

49	กระดาษ / กระดาษกล่อง	-	kg	2.93
50	ผ้า	-	kg	2
51	เศษอาหาร	-	kg	2.53
52	เศษไม้	-	kg	3.33
53	กิ่งไม้ ต้นหญ้าจากสวน	-	kg	3.27
54	ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ	-	kg	4
55	ยางและหนัง	-	kg	3.13

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายกษิดิศ ดาวเรือง

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การออกแบบโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ Carbon Footprint และความคุ้มค่าการลงทุนของผลิตภัณฑ์

สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม

ประวัติ ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2559-2563 : ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สา ขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยธนบุรี

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2564-2566 : ตำแหน่ง Engineer PSN KEIGOUKIN CORPORATION CO., LTD.