การประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือด้วยการพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นในประเทศไทย

นาย ปรัชญา เคียงประคอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CARBON FOOTPRINT ASSESSMENT OF BOOK PRODUCTION BY SHEET-FED OFFSET PRINTING IN THAILAND

Mr. Pradya Khiangprakhong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Imaging Technology
Department of Imaging and Printing Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือด้วยการพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นในประเทศไทย
โดย	นาย ปรัชญา เคียงประคอง
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย

คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พรทวี พึ่งรัศมี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.สุจิตรา สื่อประสาร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.จิตติ มังคละศิริ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปรัชญา เคียงประคอง : การประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือด้วยการพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นในประเทศไทย. (CARBON FOOTPRINT ASSESSMENT OF BOOK PRODUCTIONBY SHEET-FED OFFSET PRINTING IN THAILAND)
อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร. อรัญ หาญสืบสาย, 59 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาวัฏจักรชีวิตการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในกระบวนการผลิตหนังสือและแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือนั้น ๆ จากโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยกำหนดขอบเขตการพิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การจัดส่งการจำหน่าย รวมถึงการกำจัดซาก (disposal) และการเวียนทำใหม่ (recycle) การจัดเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น ข้อมูลการใช้พลังงานและวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งได้จากการสำรวจและวิเคราะห์ในโรงพิมพ์โดยตรง เช่น ปริมาณการใช้กระดาษ หมึกพิมพ์ แม่พิมพ์ น้ำยาเฟาว์เทน ประเภทของรถบรรทุก ระยะทางในการขนส่ง ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการผลิต การขนส่งหนังสือ การจัดจำหน่าย การเวียนใช้ใหม่ของเศษกระดาษ ฟิล์ม แม่พิมพ์และสารเคมีที่ใช้แล้ว การกำจัด ในขณะข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2e) ที่ได้มาจากฐานข้อมูลของห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ของหน่วยงาน MTEC และฐานข้อมูลจากประเทศญี่ปุ่น หาค่าปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยการนำค่าการใช้พลังงานและวัตถุดิบในการผลิต คูณเข้ากับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในหน่วย กิโลกรัม ต่อ 1 หน่วยน้ำหนักของประเภทวัสดุ พลังงานหรือขั้นตอนนั้น ๆ ซึ่งผลรวมที่ได้จะเป็นค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ในการผลิตหนังสือเล่มนั้น ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ลายมือชื่อนิสิต ปรัชญา เคียงประคอง

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ

ปีการศึกษา 2553

5272407223 : MAJOR IMAGING TECHNOLOGY

KEYWORDS : CARBON FOOTPRINT / $LCCO_2$ / BOOK PRODUCTION

PRADYA KHIANGPRAKHONG : CARBON FOOTPRINT ASSESSMENT OF BOOK PRODUCTIONBY SHEET-FED OFFSET PRINTING IN THAILAND. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. ARAN HANSEAUSAI, Ph.D., 59 pp.

Printing service LCCO2 (Life Cycle CO_2) and Carbon Footprint in Thailand was proposed. The aim was to measure and forecast the carbon footprint validity of printed text books in Thailand. We conducted the LCCO2 practice at Chulalongkorn University printing house. The system boundary included materials procurement and utilities, production, delivery, disposal and recycle. The primary data was surveyed and analyzed in the printing house, such as the usage amount of printing materials, truck size and distance to destination, electricity, delivery distance, recycled paper films chemicals and printing plates, and incineration, etc. Emission factor was carbon dioxide equivalent coefficients, reported in the database of Life Cycle Assessment (LCA) of Product Laboratory in Thailand (MTEC) and Japan. The LCCO2 calculation was done by multiplying the data obtained from book production in the printing house by the relevant coefficients of carbon dioxide equivalent. This led to the establishment of carbon footprint assessment of a printed text book.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Imaging and Printing Technology Student's Signature Pradya khiangprakhong

Field of Study : Imaging Technology Advisor's Signature Aran Hanseausai

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือ ให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิทยาศาสตร์ภาพถ่ายและเทคโนโลยีการพิมพ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการทำงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่างๆ ในการเก็บข้อมูล

ขอกราบขอบพระคุณ บริษัท โอเชี่ยนฟิล์ม จำกัด ที่ให้คำปรึกษาของการพิมพ์ออฟเซตแบบคอมพิวเตอร์ทูเพลท

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ที่คอยช่วยเหลือ ให้กำลังใจและสิ่งที่ดีแก่ลูกเสมอมา

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ภาพถ่ายและเทคโนโลยีการพิมพ์ ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกตลอดการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือทำให้งานวิจัยลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ฎ

สารบัญภาพ.....ฐ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....4

2.1.1 ความหมายและความสำคัญของคาร์บอนฟุตพรินต์.....4

2.1.2 ฉลากคาร์บอนฟุตพรินต์.....6

2.1.3 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์.....8

2.1.3.1 รูปแบบการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจก.....8

2.1.3.2 ชนิดของแก๊สเรือนกระจก.....9

2.1.3.3 กรอบแนวคิดการคำนวณ.....9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.1.3.4 ข้อมูลและคุณภาพข้อมูล.....14

2.1.3.5 การคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์.....16

2.1.4 ระบบพิมพ์ออฟเซต.....18

2.1.4.1 หลักการพิมพ์ออฟเซต.....18

2.1.4.2 สมดุลระหว่างน้ำกับหมึกพิมพ์.....19

2.1.4.3 ประเภทโครงสร้างของเครื่องพิมพ์ออฟเซต.....19

2.1.4.4 ระบบพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม.....21

2.1.5 กระบวนการผลิตหนังสือหรือสิ่งพิมพ์ภายในโรงพิมพ์แห่งจุฬาฯ.....22

2.1.5.1 กระบวนการก่อนพิมพ์.....22

2.1.5.2 กระบวนการพิมพ์.....24

2.1.5.3 กระบวนการหลังพิมพ์.....24

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....26

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....27

3.1 เป้าหมายและขอบเขตการประเมิน.....27

3.1.1 เป้าหมาย.....27

3.1.2 กระบวนการเก็บข้อมูลและประเมิน.....27

3.2 ตรวจสอบรายละเอียดของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต.....29

3.2.1 ข้อมูลรายละเอียดของหนังสือตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา.....29

3.2.2 กระบวนการผลิตหนังสือ.....29

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

3.3 รวบรวมและประเมินข้อมูลการใช้พลังงาน และวัตถุดิบในการผลิต 32
3.3.1 การคำนวณหรือประเมินปริมาณจากวัตถุดิบที่ใช้จริง 32
3.3.1.1 การคำนวณกระดาษในการผลิต 32
3.3.1.2 การคำนวณฟิล์มในการผลิต 32
3.3.1.3 การคำนวณแม่พิมพ์ในการผลิต 32
3.3.1.4 การประเมินหมึกและสารเคลือบที่ใช้ในกระบวนการผลิต.....32
3.3.1.5 การประเมินกาวที่ใช้ในกระบวนการผลิต.....32
3.3.2 ประเมินจากฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นใหม่ 33
3.3.2.1 การประเมินสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตฟิล์ม 33
3.3.2.2 การประเมินสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ 33
3.3.2.3 การประเมินสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ 33
3.3.2.4 การประเมินสารเคมีที่ใช้ในล้างเครื่องพิมพ์.....33
3.3.2.5 การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ 34
3.3.3 สอบถามจากพนักงานหรือผู้เกี่ยวข้องภายในกระบวนการ.....35
3.3.4 ปริมาณการใช้พลังงานและวัตถุดิบทั้งหมดของการผลิตหนังสือ 36
3.4 การรวบรวมข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์.....38
3.5 คำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของหนังสือ.....39
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 41
4.1 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 41
4.2 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ในขั้นตอนการผลิต 43

หน้า

4.3 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ในขั้นตอนการกระจายสินค้า 46

4.4 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ในขั้นตอนการจัดการซาก.....46

4.5 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ตลอดวัฏจักรชีวิตในการผลิตหนังสือ.....48

4.6 ผลการเปรียบเทียบจำนวนพิมพ์ในการผลิตหนังสือต่อค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ 52

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 55

5.1 สรุปผลการวิจัย.....55

5.2 ข้อเสนอแนะ 56

รายการอ้างอิง.....57

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....59

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3-1 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมงของอุปกรณ์และเครื่องจักรทางการพิมพ์.....34

3-2 ระยะทางการขนส่งวัตถุดิบ การจัดจำหน่าย และการจัดการซาก.....35

3-3 ปริมาณการใช้วัตถุดิบและไฟฟ้าในปัจจัยต่าง ๆ.....36

3-4 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า.....38

4-1 ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในการผลิตหนังสือด้วยระบบออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม.....50

4-2 ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในการผลิตหนังสือด้วยระบบออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม.....51

4-3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือเมื่อมีจำนวนการผลิตที่ต่างกันของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม.....53

4-4 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือเมื่อมีจำนวนการผลิตที่ต่างกันของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม.....54

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปประกอบที่ **หน้า**

2-1 ฉลากคาร์บอนฟุตพรินท์ในประเทศต่างๆ.....7

2-2 รูปแบบการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 8

2-3 ลักษณะโมของเครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น 18

2-4 เครื่องพิมพ์ออฟเซตระบบป้อนแผ่นสีเดียว 20

2-5 เครื่องพิมพ์ออฟเซตระบบป้อนม้วน.....21

2-6 แสดงกระบวนการผลิตหนังสือภายในโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 25

3-1 กระบวนการเก็บข้อมูลและการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือ.....28

3-2 ตัวอย่างหนังสือที่ใช้ในการศึกษา.....29

3-3 แผนผังกระบวนการผลิตหนังสือด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม 30

3-4 แผนผังกระบวนการผลิตหนังสือด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม.....31

4-1 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบในการผลิตหนังสือ จำนวน 500 เล่ม ของระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม 41

4-2 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบในการผลิตหนังสือ จำนวน 500 เล่ม ของระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม 42

4-3 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์มในส่วนการได้มาของวัตถุดิบ.....43

4-4 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของขั้นตอนการผลิตหนังสือจำนวน 500 เล่มของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม.....44

รูปประกอบที่ **หน้า**

4-5 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของขั้นตอนการผลิตหนังสือจำนวน 500 เล่มของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม.....44
4-6 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์มในส่วนของขั้นตอนการผลิต.....45
4-7 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของขั้นตอนการจัดการซากในการผลิตหนังสือจำนวน 500 เล่มของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม.....46
4-8 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของขั้นตอนการจัดการซากในการผลิตหนังสือจำนวน 500 เล่มของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม.....47
4-9 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์มในส่วนของขั้นตอนการจัดการซาก.....48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบัน ปัญหาสิ่งแวดล้อมเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของทุกคนโดยไม่สามารถปฏิเสธได้ ทั้งระดับประเทศและระดับต่างประเทศ มีแนวโน้มในการเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการขยายตัวของการใช้เทคโนโลยีต่างๆเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกสบาย ซึ่งล้วนแล้วแต่ส่งผลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น การทำลายสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ ส่งผลกระทบต่อมนุษย์หลายประการ เช่น ปัญหาการแปรปรวนของภูมิอากาศโลก การหมดไปของทรัพยากรธรรมชาติ ภัยพิบัติมีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้น มลพิษสิ่งแวดล้อม ขยายขอบเขตกว้างขวางมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อการดำรงอยู่ และการมีคุณภาพชีวิตที่ดีของมนุษย์ เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวทุกคนจึงต้องตระหนักถึงปัญหาร่วมกัน โดยศึกษาถึงลักษณะของปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้น ตลอดจนแสวงหาแนวทางในการป้องกันเพื่อแก้ปัญหา

หนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญนั่นก็คือ ปัญหาโลกร้อนได้มีการศึกษาถึง อากาศใกล้ผิวดินทั่วโลกในช่วงเวลา 100 ปีที่ผ่านมานับถึงพ.ศ. 2548 มีอุณหภูมิสูงขึ้นเฉลี่ย 0.74 ± 0.18 องศาเซลเซียส ซึ่งคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) ของสหประชาชาติได้สรุปไว้ว่า จากการ สังเกตการณ์การเพิ่มอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกที่เกิดขึ้นตั้งแต่พ.ศ.2490 ค่อนข้างแน่ชัดว่า เกิดจากการเพิ่มแก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยกิจกรรมของมนุษย์ที่เป็นผลให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก [1] ซึ่งแก๊สเรือนกระจกที่ควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโตมีทั้งหมด 6 ชนิด นั่นคือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และ เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) โดยแก๊สเหล่านี้จะกักเก็บความร้อนและป้องกัน มิให้ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังพื้นโลกสะท้อนกลับออกไปได้หมด ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกค่อย ๆ สูงขึ้น จึงเกิดปัญหาภาวะโลกร้อน ซึ่งภาวะโลกร้อนมิได้เป็นปัญหาของประเทศใดประเทศหนึ่ง แต่เป็นปัญหาที่ทั่วทั้งโลกจะต้องให้ความสำคัญอย่างยิ่ง การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ ล้วนเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ซึ่งล้วนผูกติดกับการใช้พลังงานทั้งสิ้น ในปี พ.ศ. 2540 จึงได้เกิดพิธีสารเกียวโตของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Kyoto Protocol) มีวัตถุประสงค์ที่จะลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยรวมของประเทศที่พัฒนาแล้วให้ไม่ น้อยกว่าร้อยละ

5 จากระดับการปล่อยโดยรวมในปี 2533 โดยรณรงค์ให้ทั่วโลกหันมาใช้พลังงานสะอาด หรือพลังงานทดแทนจากธรรมชาติ เพื่อเป็นการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยเฉพาะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อมให้น้อยลง พิธีสารเกียวโตจึงเข้ามาเป็นแรงผลักดัน และส่งผลให้ภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ต้องทำการควบคุม การปล่อยแก๊สเรือนกระจก

สำหรับอุตสาหกรรมการพิมพ์ในประเทศไทยนั้นยังไม่มีการศึกษาแนวคิดการคำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ตลอดวัฏจักรชีวิตของสิ่งพิมพ์อย่างจริงจัง เนื่องจากความไม่พร้อมของโรงพิมพ์ และไม่มีหน่วยงานที่ให้ความสนใจเรื่องนี้ เนื่องจากการประเมินหาคาร์บอนฟุตพรินต์ ต้องมีค่าใช้จ่ายในการลงทุน อีกทั้งมีกระบวนการในการประเมินหลายขั้นตอน ในขณะที่หลายประเทศในเอเชีย เช่น ประเทศญี่ปุ่น เกาหลีใต้ จีน มาเลเซีย ต่างให้ความสนใจกับเรื่องดังกล่าว และมีการดำเนินการแล้ว ซึ่งในอนาคตจะเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะธุรกิจการพิมพ์ หรือผลิตบรรจุภัณฑ์ เพราะผู้บริโภคจะขอทราบค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ในกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์เหล่านี้ ซึ่งจะเป็นเกณฑ์ข้อกำหนดของการซื้อขายสินค้าของโลกต่อไป มีข้อสังเกตว่าหลักการคิดและการคำนวณของแต่ละประเทศนั้นคล้าย ๆ กัน แต่จะต่างกันที่รายละเอียดและปัจจัยที่ใช้พิจารณาเท่านั้น เมื่อปี 2552 คณะกรรมการ ISO/TC130 ได้มีมติตั้งอนุกรรมการ เพื่อพิจารณามาตรฐานการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของสิ่งพิมพ์ จากแนวคิดของประเทศต่าง ๆ ให้เป็นแนวคิดเดียว เพื่อให้สามารถประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของสิ่งพิมพ์ได้อย่างถูกต้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน [2]

งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาหาแนวทางและปัจจัยต่าง ๆ ที่จะนำไปใช้คำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นของโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.หาพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญในการคำนวณคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือด้วยการพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นในประเทศไทย

2.เปรียบเทียบผลของการผลิตหนังสือด้วยการพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์มต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพรินต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือแรกเริ่มสถาปัตยกรรมของสยามประเทศ ซึ่งมีขนาด 7.5 x 10.25 ตารางนิ้ว หน้าปกพิมพ์ทั้ง 2 หน้า เนื้อในจำนวน 128 หน้า จำนวนพิมพ์ 500 เล่ม โดยกระดาษที่ใช้เป็นกระดาษอาร์ต 260 แกรม ขนาด 18 x 12.5 ตารางนิ้ว เนื้อในเป็นกระดาษ 70 แกรม ขนาด 21.5 x 31 ตารางนิ้ว หน้าปกพิมพ์ 4 สี ใช้หมึกโพรเซส เนื้อในพิมพ์สีเดียวคือ สีดำ แยกต่างหากหน้าปกเคลือบมันระบบยูวี การเข้าเล่มแบบไสสันทากาว และจัดจำหน่ายที่ศูนย์หนังสือจุฬ้า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้พารามิเตอร์ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือด้วยการพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นในประเทศไทย

2. ค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือ เปรียบเทียบระหว่างระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 ความหมายและความสำคัญของคาร์บอนฟุตพรินต์

คาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Product : CFP) คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตและบริการ (Life Cycle greenhouse gas emissions of goods and service) ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง กระบวนการผลิต การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าแสดงผลในเชิงปริมาณ คือ เทียบเท่ากับศักยภาพการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นกิโลกรัม (kg-CO_2 equivalent)

ประโยชน์ของการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ เบื้องต้นนั้นจะช่วยให้เราทราบถึงต้นเหตุที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อที่จะสามารถวางแผนจัดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาเหตุเหล่านั้นได้ ทั้งนี้ยังสามารถนำมาใช้เป็นกลยุทธ์ทางการตลาดในการจำหน่ายสินค้าได้อีกด้วย เนื่องจากเป็นการแสดงถึงความมุ่งมั่นในการรับผิดชอบต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งเรื่องเหล่านี้กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ที่สำคัญคาร์บอนฟุตพรินต์นั้นจะถูกใช้เป็นมาตรการสำคัญในการกีดกันทางการค้า โดยในปัจจุบันผู้ที่ส่งออกสินค้ารายย่อยไปยังกลุ่มประเทศยุโรป อาจจะยังไม่กระทบโดยตรง แต่ผู้ที่จัดหาสิ่งของ สินค้า หรือวัตถุดิบให้กับสินค้าแบรนด์เนม รวมถึงกลุ่มบริษัทผลิตอาหาร เสื้อผ้า และ ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ให้กับกลุ่มประเทศยุโรป เรื่องคาร์บอนฟุตพรินท์ถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง

จากการประชุมนานาชาติ International Conference/ Workshop on National LCI Database & Carbon Footprint ณ กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น เมื่อวันที่ 8-13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 นั้น เป็นการประชุมในเวทีที่มีการพูดกันในหลาย ๆ ประเด็นคือ

นานาชาติ เห็นด้วยที่จะมีการผลักดันผลิตภัณฑ์ที่มีป้ายบอกปริมาณการปล่อยก๊าซหรือคาร์บอนฟุตพรินต์ ที่เห็นได้ชัดคือ ในประเทศฝรั่งเศสกำลังจะออกกฎหมายเก็บภาษีคาร์บอน (17 ยูโรต่อตัน CO_2) โดยพยายามจะเริ่มใช้ในปี 2554 ในขณะที่ญี่ปุ่นมีแผนผลักดันเรื่องคาร์บอนฟุตพรินต์ โดยได้มีการทุ่มงบประมาณถึง 1 หมื่นล้านเยนตั้งแต่ปี 2552-2554 โดย 9 พันล้านเยนจะช่วยเอสเอ็มอีในประเทศญี่ปุ่น และอีก 1 พันล้านเยน จะให้ความช่วยเหลือประเทศในแถบเอเชีย ส่วนในจีน และไต้หวัน รวมทั้งบริษัทขนาดใหญ่ในเอเชีย เช่น ซัมซุง และเอเซอร์ ก็ให้ความสนใจ หรือแม้แต่โลตัส คาร์ฟูร์ วอล-มาร์ตเองก็มีการระบุว่าสินค้าที่สั่งมาจากทั่วโลกจะต้องมีป้ายระบุ ปริมาณการปล่อยคาร์บอนอีกด้วย ในขณะที่นานาชาติฝั่งซีกโลกตะวันตก นำโดยเยอรมนี บราซิล ได้ผลักดันให้การผลิตเชื้อเพลิงจากการเกษตรต้องมาจากพื้นที่เกษตรยั่งยืน โดยต้องมีการประเมินในเรื่องพื้นที่และผลกระทบเรื่องสิ่งแวดล้อม ประเทศ มาเลเซีย ประกาศ National Green Technology Policy เริ่มในวันที่ 24 กรกฎาคม 2552 นี้และมีการตั้งกระทรวงใหม่คือ Ministry of Energy Green Technology and Water เพื่อประสานทุกหน่วยงาน (มีแผนทำ Nation CFP ปี 2554-2558) เกาหลีใต้ ออกกฎหมาย Law Carbon & Green Growth Law เริ่มปี 2553 และจะลด GHG 30 เปอร์เซ็นต์ภายในปี 2563

ในประเทศไทยก็มีหลายบริษัทที่มีความตื่นตัว ทำการศึกษาและประเมินค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ เพื่อให้ได้การอนุมัติฉลากคาร์บอนฟุตพรินต์ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นบริษัทขนาดใหญ่ที่ต้องส่งสินค้าออกไปยังต่างประเทศ อาทิ ได้แก่ บริษัท การบินไทยมหาชน จำกัด บริษัท เบทาโก จำกัด (มหาชน) บริษัท เซรามิคอุตสาหกรรมไทย จำกัด บริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด(มหาชน) บริษัท เพรสซิเดนทีไรทซ์โปรดัก จำกัด บริษัท ทิปโก้ฟูดส์ (ประเทศไทย) จำกัด บริษัท บางชื่อโรงสีไฟเจียเม้ง จำกัด บริษัท ไทยรวมสินพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด บริษัท เอเชียไฟเบอร์ จำกัด (มหาชน) บริษัท คาร์เปทอินเตอร์แนชันแนลไทยแลนด์ จำกัด (มหาชน) บริษัท ยางโอตานิ จำกัด บริษัท บางกอกแคน แมนนูแฟคเจอริ่ง จำกัด และบริษัท อีสเทิร์น โพลี แพค จำกัด เป็นต้น โดยมีหน่วยงานองค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีสะอาดและวัสดุแห่งชาติในการจัดสร้างฐานข้อมูลเพื่อใช้สำหรับคำนวณคาร์บอนฟุตพรินต์ [3]

2.1.2 ฉลากคาร์บอนฟุตพรินต์

ในปัจุบันการตื่นตัวทางด้านสิ่งแวดล้อม เข้ามามีบทบาทอย่างเห็นได้ชัด ตามสื่อโฆษณาประชาสัมพันธ์ต่างๆ ก็เริ่มยกประเด็นการรักษาสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์มาใช้แข่งขันกันหนึ่งในเครื่องมือที่ใช้ในการประชาสัมพันธ์เรื่องประเด็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมนั่นก็คือ ฉลากสิ่งแวดล้อม

ฉลากสิ่งแวดล้อม คือ สัญลักษณ์ เครื่องหมาย หรือ ข้อความ ที่แสดงคุณสมบัติเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ฉลากสิ่งแวดล้อมนี้จึงเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่ใช้ตลาดเป็นเครื่องมือในการปกป้องสภาพแวดล้อมโดยเน้นการมีส่วนร่วมของผู้บริโภคและผู้ผลิตแบบสมัครใจ เป็นการมอบฉลากให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน แต่มีคุณภาพการใช้งานอยู่ในมาตรฐานเดียวกัน โดยจะหมายถึงสินค้าและบริการทั่วๆ ไป ยกเว้น อาหาร ยา และเครื่องดื่ม ซึ่งเป็น ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพและความปลอดภัยมากกว่าด้านสิ่งแวดล้อม โดยมีมาตรฐาน ISO 14020: General Principles เป็นหลักการขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับการพัฒนาและการใช้ฉลากสิ่งแวดล้อม ประกาศใช้ในปี พ.ศ. 2541 ปัจจุบันฉลากสิ่งแวดล้อมแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ [4]

1) ฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 1 เป็นฉลากที่ดำเนินการโดยองค์กรอิสระ มอบให้กับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนดขององค์กรนั้น โดยมีมาตรฐานที่ใช้เป็นแนวทาง คือ ISO 14024: Type I Environmental Labeling Principles and Procedures เป็นแนวทางหลักการและข้อกำหนดของวิธีการรับรองผลิตภัณฑ์ที่จะใช้ฉลากผลิตภัณฑ์ประเภทที่ 1 ประกาศใช้เมื่อปี พ.ศ. 2542

2) ฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 2 เป็นฉลากผลิตภัณฑ์ที่ผู้ผลิตเป็นผู้ออกฉลากเอง เพื่อความมุ่งหมายเฉพาะด้าน โดยมีมาตรฐานที่ใช้เป็นแนวทาง คือ ISO 14021: Self-declares Environmental Claims (Type II Environmental Labeling) ซึ่งเป็นคำนิยามและคำศัพท์เกี่ยวกับการใช้ฉลากผลิตภัณฑ์ประเภทที่ 2 ในการประกาศคุณสมบัติทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ประกาศใช้ในปี พ.ศ. 2542

3) ฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 เป็นฉลากที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ พลังงาน ปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับฉลากโภชนาการของ

อาหาร โดยมีมาตรฐานที่ใช้เป็นแนวทาง คือ ISO/TR 14025: Type III Environ-mental Declaration เป็นแนวทาง หลักการ และข้อกำหนดของวิธีการรับรองผลิตภัณฑ์ที่จะใช้ฉลากผลิตภัณฑ์ประเภทที่ 3 ประกาศใช้ในปี พ.ศ. 2543

ฉลากคาร์บอนฟุตพรินต์ จัดเป็นเครื่องหมายสิ่งแวดล้อมที่มีลักษณะใกล้เคียงฉลากประเภทที่ 3 ซึ่งจะบอกรายละเอียดเพียงประเด็นปัญหาโลกร้อนเพียงประเด็นเดียว โดยฉลากจะติดบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อแสดงข้อมูลให้ผู้บริโภคทราบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าใด ตั้งแต่กระบวนการหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดเมื่อกลายเป็นของเสียซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค และยังกระตุ้นให้ผู้ประกอบการปรับเปลี่ยน เทคโนโลยีในการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ที่สำคัญแนวทางดังกล่าวยังช่วยเพิ่มขีด ความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกด้วย เนื่องจากขณะนี้หลายประเทศเริ่มมีการนำคาร์บอนฟุตพรินต์มาใช้กันแล้ว ทั้งในอังกฤษ ฝรั่งเศส สวิตเซอร์แลนด์ แคนาดา ญี่ปุ่น และเกาหลี เป็นต้น และมีการเรียกร้องให้สินค้าที่นำเข้าจากประเทศไทยต้องติดเครื่องหมายคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ด้วย นอกจากนั้น หากประเทศไทยมีการดำเนินโครงการและเก็บข้อมูลการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ที่ชัดเจน จะช่วยให้เรามีอำนาจในการต่อรองมากขึ้นในการประชุมระดับโลก เพื่อกำหนดแนวทาง แก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน จากจุดยืนของประเทศที่ตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม เอ็มเทคได้ร่วมกับองค์การบริหาร จัดการแก๊สเรือนกระจก จำกัด (มหาชน) หรือ อบก. และสิ่งแวดล้อมไทย จัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพรินต์ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ที่ผ่านมา โดยตั้งคณะกรรมการเทคนิคและร่างมาตรฐานการคำนวณปริมาณคาร์บอนเพื่อให้นานาชาติยอมรับ จากรูปที่ 2.1 แสดงถึงฉลากคาร์บอนฟุตพรินท์ของประเทศต่างๆ

รูปที่ 2.1 ฉลากคาร์บอนฟุตพรินท์ในประเทศต่าง ๆ

2.1.3 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์

แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์นี้ เป็นการจัดทำเกณฑ์ (Criteria) กลางสำหรับใช้ประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกับทุกผลิตภัณฑ์เท่านั้น ซึ่งในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์ คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ ได้มีการจัดทำข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (Product Category Rules:PCRs) เพื่อให้สามารถประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของแต่ละผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันมากขึ้น ทั้งนี้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มีการกำหนด PCRs ไว้ ก็สามารถนำ PCRs ที่พัฒนาขึ้นตามมาตรฐาน ISO14025 มาประยุกต์ใช้ร่วมกันได้

2.1.3.1 รูปแบบการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจก สามารถแบ่งรูปแบบของการประเมินได้ 2 ประเภท ได้แก่ 1) แบบ Business-to-Consumer : B2C เป็นการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ 2) แบบ Business-to-Business : B2B เป็นการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ จนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตต่อเนื่องตามที่กำหนดใน PCRs ของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยรูปที่ 2.2 แสดงแผนผังรูปแบบการประเมินทั้งสองประเภท

รูปแบบการประเมินแบบ Business-to-Consumer : B2C

รูปแบบการประเมินแบบ Business-to-Business : B2B

รูปที่ 2.2 รูปแบบการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจก

2.1.3.2 ชนิดของแก๊สเรือนกระจก แก๊สเรือนกระจกที่ประเมินประกอบด้วยแก๊ส 6 ชนิดตามที่ควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

2.1.3.3 กรอบแนวคิดการคำนวณ (Methodological Framework) การประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ควรดำเนินการ 4 ขั้นตอนตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การวิเคราะห์บัญชี รายการด้านสิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบ และการแปลผลโดยต้องวิเคราะห์ตามขั้นตอนวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการจัดการซากหลังจากการใช้งาน การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน ต้องกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาคาร์บอนฟุตพรินต์อย่างชัดเจนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการนำไปประยุกต์ใช้

1) เป้าหมาย กำหนดเป้าหมายการศึกษาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของ การนำผลการศึกษาไปใช้ เช่น การศึกษาผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวเพื่อเปรียบเทียบการลดแก๊สเรือนกระจกในช่วงเวลาต่างๆ เป็นต้น การประเมินขนาดคาร์บอนฟุตพรินต์เพื่อใช้สื่อสารกับผู้บริโภค หรือเพื่อประโยชน์อื่นๆ ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ข้อมูล

2) ขอบเขต ต้องระบุประเด็นดังต่อไปนี้ กำหนดสิ่งที่จะศึกษา หน่วยการทำงาน ขอบเขตของระบบ ข้อมูลและคุณภาพข้อมูลวิธีการปันส่วน สมมุติฐานโดยเฉพาะในช่วงการใช้งาน การเลือกค่าต่างๆ สำหรับนำมาใช้คำนวณ ข้อจำกัดของการศึกษา

(1) หน่วยการทำงาน (Functional unit) การกำหนดหน้าที่และหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 14044 นอกจากนี้ผลการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกต้องอยู่ในรูปของแก๊สคาร์บอน-ไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

(2) ระบบผลิตภัณฑ์ (Product system) ต้องประกอบด้วยทุกขั้นตอนที่มีอยู่ในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่กระบวนการที่ได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตช่วงการใช้งานและการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ในกรณีที่ไม่สามารถศึกษาตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือเป็นการดำเนินงานในลักษณะ B2B ต้องมีการระบุขอบเขตไว้อย่างชัดเจนเพื่อเอื้อประโยชน์ให้กับองค์กรหรือผู้ผลิตที่ต้องการนำข้อมูลไปใช้ต่อ

(3) ขอบเขตระบบ (System boundary) ต้องแสดงขอบเขตการศึกษา ระบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการย่อย (unit Process) สารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้องโดยต้องกำหนดว่ากระบวนการย่อยใดบ้างที่ต้องทำการประเมินอย่างละเอียด เนื่องจากมีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ และกระบวนการย่อยใดที่สามารถใช้การประมาณการได้เนื่องจากไม่ได้มีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพรินต์อย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งกำหนดว่ากระบวนการย่อยใดที่ไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา ทั้งนี้การกำหนดขอบเขตการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ให้เป็นไปตามองค์ประกอบและเงื่อนไขดังต่อไปนี้

(3.1) ช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบและกระบวนการผลิต

(ก) วัตถุดิบ ให้รวมการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากทุกกระบวนการที่ใช้วัตถุดิบ การใช้พลังงาน รวมทั้งแหล่งที่มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยตรง หมายเหตุ

1. การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากวัตถุดิบจะรวมไปถึงการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการทำเหมือง หรือ การสกัดวัตถุดิบต่างๆ (ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เช่นเหล็ก น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติ) ของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละ ขั้นตอนการสกัด และกระบวนการขั้นต้นที่เกี่ยวกับวัตถุดิบและอื่นๆ

2. การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรมจะรวมไปถึงการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ย (การปล่อย N_2O ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน) การปล่อยแก๊สจากเพาะปลูกพืช (แก๊ส CH_4จากการปลูกข้าว) และการปล่อยแก๊สจากการปศุสัตว์ (เช่น CH_4จากโค กระบือ สุกร)

3. การปล่อยแก๊สเรือนกระจกสำหรับวัตถุดิบจะมีค่าเป็น 0 เมื่อวัตถุดิบนั้นๆ ไม่ได้ถูกผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงจากภายนอก เช่นสินแร่เหล็กก่อนถูกถลุง

(ข) พลังงานให้นำการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดหาและการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มารวมกับการปล่อยแก๊สที่เกิดจากระบบการจัดหาพลังงานด้วย หมายเหตุ: การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากพลังงานจะรวมถึงการปล่อยแก๊สที่เกิดจากวัฏจักรชีวิตของพลังงาน ซึ่งประกอบไปด้วย

1. การปล่อย ณ แหล่งที่มีการใช้พลังงาน (การปล่อยแก๊สอันเนื่องมาจากการเผาถ่านหินและแก๊ส) และ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การปล่อยแก๊สที่เกิดจากการจัดหาพลังงาน ประกอบด้วย

2.1 การผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อน และ

2.2 การปล่อยแก๊สที่เกิดจากเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่ง

2.3 การปล่อยแก๊สต้นน้ำ (เหมืองแร่ และการขนส่งเชื้อเพลิงไปยังแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าหรือเตาเผาอื่นๆ) รวมถึงกระบวนการทำมาให้ได้ชีวมวลเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง

2.4 การปล่อยแก๊สปลายน้ำ (การบำบัดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต)

(ฃ) สินค้าทุน (capital goods) ไม่ต้องคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากสินค้าทุน

(ค) ข้อกำหนดของการผลิตและการบริการ (Manufacturing and service provision) ให้นำการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตสินค้าและบริการภายในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มาคำนวณด้วย ในกรณีที่มีกระบวนการสร้างต้นแบบ (model) ของผลิตภัณฑ์ใหม่ ให้ทำการคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยทำการปันส่วนการปล่อยแก๊สไปยังผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ร่วม (co-product) ด้วย

(ฅ) การปฏิบัติงานในพื้นที่ (Operation of premises) ให้คำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากการปฏิบัติงานในพื้นที่ ซึ่งประกอบด้วยระบบแสงสว่าง ระบบความร้อน ระบบความเย็น การระบายอากาศ การควบคุมความชื้น และการควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ณ สถานที่นั้น โดยใช้วิธีการปันส่วนที่เหมาะสม เช่น ในกรณีของโกดังสินค้าให้ปันส่วนโดยใช้ช่วงเวลาที่ผลิตภัณฑ์ถูกเก็บ จำนวนผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์ในการคำนวณ เป็นต้น ซึ่งรวมถึงการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากโรงงาน โกดังสินค้า แหล่งกระจายสินค้า

(ฆ) การขนส่ง ทำการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่งโดยใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่ง โดยเรียงลำดับ วิธีการที่ต้องใช้คำนวณก่อน ดังนี้

1. ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้

2. ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงดังข้อ 1 ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกตามประเภทรถที่ใช้ขนส่ง

3. หากไม่มีข้อมูลตามข้อ 1. และ 2. ให้คำนวณการขนส่งโดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้นคือมีระยะทางการขนส่งเป็น 700 กิโลเมตร (กรุงเทพฯ - เชียงใหม่) พิจารณาทั้งเที่ยวไปและเที่ยวกลับ (เที่ยวไปคิดเป็นการขนส่งผลิตภัณฑ์เป้าหมายทั้งหมด ส่วนขากลับคิดเดินทางกลับด้วยรถเปล่า) จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย แก๊สเรือนกระจก (emissionfactor) ของรถบรรทุกกึ่งพ่วง 22 ล้อ ขนาด 32 ตัน ทั้งนี้หากเป็นการประเมินแบบ B2B ให้คำนวณจนถึง ณ จุดที่ออกจากโรงงาน หากเป็นการประเมินแบบ B2C ให้คิดไปถึงจุดกระจายสินค้าหรือจุดขายหลัก

(ง) บรรจุภัณฑ์ ให้ประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของบรรจุภัณฑ์โดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิ หากไม่มีข้อมูลปฐมภูมิให้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ และสามารถละเว้นการคำนวณหากเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีสัดส่วนน้อยกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพรินต์ของช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบสำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ (material acquisition state)ในกรณีของการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์จำพวกบรรจุภัณฑ์โดยตรง ต้องใช้ข้อมูลปฐมภูมิของวัตถุดิบหลักที่นำมาผลิตบรรจุภัณฑ์

(3.2) ช่วงการใช้งาน ทำการคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกระหว่างการใช้งานผลิตภัณฑ์ด้วย ยกเว้นการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกแบบ B2B ที่ไม่ต้องนำมาใช้คำนวณ

(3.3) ช่วงหลังการใช้งาน (final disposal) คำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งานด้วย (ยกเว้นการประเมินแบบ B2B) หากไม่มีข้อมูลปฐมภูมิ ให้คำนวณโดยกำหนดให้ใช้ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการกำจัดซากผลิตภัณฑ์แบบการฝังกลบ (landfill) ในกรณีที่การปล่อยแก๊สเรือนกระจกหลังการใช้งานซึ่งถูกถ่ายเทไปยังระบบอื่น เช่น การเผาไหม้แก๊สมีเทนที่เกิดจากหลุมฝังกลบ ให้ทำการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่

ลดลงดังกล่าวด้วยการคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกแบบการฝังกลบให้ใช้ตามข้อมูลปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น (t CO_2e ต่อตันมูลฝอย) ของ IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 5: Waste

สำหรับการขนส่งขยะคิดระยะทางเที่ยวละ 40 กิโลเมตร ขนไปกำจัดด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ ขนาด 16 ตัน (ในทางปฏิบัติรถบรรทุกขยะจะเป็นรถ 6 ล้อ บรรทุกน้ำหนัก 15 - 20 ตัน หากแต่ฐานข้อมูลไทยมีเพียง ล้อ ขนาด 16 ตัน จึงใช้อนุมานเทียบเคียง) บรรทุกแบบน้ำหนักเต็ม และให้พิจารณาการขนส่งขากลับที่เป็นรถบรรทุกขยะเปล่าด้วย

(4) ประเด็นที่ไม่กำหนดให้อยู่ในขอบเขตระบบกิจกรรมที่ไม่ต้องคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ได้แก่ พลังงานของมนุษย์ที่ใช้สำหรับกระบวนการต่างๆ และ/หรือ สำหรับการเตรียมกระบวนการ (เช่น การเก็บผลไม้ด้วยมือ) การเดินทางไป-กลับของลูกค้า ณ จุดขายปลีก การเดินทางของพนักงานทั้งไปและกลับจากที่ทำงาน การบริการขนส่งโดยใช้สัตว์

(5) สัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ (Material contribution) และค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้การประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกต้องคำนวณเฉพาะวัตถุดิบ สารขาเข้า และพลังงานที่ใช้ทั้งหมดสำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยคิดทุกช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษา ทั้งนี้ต้องมีข้อมูลปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งหมด สำหรับข้อมูลที่ขาดซึ่งต้องมีสัดส่วนไม่เกินร้อยละ 5 ของปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของทั้งระบบผลิตภัณฑ์ ให้สามารถตัดออก (cut off) ข้อมูลดังกล่าวออกได้ และเมื่อตัดออกออกแล้วให้ทำการเพิ่มสัดส่วน (scale up) ของปริมาณแก๊สเรือนกระจกจากวัตถุดิบและสารขาออกรวมทุกรายการโดยใช้ฐานเท่ากับร้อยละ 100

(6) กรณีที่ไม่มีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของวัตถุดิบหรือสารขาออกบางชนิดในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของสารขาเข้าหรือสารขาออกใด ให้พิจารณาค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากประเภท คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบหรือสารขาออกที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมาคำนวณแทน สำหรับวัตถุดิบหรือสารขาออกที่ไม่สามารถจำแนกหรือหาค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกมาใช้คำนวณได้ ให้นำค่าการปล่อยแก๊สสูงสุด (Highest emission factor)ของวัสดุหรือสารขาออกในช่วงวัฏจักรชีวิตนั้น ๆ มาคำนวณแทน

2.1.3.4 ข้อมูลและคุณภาพข้อมูล

1) ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกควรคำนึงถึงประเด็นดังต่อไปนี้

(1) เวลา (time relate coverage) อายุของข้อมูล และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณให้ใช้ค่าเฉลี่ยของทั้งปี

(2) ภูมิศาสตร์ (geographical coverage) พื้นที่เชิงภูมิศาสตร์ของแหล่งที่ทำการเก็บข้อมูลเพื่อตอบสนองจุดประสงค์ของการศึกษา (เช่นการเก็บตัวอย่างข้อมูลยางพาราที่จังหวัดนครศรีธรรมราชทางตอนใต้ของประเทศไทย เป็นต้น)

(3) เทคโนโลยี (technology coverage) เทคโนโลยีที่ใช้ผลิตข้อมูลที่ศึกษา อาจเป็นเทคโนโลยีเฉพาะทาง หรือมีการใช้เทคโนโลยีหลายชนิด

(4) ความเที่ยง (precision) ให้ความสำคัญกับความแปรปรวนทางสถิติของฐานข้อมูลซึ่งขึ้นอยู่ชนิดของฐานข้อมูล (ถ้ามี)

(5) ความครบถ้วน (completeness) ดูความสมบูรณ์ของสารขาเข้าและขาออกของกระบวนการผลิต และแปลงตีค่าออกมาเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งจะสามารถได้มาจากการวัดจริง หรือจากการประมาณค่า

(6) ความเป็นตัวแทนของข้อมูล (representativeness) พิจารณาจาก เวลา ภูมิศาสตร์ และเทคโนโลยี ว่าฐานข้อมูลแสดงถึงลักษณะที่แท้จริงของข้อมูลหรือไม่ ตัวอย่างเช่น (ข้อมูลการปลูกข้าวหอมมะลิที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถเป็นตัวแทนของประเทศไทยได้เนื่องจากมีปริมาณการปลูกที่สูง และภาคอื่นมีกำลังการผลิตที่น้อยกว่ามากหรือข้อมูลการปลูกปาล์มน้ำมันจากภาคใต้สามารถเป็นตัวแทนของประเทศไทยได้เนื่องจากมีการผลิตที่สูงมาก เป็นต้น

(7) ความสม่ำเสมอ (consistency) เป็นการประเมินเชิงคุณภาพโดยพิจารณาจากการได้มาซึ่งฐานข้อมูลว่าสอดคล้องกัน ตัวอย่างเช่น ฐานข้อมูลการย้อมผ้าระหว่างสีเข้มและสีอ่อน ขอบเขตการทำงานและข้อบังคับของ การเก็บข้อมูลเหมือนกันหรือไม่

(8) ความสามารถในการทำซ้ำ (reproducibility) ในกรณีที่บุคคลอื่นมีความประสงค์ที่จะทำการวัดซ้ำ ด้วยวิธีการเดิม ค่าที่ได้ออกมาควรจะสอดคล้องกับข้อมูลที่มีอยู่

(9) แหล่งที่มาของข้อมูล (source of the data) สามารถอธิบายที่มาและความน่าเชื่อของข้อมูล ทั้งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ

(10) ความไม่แน่นอนของข้อมูล (uncertainty of the information) พิจารณาตัวแปรที่สามารถทำให้ฐานข้อมูลคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงเช่น การปันส่วน (allocation) การตัดออก (cut-off rule) สมมุติฐาน (assumption)

2) การเลือกใช้ข้อมูลในการประเมิน

การจัดเก็บข้อมูลปฐมภูมิสำหรับนำมาใช้ประเมิน ให้รวบรวมข้อมูลโดยตรงจากทุกกระบวนการย่อยในระบบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในการควบคุมขององค์กร ตัวอย่างเช่น ปริมาณการใช้พลังงาน การใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิต การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง เป็นต้นในกรณีของแก๊สเรือนกระจกที่มีแหล่งปล่อยจากกระบวนการผลิตช่วงต้นน้ำ (upstream) ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลปริมาณแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตได้ จึงสามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมและกระบวนการย่อยที่ไม่ได้อยู่ในการควบคุมโดยตรงขององค์กร ให้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ โดยเรียงลำดับดังนี้

(1) ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย

(2) ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทย ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (peer-reviewed publications)

(3) ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ LCA Software ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม ฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ

(4) ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น IPCC สหประชาชาติ

3) ข้อมูลการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในกรณีของน้ำมันและเชื้อเพลิง

ข้อมูลปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของน้ำมันและเชื้อเพลิง ประกอบด้วย (1) ปริมาณพลังงานที่ใช้ และ (2) ค่าเฉลี่ยการปล่อยแก๊สจากปริมาณน้ำมันและเชื้อเพลิงที่ใส่เข้าไป เช่น กิโลกรัมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมเชื้อเพลิง เป็นต้น

4) การผลิตไฟฟ้าและความร้อน ณ สถานที่นั้น (on site)

ในกรณีที่มีการผลิตและใช้กระแสไฟฟ้า และ/หรือความร้อน ณ สถานที่นั้น ให้มีการคำนวณค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าและ/หรือความร้อนด้วย รวมไปถึงการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง และการปล่อยแก๊สเรือนกระจกช่วงต้นน้ำ (Upstream emission) ทั้งหมด

5) การผลิตไฟฟ้าและความร้อนนอกสถานที่ (off site)

ในกรณีที่มีการผลิตไฟฟ้า และ/หรือความร้อนนอกสถานที่ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่นำมาใช้คำนวณควรประกอบด้วย กรณีของไฟฟ้าและความร้อนที่ถูกส่งมาจากแหล่งเพียงแหล่งเดียว (ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของระบบส่งพลังงานที่ใหญ่กว่า) ให้ใช้ค่าการปล่อยแก๊สที่เกี่ยวข้องกับแหล่งนั้นๆ และกรณีของไฟฟ้าและความร้อนที่ถูกส่งมาจากระบบพลังงานที่ใหญ่กว่า ให้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เจาะจงกับผลิตภัณฑ์นั้นมากที่สุด (เช่น ค่าเฉลี่ยการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของประเทศที่ใช้ไฟฟ้านั้น)

2.1.3.5 การคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ในการคำนวณหาค่าการปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ควรใช้วิธีการดังนี้

1) ข้อมูลปฐมภูมิต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยการคูณเข้ากับ emission factor ของประเภทวัสดุ พลังงานหรือกระบวนการนั้นๆ และบันทึกในรูปของปริมาณแก๊สเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

2) แปลงค่าปริมาณแก๊สเรือนกระจกให้อยู่ในรูปแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยการนำไปคูณกับค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของแก๊สเรือนกระจกแต่ละชนิด

3) ผลกระทบของการเก็บกักแก๊สของผลิตภัณฑ์ที่คำนวณตามข้อ 8 ข้อย่อยที่ 7) ต้องแสดงในรูปแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และลบด้วยค่าที่ได้จากการคำนวณในข้อ 2

4) ผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดต้องอยู่ในรูปแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย โดย

(1) การประเมินแบบ B2C: การปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดทั้งวัฏจักรชีวิต (รวมช่วงการใช้งาน) โดยให้ระบุแยกการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในช่วงใช้งานด้วย ซึ่งควรระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือสมมุติฐานที่กำหนดขึ้น รวมถึงการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับผู้บริโภคด้วย เช่น การจัดการของเสียหลังจากการใช้งานที่เหมาะสม เป็นต้น

(2) การประเมินแบบ B2B: การปล่อยแก๊สเรือนกระจกบางช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ให้คำนวณการปล่อยแก๊สทั้งหมดที่เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิต ทั้งนี้ข้อมูลปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของการประเมินแบบ B2B นี้ ไม่ควรเปิดเผยแก่ผู้บริโภคโดยตรง แต่เป็นข้อมูลที่ให้กับองค์กรหรือผู้ผลิตรายอื่นที่อยู่ภายใต้ห่วงโซ่อุปทานเดียวกัน ทั้งนี้ ต้องมีการระบุช่วงวัฏจักรชีวิตที่ทำการประเมินไว้อย่างชัดเจนเพื่อให้ผู้ผลิตรายอื่นสามารถนำข้อมูลไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

(3) การประเมินแบบอื่นๆ ให้แสดงผลได้ขอบเขตแบบ B2Bและ B2C เท่านั้น ปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ประเมินนอกเหนือขอบเขตดังกล่าว สามารถระบุเป็นข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับผู้ใช้ข้อมูล 9.5 ในกรณีที่ไม่สามารถหาค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของวัตถุดิบหรือสารขาออกบางรายการได้ ควรประมาณค่าโดยใช้การวิเคราะห์แบบ High-level แล้ว เมื่อพบว่ารายการดังกล่าวมีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกน้อยกว่าร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับปริมาณแก๊สเรือนกระจกทั้งหมดที่ปล่อยออกจากผลิตภัณฑ์ จะสามารถตัดออก (cut off) รายการดังกล่าวออกได้ และเมื่อตัดออกแล้วให้ทำการเพิ่มสัดส่วน (scale up)ของปริมาณแก๊สเรือนกระจกจากวัตถุดิบและสารขาออกรวมทุกรายการโดยใช้ฐานเท่ากับร้อยละ 100 [5]

2.1.4 ระบบพิมพ์ออฟเซต

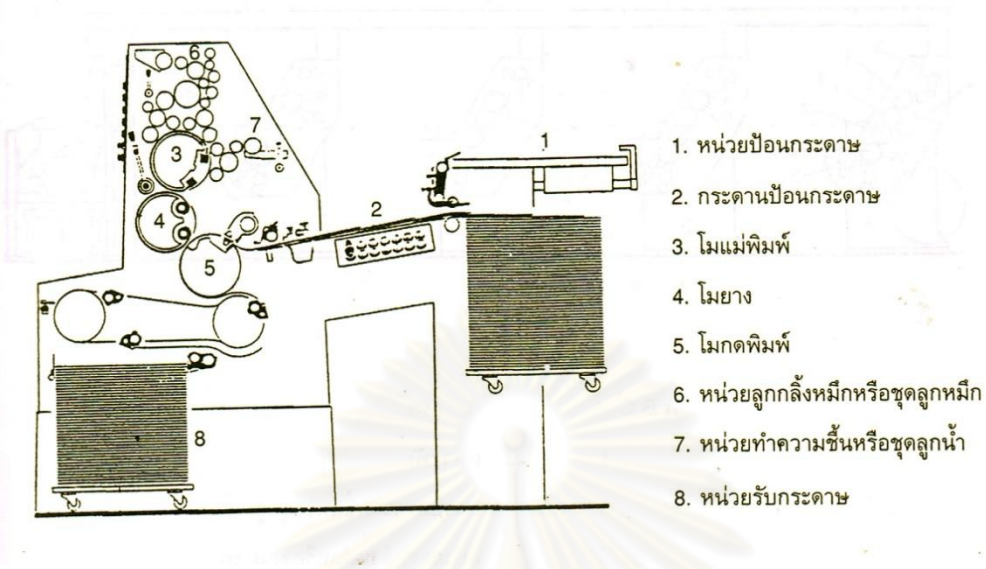
2.1.4.1 หลักการพิมพ์ออฟเซต การพิมพ์ออฟเซตพัฒนามาจากการพิมพ์หิน แล้วมีการพัฒนาแม่พิมพ์จากการใช้หินมาเป็นสังกะสีต่อมามีการค้นพบวัสดุไวแสง ซึ่งเป็นรากฐานของการผลิตแม่พิมพ์ในปัจจุบัน แต่การพิมพ์ได้เปลี่ยนแปลงจากการวิ่งกลับไปกลับมาเป็นการใช้ระบบโม (cylinder) ซึ่งเป็นรูปทรงกระบอกหมุนรอบตัวเอง แม่พิมพ์ทำด้วยสังกะสี มีลูกกลิ้งคลึงน้ำเพื่อให้ความเปียกชื้นที่แม่พิมพ์ ตามด้วยการผ่านลูกกลิ้งคลึงหมึกจนทั่วแม่พิมพ์ ในยุคต่อมาได้มีการเปลี่ยนแปลงเครื่องพิมพ์จากแบบที่แม่พิมพ์ถ่ายทอดภาพลงบนวัสดุโดยตรงซึ่งทำให้แม่พิมพ์สึกกร่อนเร็วมาเป็นการพิมพ์ลงบนผ้ายางที่ห่อหุ้มโมยาง (blanket cylinder) โดยผ้ายางนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางรับภาพจากแม่พิมพ์ เพื่อนำภาพนั้นไปถ่ายทอดลงบนวัสดุพิมพ์อีกทีหนึ่งเรียกว่า เป็นการพิมพ์ซ้อน ข้อดีของผ้ายางคือ มีการหยุ่นตัวดี ทำให้การถ่ายทอดภาพลงบนวัสดุพิมพ์ได้เรียบ คมชัด เก็บรายละเอียดได้ดีและพิมพ์ได้จำนวนมากขึ้น ซึ่งคุณสมบัติการหยุ่นตัวนี้ทำให้ผ้ายางอัดแน่นกับวัสดุพิมพ์ แม้แต่กระดาษผิวหยาบและไม่เรียบ เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์กระดาษอัดลายก็ยังสามารถทำให้ภาพพิมพ์เรียบและคมชัด โดยการอัดของโมกดพิมพ์ ภาพพิมพ์บนแม่พิมพ์ที่ทำเพื่อพิมพ์ด้วยวิธีนี้เป็นภาพจริง คือ เป็นภาพที่เหมือนกับภาพบนต้นฉบับและภาพบนวัสดุพิมพ์ทุกประการ ภาพจากแม่พิมพ์จะถูกถ่ายทอดลงบนโมยาง เป็นภาพกลับและถูกถ่ายทอดต่ออีกครั้งบนวัสดุพิมพ์ เป็นภาพจริง โดยรูปที่ 2.3 แสดงตำแหน่งโมที่สำคัญของเครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น [6]

รูปที่ 2.3 ลักษณะโมของเครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น

2.1.4.2 สมดุลระหว่างน้ำกับหมึกพิมพ์ การจ่ายน้ำเพื่อให้ความชื้นบนผิวหน้าแม่พิมพ์ในระบบการพิมพ์พื้นราบ ต้องให้ในปริมาณที่พอเหมาะกับปริมาณหมึกพิมพ์และเหมาะสมกับสัดส่วนบริเวณภาพต่อบริเวณไร้ภาพบนแม่พิมพ์ การจ่ายน้ำมาก ทำให้บริเวณภาพเกิดรอยด่าง หมึกพิมพ์เกาะได้ไม่เต็มที่ เพราะโดยทั่วไปลูกกลิ้งคลึงน้ำจะคลึงน้ำลงบนแม่พิมพ์ก่อน ลูกกลิ้งคลึงหมึกจึงจะคลึงหมึกลงบนแม่พิมพ์ตาม ทำให้ลูกกลิ้งคลึงหมึกรีดน้ำบางส่วนไปท้ายแม่พิมพ์ เป็นผลให้หมึกไม่เกาะบริเวณภาพ เพราะน้ำบางส่วนที่ตกค้างอยู่บนบริเวณภาพจะผลักดันหมึกไว้ เมื่อรอยน้ำหมดไปหมึกจึงจะเกาะติดบริเวณภาพได้ การจ่ายหมึกมาก ทำให้เม็ดสกรีนของภาพพิมพ์บวม (dot gain) และทำให้ภาพพิมพ์บริเวณไร้ภาพเปรอะเปื้อนหมึก การจ่ายน้ำน้อย ทำให้ภาพพิมพ์เปรอะเปื้อนหมึกที่บริเวณไร้ภาพเพราะน้ำไม่สามารถผลักดันหมึกบริเวณนี้ได้ ซึ่งเรียกกันทั่วๆไปว่าสกัม การจ่ายหมึกน้อย ทำให้ความเข้มของสีหมึกบริเวณภาพลดลง คือ ภาพจะมีสีซีด และบางครั้งจะเกิดรอยขี้หมึกที่แห้ง น้ำและหมึกสมดุล การจ่ายน้ำและหมึกที่พอดี จะไม่ทำให้ภาพพิมพ์เกิดรอยด่าง สกัม หรือ ภาพสีซีด ความเข้มของสีหมึกพิมพ์จะพอดี ภาพมีความคมชัด

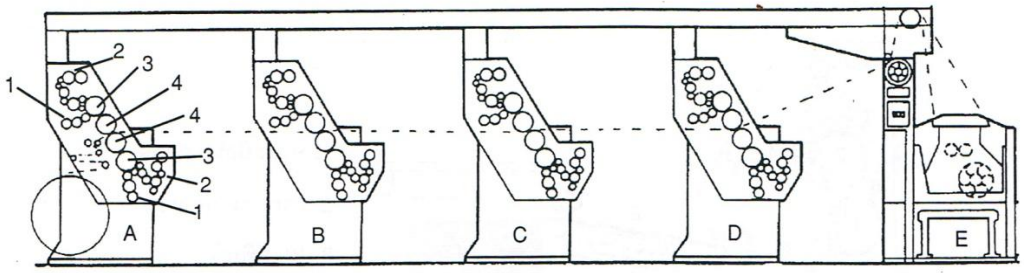
2.1.4.3 ประเภทโครงสร้างของเครื่องพิมพ์ออฟเซต เครื่องพิมพ์ออฟเซตสามารถแบ่งตามโครงสร้างและลักษณะการป้อนวัสดุพิมพ์ออกเป็น 2 ประเภท คือ ชนิดป้อนแผ่นและชนิดป้อนม้วน

1) เครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น ใช้กระดาษที่จะพิมพ์ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นๆ โดยจะถูกตัดมาให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ นำมาวางซ้อนทับกันบนหน่วยป้อนกระดาษ จากนั้นกระดาษจะถูกส่งผ่านไปยังกระดานป้อนกระดาษซึ่งจะควบคุมให้กระดาษเข้าแท่นให้ตรงทั้งฉากหน้าและฉากข้าง แล้วจึงถูกฟันจับกระดาษส่งผ่านไประหว่างโมยางกับโมกดพิมพ์ โดยฟันจับกระดาษที่โมกดพิมพ์จะเป็นตัวจับยึดกระดาษ เมื่อทำการพิมพ์เสร็จแล้ว กระดาษที่พิมพ์แล้วจะถูกส่งไปวางซ้อนยังหน่วยรับกระดาษ เครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น มีตั้งแต่เครื่องพิมพ์มีสีเดียว 2 สี 4 สี 5 สี 6 สี และได้พัฒนาไปถึงเครื่องพิมพ์ 8 สี โครงสร้างของเครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นสีเดียว หรือหลายสีก็มีลักษณะสำคัญเช่นเดียวกัน คือ แต่ละหน่วยพิมพ์ประกอบด้วยโม 3 โม ได้แก่ โมแม่พิมพ์ซึ่งติดอยู่กับชุดลูกหมึกชุดลูกน้ำ โมยางจะอยู่ระหว่างโมแม่พิมพ์กับโมกดพิมพ์ ซึ่งโมกดพิมพ์นี้จะทำหน้าที่รับกระดาษเข้าไปทำการพิมพ์เพื่อรับภาพจากโมยางอีกต่อหนึ่ง โดยรูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของเครื่องพิมพ์ออฟเซตระบบป้อนแผ่นสีเดียว



รูปที่ 2.4 เครื่องพิมพ์ออฟเซตระบบป้อนแผ่นสีเดียว

2) เครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วน ปัจจุบันเครื่องพิมพ์ออฟเซตแบบป้อนม้วนได้พัฒนามาใช้การกดพิมพ์ด้วยโมยาง (blanket to blanket) กดพิมพ์ จึงสามารถพิมพ์ได้ครั้งละ 2 หน้า เครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนเกือบทั้งหมดจะไม่มีโมกดพิมพ์ซึ่งกันและกัน แต่อาศัยโมยางแต่ละโมทำหน้าที่แทนโมกดพิมพ์ด้วย เครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้ 2 แบบ คือ เครื่องพิมพ์สำหรับงานทั่วไป ซึ่งเป็นงานพิมพ์ที่ไม่ต้องการคุณภาพมากนัก เช่น หนังสือพิมพ์ หนังสือแบบเรียน นิตยสาร ซึ่งจะใช้กระดาษซึ่งดูดซับน้ำมันจากหมึกพิมพ์ได้ดี เช่นกระดาษปรู๊ฟ หรือกระดาษปอนด์ และใช้หมึกที่ไม่ต้องการระบบทำแห้ง เครื่องพิมพ์ออฟเซตชนิดป้อนม้วนสำหรับงานพิมพ์คุณภาพสูง เหมาะสำหรับงาน นิตยสาร แคตาล็อก หนังสือประเภทสวยงาม ที่พิมพ์ด้วยกระดาษเคลือบผิวหรือกระดาษอาร์ต กระดาษพวกนี้จะทำให้หมึกแห้งตัวช้า เพราะกระดาษดูดซับหมึกได้น้อยมาก จึงต้องใช้หมึกชนิดที่แห้งด้วยความร้อน (Heatset ink) และมีการเร่งการแห้งตัวของหมึกพิมพ์โดยใช้ความร้อนอบให้แห้ง ซึ่งรูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของเครื่องพิมพ์ออฟเซตระบบป้อนม้วน



A B C D	หน่วยพิมพ์
E	หน่วยพับ
1	หน่วยทำความชื้นหรือชุดลูกน้ำ
2	หน่วยลูกกลิ้งหมึกหรือชุดลูกหมึก
3	โมแม่พิมพ์
4	โมยาง
----------	แสดงทิศทางการเดินของกระดาษ

รูปที่ 2.5 เครื่องพิมพ์ออฟเซตระบบป้อนม้วน

2.1.4.4 ระบบพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม หรือที่เรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่าคอมพิวเตอร์-ทู-เพลท (Computer to Plate: CTP) เป็นเครื่องมือที่ใช้รองรับกระบวนการทำงานของระบบการผลิตแม่พิมพ์พิมพ์ออฟเซต โดยเครื่องจะรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ และใช้ระบบฉายแสงหรือระบบความร้อนในการถ่ายทอดข้อมูลตัวอักษรหรือ ภาพสู่เพลทโดยตรง แทนการใช้ฟิล์มเนกาทีฟเพื่อแสดงภาพบนเพลทในระบบเดิมCTP มีความแตกต่างจากระบบเดิมที่ร้านแยกสีหรือโรงพิมพ์ใช้กันอยู่ทั่วไป คือ CTP เป็นแบบดิจิทัลทั้งหมด จนถึงการส่งข้อมูลไปบันทึกภาพด้วยเลเซอร์ลงบนเพลทโดยใช้เครื่องเพลทเซ็ตเตอร์ (Platesetter) แต่การทำเพลทแบบ ดั้งเดิมต้องทำเป็นฟิล์มก่อน โดยใช้เครื่องอิมเมจเซ็ตเตอร์ (Imagesetter) หรือเครื่องสร้างภาพบนฟิล์ม ซึ่งมีทั้งขนาด 2หน้า 4 หน้า และ 8 หน้า ถ้าฟิล์มในเครื่องมีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับขนาดเพลท ก็สามารถจัดวางหน้าในคอมพิวเตอร์ได้เลย แล้วจึงนำฟิล์มนั้นไปถ่ายอัดบนเพลท ในขณะที่ CTP หลังจากการจัดวางหน้าแล้ว ข้อมูลนั้นสามารถทำการตรวจปรู๊ฟที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ (Soft Proof) หรือใช้เครื่องพิมพ์ปรู๊ฟดิจิทัล (Digital Proof) โดยผ่านกระบวนการ RIP (Raster Image Processor) ซึ่งทำหน้าที่แปลงภาพแบบ Raster ให้เป็น Bitmap ก่อน จากนั้นจึงส่งข้อมูลออกไปยังเครื่องเพลทเซ็ตเตอร์ โดยไม่ต้องผ่านการทำฟิล์ม

ข้อดีของ CTP คือ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการทำฟิล์ม ค่าน้ำยาเคมีในการล้างฟิล์ม และค่าแรง ช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการอัดเพลท เช่น การเหลื่อมของเม็ดสกรีน เป็นต้น คุณภาพงานพิมพ์สูงขึ้น พิมพ์ง่ายขึ้น การปรับตั้งเครื่องพิมพ์ทำได้รวดเร็ว ทำให้ลดจำนวนกระดาษเผื่อเสียลงไปได้มาก กระบวนการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ลงเพลทโดยตรงทำให้มีความแม่นยำมากขึ้น คุณภาพเม็ดสกรีนดีกว่า โทนสี (Color Tone) และรีจีสเตอร์ (Register) มีความเที่ยงตรงมากกว่าการอัดเพลทด้วยมือ

บริษัท โอเชี่ยนฟิล์ม จำกัด ได้ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและไม่ใช้ฟิล์มพบว่า ในเรื่องของการใช้หมึกพิมพ์ แบบไม่ใช้ฟิล์มใช้ปริมาณหมึกพิมพ์น้อยกว่าแบบใช้ฟิล์ม ประมาณ 8% (วัดที่ 3000 แผ่น) และประมาณ 15% (วัดที่ 600,000-700,000 แผ่น)

ในเรื่องของเวลา แบบไม่ใช้ฟิล์มใช้เวลาในการตั้งเครื่องและตั้งสีน้อยกว่า แบบใช้ฟิล์ม ประมาณ 40 นาที เมื่อความเร็วการพิมพ์ที่เท่ากัน (วัดที่ 3000 แผ่น)

ในเรื่องของของเสีย แบบไม่ใช้ฟิล์มมีปริมาณของเสียจากการผลิตน้อยกว่าแบบใช้ฟิล์มเนื่องจากใช้เวลาในการตั้งเครื่องพิมพ์และตั้งสีน้อยกว่า จึงลดปริมาณการใช้กระดาษพิมพ์เพื่อตั้งเครื่องประมาณ 20 %

ในเรื่องของคุณภาพ แบบใช้ฟิล์มคุณภาพถูกตัดทอนลงเพราะต้องผ่านขั้นตอนการผลิตฟิล์มก่อน ซึ่งหากเปรียบเทียบคุณภาพแบบไม่ใช้ฟิล์มจะมีคุณภาพที่ดีกว่า ซึ่งสามารถเก็บรายละเอียดได้ตั้งแต่ช่วง 0-99%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.5 กระบวนการผลิตหนังสือหรือสิ่งพิมพ์ภายในโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีขั้นตอนการผลิตเหมือนโรงพิมพ์ทั่วไป ซึ่งมีสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้ 3 ประเภท ดังนี้

2.1.5.1 กระบวนการก่อนการพิมพ์ (Pre-Press Process) ได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่มีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ มาใช้ในการออกแบบและควบคุมกระบวนการทำแม่พิมพ์ ในปัจจุบันต้นฉบับ/อาร์ตเวิร์คที่ถูกส่งเข้ามามักเป็นรูปแบบของไฟล์ดิจิทัล กระบวนการก่อนการพิมพ์ที่กล่าวถึงในที่นี้จะอิงระบบดิจิทัลในการทำงานเป็นหลัก

1) การออกแบบและแปลงข้อมูลดิจิทัล (design and digitization) ในกรณีอาร์ตเวิร์คเป็นภาพลายเส้น ภาพถ่าย ภาพวาด ฟิล์มสไลด์ ฟิล์มเนกาทีฟ จำเป็นต้องแปลงภาพเหล่านี้ให้เป็นข้อมูลดิจิทัลซึ่งทำได้โดยใช้เครื่องสแกนเนอร์ (Computer Scanner) และเพื่อคุณภาพที่ดียิ่งขึ้นควรใช้เครื่องสแกนเนอร์ที่มีคุณภาพสูง (High-end Scanner) เมื่อได้เป็นภาพดิจิทัล จึงจัดหน้าในคอมพิวเตอร์โดยใช้ซอฟต์แวร์ เช่น Adobe Indesign, Illustrator, Pagemaker

2) การจัดวางหน้าสำหรับทำแม่พิมพ์ (imposition) เนื่องจากแม่พิมพ์ที่ใช้พิมพ์มักมีขนาดใหญ่กว่าชิ้นงาน แม่พิมพ์หนึ่งชุดสามารถวางชิ้นงานได้หลายชิ้น เช่น วางหน้าหนังสือได้ 8 หน้า วางฉลากได้ 40 ชิ้น เป็นต้น ขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดวางหน้าสำหรับทำแม่พิมพ์แต่ละชุด อนึ่ง ในการวางหน้าหนังสือต้องจัดวางหน้าให้ถูกต้อง เมื่อนำไปพับแล้วหน้าต่าง ๆ จะได้เรียงอย่างถูกต้อง ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจัดวางหน้าหนังสือ ได้แก่ Prep, InPosition, Impostrip

3) การทำฟิล์มแยกสี (process film making) เป็นการทำฟิล์มที่แยกเป็นสีๆ สำหรับทำแม่พิมพ์ชุดหนึ่งๆ หลักการทำฟิล์มแยกสี คือ การแยกภาพในไฟล์งานออกมาเป็นภาพสีเดียวโดยมาตรฐานจะได้ภาพแม่สีสี่ภาพ ซึ่งเป็นภาพสีของ CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black) ไฟล์งานจะถูกส่งเป็นไฟล์ในรูปแบบโพสต์สคริปต์ (PostScript file) แล้วแปลงเป็นไฟล์รูปแบบราสเตอร์ (Raster file) ส่งไปเครื่องแยกสีทำฟิล์มที่มีชื่อเรียกว่า เครื่องอิมเมจเซ็ทเตอร์ (imagesetter) ซึ่งเป็นเครื่องพรินเตอร์ที่ใช้ลำแสงสร้างภาพแบบฮาล์ฟโทน (halftone) บนแผ่นฟิล์มไวแสงได้ฟิล์มที่มีภาพขาวดำตามภาพของสีแต่ละสีที่แยกไว้

4) การทำแม่พิมพ์ (plate making) เมื่อได้ฟิล์มแยกสี นำฟิล์มของแต่ละสีมาทาบกับแม่พิมพ์ที่เคลือบด้วยสารไวแสง ทำการฉายแสง ส่วนที่โดนแสงจะทำปฏิกิริยากับสารไวแสง เมื่อนำไปล้างน้ำยาก็จะเกิดภาพบนแม่พิมพ์สำหรับใช้ในการพิมพ์ต่อไป ปัจจุบันมีการสร้างเครื่องทำแม่พิมพ์โดยตรงจากคอมพิวเตอร์โดยไม่ต้องทำฟิล์ม แยกสีก่อน เครื่องดังกล่าวมีลักษณะการทำงานคล้ายเครื่องอิมเมจเซ็ทเตอร์ แต่เปลี่ยนวัสดุที่จะรับลำแสงเพื่อสร้างภาพจากฟิล์มไวแสงเป็นแม่พิมพ์ไวแสง เครื่องที่ใช้ทำแม่พิมพ์จากคอมพิวเตอร์ในระบบออฟเซ็ตเรียกว่า เครื่องเพลทเซ็ทเตอร์ (platesetter) ประโยชน์ที่ได้คือทำให้ลดขั้นตอนและค่าใช้จ่าย ตลอดจนได้แม่พิมพ์ที่มีคุณภาพคมชัดแม่นยำขึ้น ส่วนข้อเสียคือเพลทชนิดนี้ยังมีราคาสูงอยู่ หากมีการแก้ไขหรือแม่พิมพ์ชำรุด ค่าใช้จ่ายในการทำแม่พิมพ์ใหม่จะสูงกว่า

2.1.5.2 กระบวนการพิมพ์ (press/printing process)

1.) การเตรียมพร้อมพิมพ์ (make ready) ก่อนเข้าสู่กระบวนการพิมพ์ต้องเตรียมวัสดุใช้พิมพ์ให้พร้อมโดยคำนวณจากจำนวน ที่ต้องการพิมพ์ ทำการตัดเจียนขนาดวัสดุใช้พิมพ์สำหรับเข้าเครื่องพิมพ์ให้ถูกต้อง เตรียมหมึกที่ใช้พิมพ์ ขณะเดียวกันก็ต้องตรวจดูแม่พิมพ์ว่าสมบูรณ์หรือไม่และตรวจสอบปรู๊ฟเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้น

2.) การพิมพ์ (printing) หลักการพิมพ์ในระบบต่าง ๆ มักเป็นการพิมพ์ทีละสีลงบนวัสดุใช้พิมพ์ แม่พิมพ์ที่ทำขึ้นก็ใช้สำหรับสีแต่ละสี หลักการคร่าวๆ ของการพิมพ์ โดยทั่วไปจะมีระบบป้อนวัสดุใช้พิมพ์เข้าไปในเครื่องพิมพ์ผ่านการพิมพ์ทีละสี โดยการรับโอนภาพหมึกจากแม่พิมพ์ซึ่งรับหมึกมาจากระบบจ่ายหมึกก่อน เมื่อพิมพ์เสร็จก็ส่งวัสดุใช้พิมพ์ไปเก็บพักไว้ เครื่องพิมพ์แต่ละเครื่องอาจมีหน่วยพิมพ์ 1 สี 2 สี 4 สี หรือมากกว่านั้น การพิมพ์หลากสีจึงอาจถูกนำเข้าเครื่องพิมพ์หลายเที่ยว เช่น งานพิมพ์ 4 สีหน้าเดียว เมื่อพิมพ์บนเครื่องที่มีหน่วยพิมพ์สีเดียวต้องพิมพ์ทั้งหมด 4 เที่ยวพิมพ์ นอกจากนี้ เครื่องพิมพ์บางประเภทอาจมีส่วนต่อท้ายหลังจากผ่านหน่วยพิมพ์แล้ว เช่น มีหน่วยเคลือบผิวด้วยน้ำยาเคลือบ มีหน่วยอบแห้งเพื่อให้หมึกแห้งเร็วขึ้น มีหน่วยพับ หน่วยตัด หน่วยไดคัท ฯลฯ เพื่อลดขั้นตอนการทำงานหลังการพิมพ์ เมื่อผ่านการพิมพ์ครบถ้วนแล้วต้องรอให้หมึกแห้งสนิทก่อนนำไปดำเนินการขั้นตอนต่อไป

2.1.5.3 กระบวนการหลังการพิมพ์ (after press process)

งานพิมพ์ที่พิมพ์เสร็จสิ้นแล้ว โดยทั่วไปยังไม่สมบูรณ์เป็นชิ้นงานตามที่ต้องการ จึงต้องผ่านกระบวนการต่อไปนี้เสียก่อน

1). การตกแต่งผิวชิ้นงาน (surface decoration) งานพิมพ์บางประเภทต้องการการเคลือบผิวเพื่อจุดประสงค์ต่างๆ กัน เช่น ป้องกันการขีดข่วน ป้องกันความชื้น ต้องการความสวยงาม เป็นต้น การตกแต่งผิวมีดังนี้ การเคลือบผิว (coating) เช่น การเคลือบวาร์นิช วาร์นิชด้าน วาร์นิชแบบใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย (water based varnish) การเคลือบยูวี ยูวีด้าน การเคลือบพีวีซีเงา พีวีซีด้าน การเคลือบเงาเฉพาะจุด (spot UV) การเคลือบวาร์นิชจะให้ความเงาน้อยที่สุดในขณะที่การเคลือบพีวีซีเงาจะให้ ความเงามากที่สุด การประทับรอยร้อน (hot stamping) คือ การอัดด้วยความร้อนให้แผ่นฟอยล์ไปติดบนชิ้นงานเป็นรูปตามแบบปั๊ม มีทั้งการปั๊มฟอยล์เงิน/ทอง ฟอยล์สี

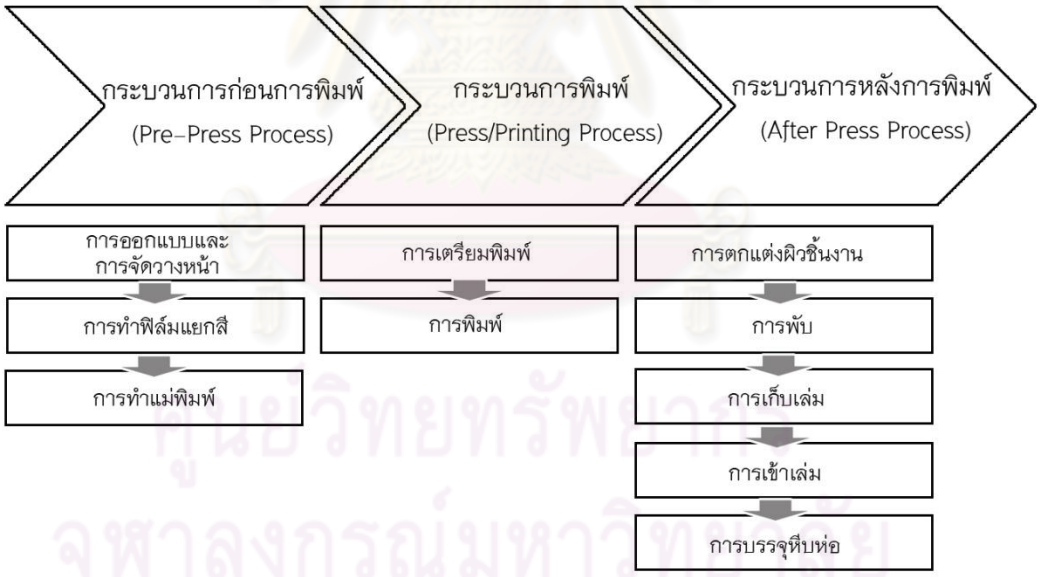
ต่างๆ ฟอยล์ลวดลายต่างๆ ฟอยล์ฮาโลแกรม เป็นต้น การปั๊มนูน/ปั๊มลึก (embossing/debossing) คือ การปั๊มชิ้นงานให้นูนขึ้นหรือลึกลงจากผิวเป็นรูปร่างตามแบบปั๊ม เช่น การปั๊มนูนตัวอักษร สัญลักษณ์

2). การพับ เพื่อพับแผ่นพิมพ์เป็นหน้ายก

3). การเก็บเล่ม เพื่อเก็บรวมแผ่นพิมพ์ที่พับแล้ว/หน้ายกมาเรียงให้ครบเล่มหนังสือ

4). การเข้าเล่ม เพื่อทำให้หนังสือยึดติดกันเป็นเล่ม มีวิธีต่างๆ คือ การเย็บด้วยลวด เย็บมุงหลังคา การไสสันทากาว

5). การบรรจุหีบห่อ (packing) และจัดส่ง (delivery) เมื่อได้ชิ้นงานสำเร็จตามที่ต้องการ ทำการตรวจสอบชิ้นงาน แล้วบรรจุหีบห่อพร้อมส่งไปยังจุดหมายปลายทางต่อไป โดยกระบวนการผลิตหนังสือทั้งหมดสามารถแสดงเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 กระบวนการผลิตหนังสือภายในโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Shimizu [7] ศึกษาการนำเทคนิคการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment) มาประยุกต์ใช้เพื่อคำนวณหาปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิต (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์ในธุรกิจการพิมพ์บรรจุภัณฑ์ ในกรณีศึกษานี้ได้ผลิตกล่องบรรจุภัณฑ์ใส่ซีดีที่ผลิตจากกระดาษจำนวน 100,000 ชิ้น ด้วยการใช้กระบวนการ และเทคนิคในขั้นตอนงานก่อนพิมพ์ หรือวัสดุพิมพ์ที่แตกต่างกัน เพื่อหาวิธีที่ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดทางด้านการลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและช่วยลดต้นทุนในการผลิต ซึ่งประโยชน์จากการประเมินนี้คือ สามารถคำนวณค่าปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตที่เกิดขึ้นเป็นเชิงตัวเลขได้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หรือเปรียบเทียบในกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ และสามารถนำผลที่ได้จากการประเมินมาปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนที่ก่อให้เกิดปัญหา เพื่อลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกและช่วยลดต้นทุนในผลิต โดยพบว่าปัจจัยเรื่องกระดาษมีผลต่อการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกและช่วยลดต้นทุนในผลิตมากที่สุด

Shimizu [8] ทำการเปรียบเทียบค่าการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตหนังสือประเภทสิ่งพิมพ์และหนังสืออิเล็กทรอนิค โดยหนังสือที่ใช้ในการศึกษามีจำนวน 256 หน้า และมีจำนวนพิมพ์ 10,000 เล่ม ซึ่งประโยชน์จากการประเมินนี้คือ สามารถคำนวณค่าปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิตที่เกิดขึ้นเป็นเชิงตัวเลขได้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หรือเปรียบเทียบในกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ พบว่าหนังสือประเภทสิ่งพิมพ์มีปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าหนังสืออิเล็กทรอนิคถึง 93% เนื่องจากน้ำหนักและการขนส่งกระดาษเป็นส่วนใหญ่ โดยเทคนิคทางการพิมพ์สามารถแก้ไขปัญหาได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

กรณีศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือนี้ได้ใช้โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในการประเมิน โดยโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นโรงพิมพ์ขนาดกลาง ซึ่งดำเนินการจัดพิมพ์เอกสาร หนังสือ ตำรา วารสาร จดหมายข่าว คู่มือ หนังสืออนุสรณ์ รายงานประจำปี รายงานวิจัย แผ่นพับ โปสเตอร์ และ สิ่งพิมพ์ต่างๆ ตามความต้องการของมหาวิทยาลัยและหน่วยราชการ โดยใช้ระบบพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นในการผลิต ในการประเมินเราได้ใช้แนวทางการประเมินตามคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจัดทำโดยคณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ จากหน่วยงานองค์การบริหารจัดการแก๊สเรือนกระจก จำกัด และ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ซึ่งเป็นแนวทางที่อ้างอิงตามมาตรฐาน จากต่างประเทศและปรับประยุกต์ให้เหมาะสมสำหรับการประเมินในประเทศไทย

3.1 กำหนดเป้าหมายและกระบวนการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ประเมิน

3.1.1 เป้าหมาย

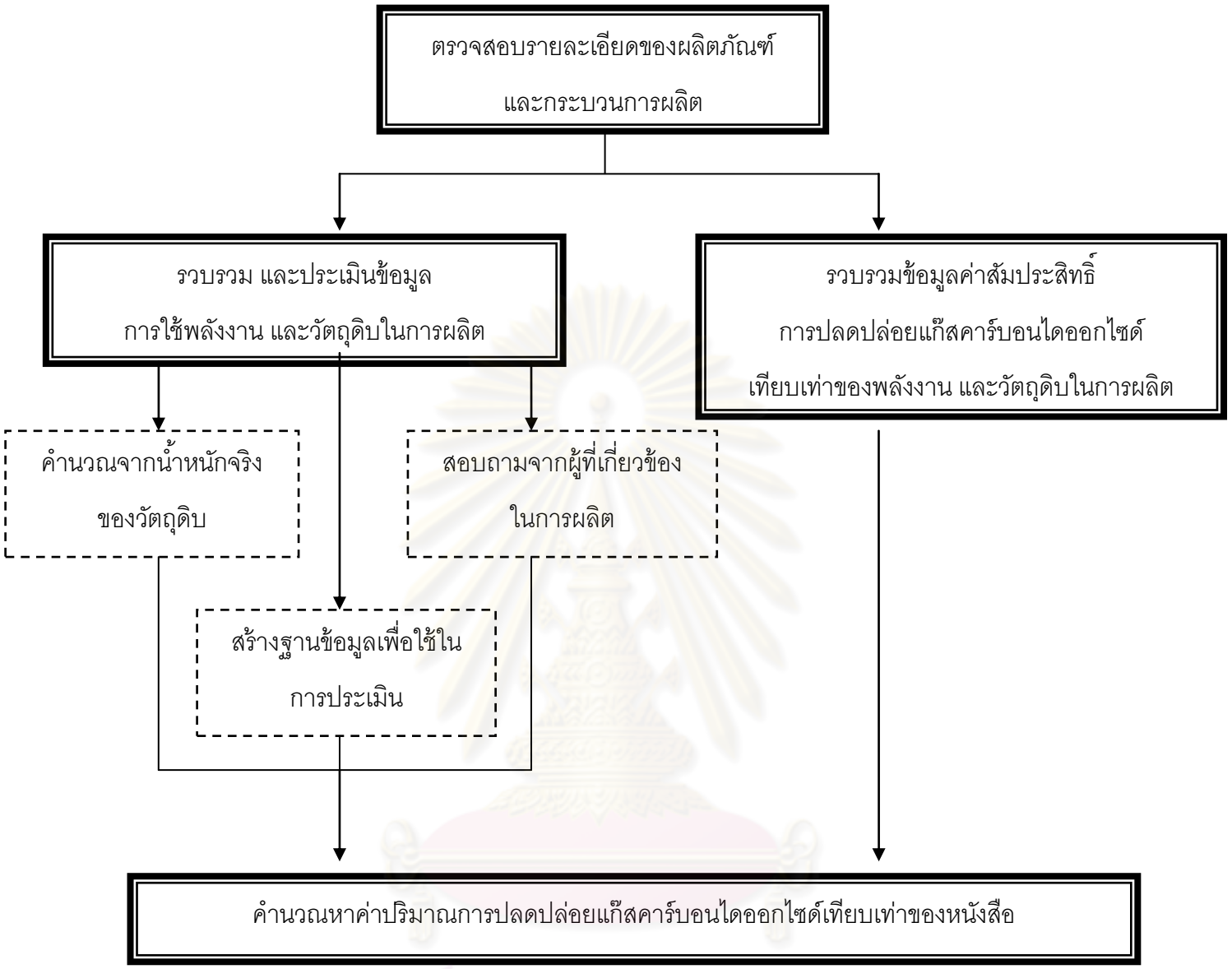
เพื่อหาพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญในการคำนวณคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือด้วยการพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นในโรงพิมพ์แห่งจุฬาฯ และ เปรียบเทียบผลของการผลิตหนังสือด้วยระบบพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นแบบใช้ฟิล์มและไม่ใช้ฟิล์มต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพรินต์ โดยหนังสือที่ใช้ในการประเมินคือ หนังสือแรกเริ่มสถาปัตยกรรมของสยามประเทศ

3.1.2 กระบวนการเก็บข้อมูลและประเมิน

ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลและประเมินค่าคาร์บอนฟุตพรินต์สามารถแบ่งออกเป็นทั้งหมด 4 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้แก่

1. ตรวจสอบรายละเอียดของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต
2. รวบรวม และประเมินข้อมูลการใช้พลังงาน และวัตถุดิบในการผลิต
3. รวบรวมข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
4. คำนวณหาค่าปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของหนังสือ

แผนภาพกระบวนการเก็บข้อมูลและการประเมินแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กระบวนการเก็บข้อมูลและการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ตรวจสอบรายละเอียดของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต

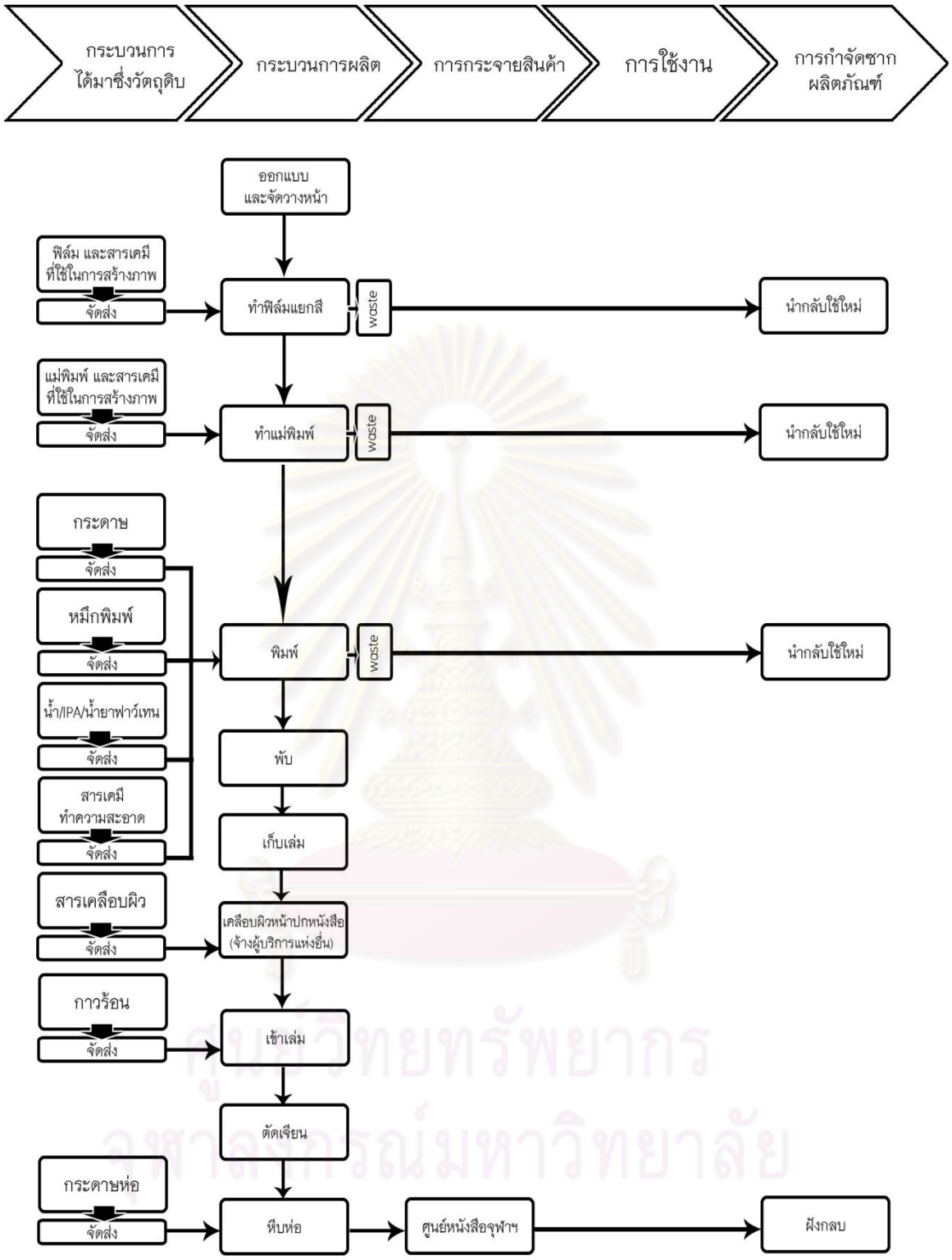
3.2.1 ข้อมูลรายละเอียดของหนังสือตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

หนังสือตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ หนังสือแรกเริ่มสถาปัตยกรรมของสยามประเทศ ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งมีขนาด 7.5 x 10.25 ตารางนิ้ว หน้าปกพิมพ์ทั้ง 2 หน้า เนื้อในจำนวน 128 หน้า จำนวนพิมพ์ 500 เล่ม โดยกระดาษที่ใช้เป็นกระดาษอาร์ต 260 แกรม ขนาด 18 x 12.5 ตารางนิ้ว เนื้อในเป็นกระดาษ 70 แกรม ขนาด 21.5 x 31 ตารางนิ้ว หน้าปกพิมพ์ 4 สี ใช้หมึกโพรเซส เนื้อในพิมพ์สีเดียวคือ สีดำ แยกต่างหากหน้าปกเคลือบมันระบบยูวี การเข้าเล่มแบบไสสันทากาว และจัดจำหน่ายที่ศูนย์หนังสือจุฬา

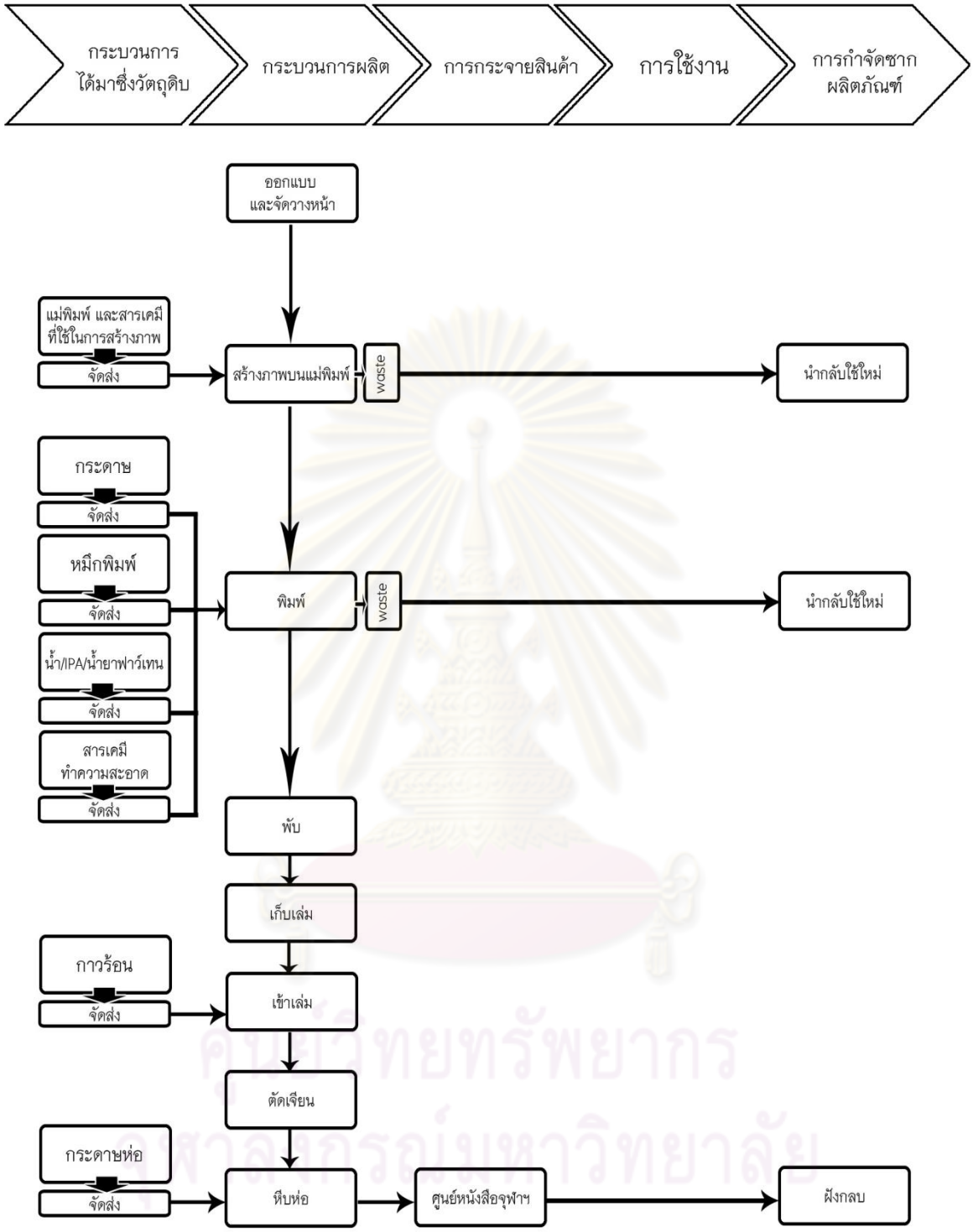
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างหนังสือที่ใช้ในการศึกษา

3.2.2 กระบวนการผลิตหนังสือ

กระบวนการผลิตหนังสือในงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและไม่ใช้ฟิล์ม ซึ่งระบบแบบไม่ใช้ฟิล์มจะช่วยลดขั้นตอนและวัตถุดิบในการผลิตลง โดยกระบวนการผลิตหนังสือทั้งสองประเภทสามารถแสดงเป็นภาพกระบวนการผลิตดังรูปที่ 3.3 และ 3.4



รูปที่ 3.3 แผนผังกระบวนการผลิตหนังสือด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม



รูปที่ 3.4 แผนผังกระบวนการผลิตหนังสือด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม

3.3 รวบรวมและประเมินข้อมูลการใช้พลังงาน และวัตถุดิบในการผลิต

ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานไฟฟ้าในปัจจัยต่างๆของกระบวนการผลิตหนังสือ เนื่องจากการจัดเก็บข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานไฟฟ้าสำหรับนำมาใช้ประเมินจะต้องรวบรวมข้อมูลโดยตรงจากทุกกระบวนการย่อยในระบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีข้อมูลจำนวนมาก และวัตถุดิบแต่ละประเภทมีวิธีการเก็บข้อมูลหรือเทคนิคในการประเมินที่แตกต่างกันไป งานวิจัยนี้ประเมินข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานไฟฟ้าด้วย 3 วิธี คือ

1) คำนวณหรือประเมินปริมาณจากวัตถุดิบที่ใช้จริง
2) ประเมินจากฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยการเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิต
3) สอบถามจากพนักงานหรือผู้เกี่ยวข้องภายในกระบวนการนั้น

3.3.1 การคำนวณหรือประเมินปริมาณจากวัตถุดิบที่ใช้จริง โดยมีวัตถุดิบดังต่อไปนี้ ได้แก่ กระดาษ ฟิล์ม แม่พิมพ์ หมึกพิมพ์ กาว

3.3.1.1 การคำนวณกระดาษในการผลิต

น้ำหนักกระดาษ (kg) = พื้นที่กระดาษ (m^2) x น้ำหนักมาตรฐาน(g/m^2) x จำนวนแผ่นกระดาษ x 0.001 (เปลี่ยนหน่วยจากกรัมเป็น กิโลกรัม)

3.3.1.2 การคำนวณฟิล์มในการผลิต

น้ำหนักฟิล์ม (kg) = พื้นที่ฟิล์ม (m^2) x น้ำหนักฟิล์มต่อตารางเมตร (kg/m^2) x จำนวนแผ่นฟิล์ม

3.3.1.3 การคำนวณแม่พิมพ์ในการผลิต

น้ำหนักแม่พิมพ์ (kg) = พื้นที่แม่พิมพ์ (m^2) x น้ำหนักแม่พิมพ์ต่อตารางเมตร (kg/m^2) x จำนวนแผ่นแม่พิมพ์

3.3.1.4 การประเมินหมึกและสารเคลือบที่ใช้ในกระบวนการผลิต

น้ำหนักหมึกพิมพ์ (kg) = ความหนาของชั้นหมึกพิมพ์ (mm) x พื้นที่กระดาษ (m^2) x ร้อยละพื้นที่การพิมพ์ x จำนวนแผ่นกระดาษ x จำนวนหน้าในการพิมพ์ x 10^{-6} (เปลี่ยนหน่วยเป็นกิโลกรัม) x 1.178 (ความถ่วงจำเพาะ)

3.3.1.5 การประเมินกาวที่ใช้ในกระบวนการผลิต

น้ำหนักกาว (kg) = ความหนาของชั้นกาว (mm) x พื้นที่ของสันหนังสือ (m^2) x จำนวนหนังสือ (เล่ม) x 10^{-6} (เปลี่ยนหน่วยเป็นกิโลกรัม) x 1.09 (ความถ่วงจำเพาะ)

3.3.2 ประเมินจากฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยการเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตภายในโรงพิมพ์แห่งจุฬาฯ โดยฐานข้อมูลที่สร้างแบ่งออกเป็นฐานข้อมูล 5 ประเภท ได้แก่

1) ฐานข้อมูลเพื่อใช้สำหรับประเมินสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตฟิล์ม
2) ฐานข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการประเมินสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์
3) ฐานข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการประเมินสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์
4) ฐานข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการประเมินสารเคมีที่ใช้ในล้างเครื่องพิมพ์
5) ฐานข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์และเครื่องจักร

3.3.2.1 การประเมินสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตฟิล์ม ทำโดยสร้างฐานข้อมูลเพื่อประเมินการใช้น้ำยาต่อพื้นที่ของฟิล์ม ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลในการผลิตฟิล์มเป็นเวลา 2 เดือน พบว่ามีการใช้ฟิล์มทั้งหมด 1396.86 ตารางเมตร สารเคมีสร้างภาพ 20 ลิตร สารเคมีคงภาพ 25 ลิตร และน้ำ 214 ลิตร ดังนั้นจากการเก็บข้อมูลพบว่า ฟิล์ม 1 ตารางเมตร จะใช้น้ำยาสร้างภาพ 0.01 ลิตร น้ำยาคงภาพ 0.02 ลิตร น้ำ 0.15 ลิตร

3.3.2.2 การประเมินสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ ทำโดยสร้างฐานข้อมูลเพื่อประเมินการใช้น้ำยาต่อพื้นที่ของแม่พิมพ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลในการผลิตแม่พิมพ์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่ามีการใช้แม่พิมพ์ทั้งหมด 512.49 ตารางเมตร สารเคมีสร้างภาพ 27.5 ลิตร กาวกัม 8.8 ลิตร และน้ำ 146.3 ลิตร ดังนั้นจากการเก็บข้อมูลพบว่า แม่พิมพ์ 1 ตารางเมตร จะใช้น้ำยาสร้างภาพ 0.05 ลิตร น้ำยาคงภาพ 0.02 ลิตร น้ำ 0.29 ลิตร

3.3.2.3 การประเมินสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ ทำโดยสร้างฐานข้อมูลเพื่อประเมินการใช้สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ ซึ่งได้แก่ น้ำ IPA น้ำยาฟาว์เทน ต่อการใช้หมึกพิมพ์ ตามทฤษฎีสมดุลน้ำและหมึกซึ่งเป็นที่สำคัญต่อคุณภาพงานพิมพ์ของระบบการพิมพ์ออฟเซต ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลปริมาณการใช้สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ และหมึกพิมพ์ โดยได้ชั่งน้ำหนักของหมึกก่อนพิมพ์และหลังพิมพ์ และนำมาหักลบกันเพื่อที่จะได้ทราบน้ำหนักหมึกพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์ และ ชั่งน้ำหนักสารเคมีก่อนและหลังพิมพ์ ซึ่งทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 7 ครั้งพบว่าค่าเฉลี่ยการใช้หมึกพิมพ์ 1 กิโลกรัม จะใช้น้ำ 2.2 ลิตร น้ำยาฟาว์เทน 0.10 ลิตร และน้ำยาฟาว์เทน 0.41 ลิตร

3.3.2.4 การประเมินสารเคมีที่ใช้ในล้างเครื่องพิมพ์ จากการเก็บข้อมูลการใช้สารเคมีที่ใช้ในการล้างเครื่องพิมพ์แต่ละวันพบว่ามีการใช้ น้ำมันเบนซีน 0.747 กิโลกรัม ต่อการล้างเครื่องพิมพ์ 1 ป้อม และ น้ำ 10 ลิตร ต่อการล้างเครื่องพิมพ์ 1 วัน

3.2.2.5 การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์หรือเครื่องจักร ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมง ของอุปกรณ์และเครื่องจักรในระบบการผลิต โดยแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมงของอุปกรณ์และเครื่องจักรทางการพิมพ์

อุปกรณ์และเครื่องจักรไฟฟ้าในการผลิตหนังสือ	**กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมง** (kW/hr)
หลอดไฟ 18 วัตต์	0.018
หลอดไฟ 36 วัตต์	0.036
เครื่องปรับอากาศ 12,000 BTU	0.620
เครื่องปรับอากาศ 30,000 BTU	1.213
เครื่องคอมพิวเตอร์ PC	0.060
เครื่องคอมพิวเตอร์ mac	0.100
เครื่องระบายอากาศ	4.804
เครื่องแยกสีในการผลิตฟิล์ม	1.052
เครื่องฉายแสงแม่พิมพ์	0.926
เครื่องล้างแม่พิมพ์	0.101
เครื่องพิมพ์ Heidelberg Speedmaster	13.625
เครื่องพิมพ์ komori	2.836
เครื่องพับ	1.400
เครื่องเก็บเรียง	1.444
เครื่องตัด	1.438
เครื่องไสกาว	0.430

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.3 สอบถามจากพนักงานหรือผู้เกี่ยวข้องภายในกระบวนการนั้น ซึ่งได้แก่ข้อมูลระยะในการขนส่งวัตถุดิบ การจัดจำหน่าย และการจัดการซาก ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ระยะทางในการขนส่งวัตถุดิบ การจัดจำหน่าย และการจัดการซาก

ขั้นตอน	ปัจจัย	ระยะทาง	รูปแบบ	แหล่งที่มา
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	กระดาษอาร์ตการ์ด	2,500 km	เรือบรรทุก Container	ประเทศอินโดนีเซีย
		15 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	บ. เหรียญไทย จำกัด
	กระดาษปอนด์	105 km	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน Full load	บ. กระดาษไทย
		10 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	บ. ง่วนเอี้ยวฮวดเปเปอร์
	กระดาษคราฟท์	108 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	โรงงานกระดาษไทย
		12 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	บ. สหยงพัฒนกิจ จำกัด
	หมึกพิมพ์ออฟเซต	6,000 km	เรือบรรทุก Container	Tokyo printing ink
		10 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	บ. ไพบูลย์ จำกัด
	ฟิล์ม	8,500 km	เรือบรรทุก Container	ประเทศเบลเยี่ยม
		30 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	บ. เนชั่นไวด์ จำกัด
	สารเคมีในขั้นตอนแยกสีฟิล์ม	15 km	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน Full load	นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง
		30 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	บ. เนชั่นไวด์ จำกัด
	แม่พิมพ์	8,830 km	เรือบรรทุก Container	ประเทศเยอรมัน
		10 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	บ. อินเตอร์เทค จำกัด
	น้ำยาสร้างภาพแม่พิมพ์	1,500 km	เรือบรรทุก Container	Fujihunt (Singapore)
		50 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	บ. ฟูจิ(ฟิล์ม) จำกัด
	กาวกัม	20 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	ร้าน วีซี พริ้น ทุ่งครุ
	น้ำยาฟาว์เทน	20 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	ร้าน วีซี พริ้น ทุ่งครุ
	IPA	15 km	รถกระบะบรรทุกถึงพ่วง 18 ล้อ Full load	คลังน้ำมัน ปตท.
		10 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	ร้าน พี-เอ็น เทรดดิ้ง
	น้ำมันเบนซิน	5 km	รถกระบะบรรทุกถึงพ่วง 18 ล้อ Full load	คลังน้ำมันเชลล์ คลองเตย
		2 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	หจก. เอดอัครา สามย่าน
	กาวร้อน	100 km	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน Full load	นิคมอุตสาหกรรม อมตะนคร
		50 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	บ. เฮงเค็ล จำกัด
	เคลือบปกหนังสือ	15 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	หจก. เจเอช จิบฮง- จำกัด

ตารางที่ 3.2 **(ต่อ)**

ขั้นตอน	ปัจจัย	ระยะทาง	รูปแบบ	แหล่งที่มา
การกระจายสินค้า	ศูนย์หนังสือจุฬาฯ	3 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	ศูนย์หนังสือจุฬาฯ
การจัดการซากผลิตภัณฑ์	การกำจัดหนังสือ	50 km	รถขยะ 10 ล้อ 16 ตัน 75% load	หน่วยงานกำจัดขยะ
	การแปรใช้ใหม่ (กระดาษ)	80 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	โรงงานรีไซเคิล
	การแปรใช้ใหม่ (แม่พิมพ์)	80 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	โรงงานรีไซเคิล
	แยกโลหะเงินจากฟิล์มและน้ำยาล้างฟิล์ม (ตัวคงภาพ)	20 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน Full load	โรงงานรีไซเคิล

3.3.4 ปริมาณการใช้พลังงานและวัตถุดิบทั้งหมดของการผลิตหนังสือ ซึ่งได้มาจากการประเมินข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานไฟฟ้าทั้ง 3 วิธี ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยแสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ปริมาณการใช้วัตถุดิบและไฟฟ้าในปัจจัยต่าง ๆ

ระบบการพิมพ์			แบบใช้ฟิล์ม (CTF)	แบบไม่ใช้ฟิล์ม (CTP)
ขั้นตอน	**ปัจจัย**	**หน่วย**	**ปริมาณการใช้**	**ปริมาณการใช้**
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	กระดาษอาร์ตการ์ด	kg	24.532	23.400
	กระดาษปอนด์	kg	134.064	130.771
	กระดาษคราฟท์	kg	0.580	0.580
	แม่พิมพ์	kg	8.865	8.865
	ฟิล์ม	kg	2.480	0.000
	น้ำยาสร้างภาพ (ฟิล์ม)	kg	0.148	0.000
	น้ำยาคงภาพ (ฟิล์ม)	kg	0.303	0.000
	น้ำยาสร้างภาพ (แม่พิมพ์)	kg	0.857	0.857
	กาวกัม	kg	0.307	0.307
	หมึกพิมพ์	kg	1.262	1.161

ตารางที่ 3.3 **(ต่อ)**

ระบบการพิมพ์			แบบใช้ฟิล์ม (CTF)	แบบไม่ใช้ฟิล์ม (CTP)
ขั้นตอน	**ปัจจัย**	**หน่วย**	**ปริมาณการใช้**	**ปริมาณการใช้**
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	น้ำยาฟาวน์เทน	kg	0.088	0.088
	IPA	kg	0.400	0.400
	น้ำ	kg	0.000	0.000
	น้ำยาทำความสะอาด (เบนซีน)	kg	4.482	4.482
	กาวสำหรับเข้าเล่ม (500 เล่ม)	kg	18.309	18.309
การผลิต	การออกแบบและเรียงพิมพ์	kw	12.080	12.080
	การทำฟิล์ม	kw	4.316	0.000
	การทำแม่พิมพ์	kw	3.253	3.253
	การพิมพ์ (2 เครื่อง)	kw	69.709	58.813
	การพับ	kw	5.442	5.442
	การเก็บเรียง	kw	5.412	5.412
	การเข้าเล่ม	kw	2.371	2.371
	การตัดเจียร 3 ด้าน	kw	5.392	5.392
	การเคลือบปก	kg	0.052	0.052
การกำจัดซากผลิตภัณฑ์	การฝังกลบ	kg	124.580	124.580
	การแปรใช้ใหม่ (กระดาษ)	kg	56.580	52.160
	การแปรใช้ใหม่ (แม่พิมพ์)	kg	8.860	8.860
	แยกโลหะเงินจากฟิล์มและน้ำยาล้างฟิล์ม (ตัวคงภาพ)	kg	2.760	0.000
	การบำบัดน้ำเสีย	kg	15.593	11.328

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 รวบรวมข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (emission factor)

งานวิจัยนี้รวบรวมข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่ง ซึ่งอันดับแรกได้เลือกค่าจากฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทยจากห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต MTEC [5] ซึ่งถ้าไม่มีข้อมูลที่เหมาะสม จะใช้จากฐานข้อมูล JEMAI-LCA Pro [9] ซึ่งเป็นฐานข้อมูลจากประเทศญี่ปุ่น

ตารางที่ 3.4 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

วัตถุดิบ	ค่าสัมประสิทธิ์	ฐานข้อมูลอ้างอิง
กระดาษอาร์ตการ์ด	0.8797 kg CO_2 / กระดาษ 1 กก.	JEMAI-LCA Pro
กระดาษปอนด์	0.9751 kg CO_2 / กระดาษ 1 กก.	JEMAI-LCA Pro
กระดาษคราฟท์	1.0679 kg CO_2 / กระดาษ 1 กก.	JEMAI-LCA Pro
แม่พิมพ์	12.2000 kg CO_2 / แม่พิมพ์ 1 กก.	MTEC : Ecoinvent 2.0,IPCC 2007 GWP
ฟิล์ม	0.00546 kg CO_2/ ฟิล์ม 1 กก.	MTEC : Industry data 2.0
น้ำยาสร้างภาพสำหรับฟิล์ม	12.2000 kg CO_2 / 1 กก.	* EF max
น้ำยาคงภาพสำหรับฟิล์ม	12.2000 kg CO_2 / 1 กก.	* EF max
น้ำยาสร้างภาพสำหรับแม่พิมพ์	12.2000 kg CO_2 / 1 กก.	* EF max
กาวกัม	12.2000 kg CO_2 / 1 กก.	* EF max
น้ำมันเบนซีน	0.509 kg CO_2 / 1 กก.	MTEC : IPCC 2007 ,DEDE
หมึก	1.600 kg CO_2 / หมึก 1 กก.	MTEC : Ecoinvent 2.0,IPCC 2007
น้ำยาฟาวน์เทน	12.2000 kg / น้ำยา 1 กก.	* EF max
IPA	2.1319 kg CO_2 / น้ำยา 1 กก.	JEMAI-LCA Pro
น้ำ	0.0264 kg CO_2 / 1 ลูกบาศก์เมตร	MTEC (Thai data) : Metropolitan

* EF max คือ ค่า Emission Factor ที่มากที่สุดของกระบวนการผลิตหนังสือ โดยจะใช้แทนค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่ไม่สามารถหาได้จากฐานข้อมูล ซึ่งในงานวิจัยนี้คือค่า EF ของแม่พิมพ์

ตารางที่ 3.4 (**ต่อ**)

วัตถุดิบ	ข้อมูลทุติยภูมิค่าสัมประสิทธิ์	ฐานข้อมูลอ้างอิง
กาว	0.7114 kg CO_2 / 1 กก.	JEMAI-LCA Pro
สารเคลือบยูวี	5.320 kg CO_2 / สารเคลือบ 1 กก.	JEMAI-LCA Pro
การขนส่ง	ขึ้นอยู่กับประเภทของรถ	MTEC (Thai data) : TH database
กระแสไฟฟ้า	0.561 kg CO_2 / 1 kW	MTEC (Thai data) :TC Common data
การแปรใช้ใหม่กระดาษ	0.167 kg CO_2 / 1 กก.	JEMAI-LCA Pro
การแปรใช้ใหม่แม่พิมพ์	3.1567 kg CO_2 / 1 กก.	JEMAI-LCA Pro
การแยกเงินโลหะจากฟิล์มและน้ำยาคง ภาพ	0.561 kg CO_2/1 กก	MTEC (Thai data)
การบำบัดสารเคมีในน้ำ Anionic Cation	 5.350 kg CO_2 / 1 กก. 1.430 kg CO_2 / 1 กก.	MTEC (Thai data) : Ecoinvent
การกำจัดกระดาษ	2.9300 kg CO_2 / 1 กก.	MTEC (Thai data) : IPCC 2006 vol.5

3.5 คำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของหนังสือ

คำนวณหาค่าปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของหนังสือตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ขององค์การบริหารจัดการแก๊สเรือนกระจก โดยนำค่าปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานไฟฟ้าในปัจจัยต่างๆของกระบวนการผลิตหนังสือคูณเข้ากับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2e) หรือค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดในการคำนวณดังนี้

ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ = ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่ง + ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากวัตถุดิบ

โดยที่

ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่ง = น้ำหนักของสินค้า (ตัน) x ระยะทางในการขนส่ง (กิโลเมตร)x ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของการขนส่ง (kg-CO_2/kg)

ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากวัตถุดิบ = น้ำหนักของวัตถุดิบ x ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (kg-CO_2/kg)

ขั้นตอนการผลิต = กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องจักร (kWh) x จำนวนเวลาในกระบวนการผลิต (ชั่วโมง) x ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของการใช้ไฟฟ้า (kg-CO_2/kWh)

ขั้นตอนการกระจายสินค้า = น้ำหนักของสินค้า (ตัน) x ระยะทางในการขนส่ง (กิโลเมตร) x ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของการขนส่ง (kg-CO_2/kg)

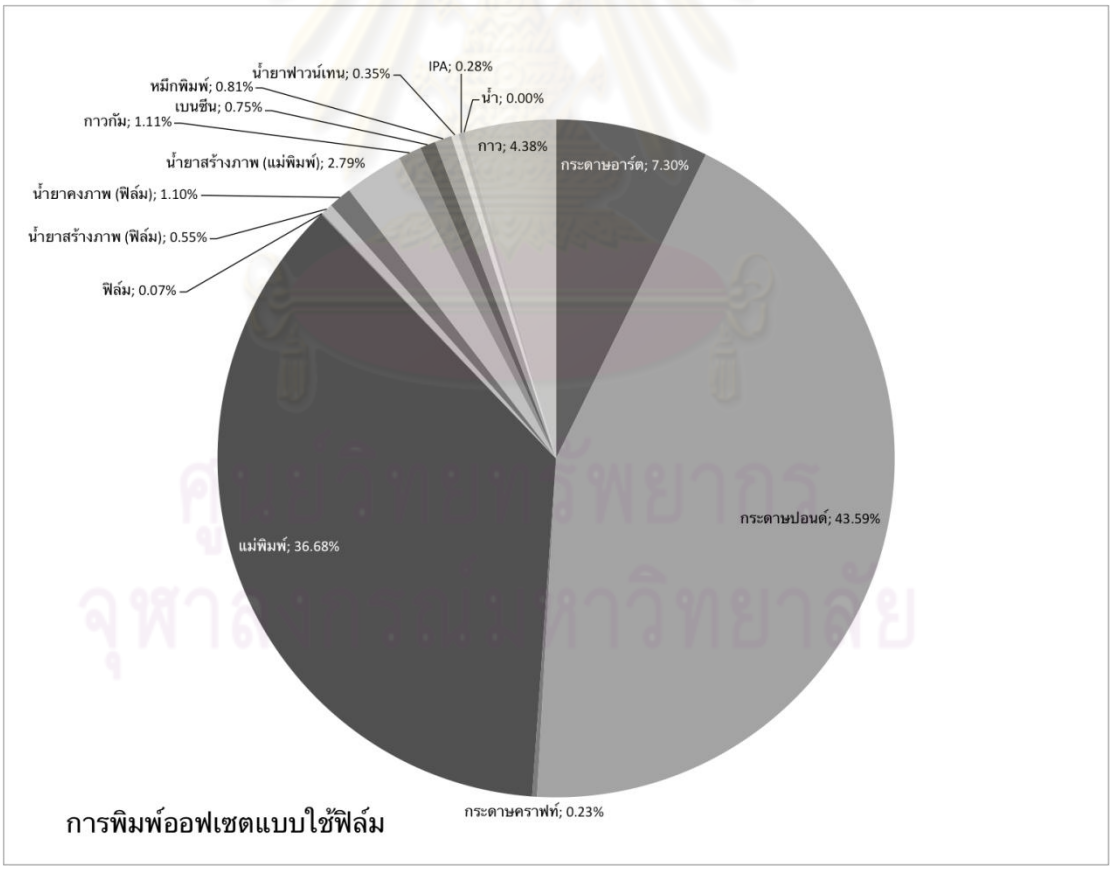
ขั้นตอนการจำกัดซากผลิตภัณฑ์ = น้ำหนักของซากผลิตภัณฑ์ x ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของการกำจัดซาก (kg-CO_2/kg)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

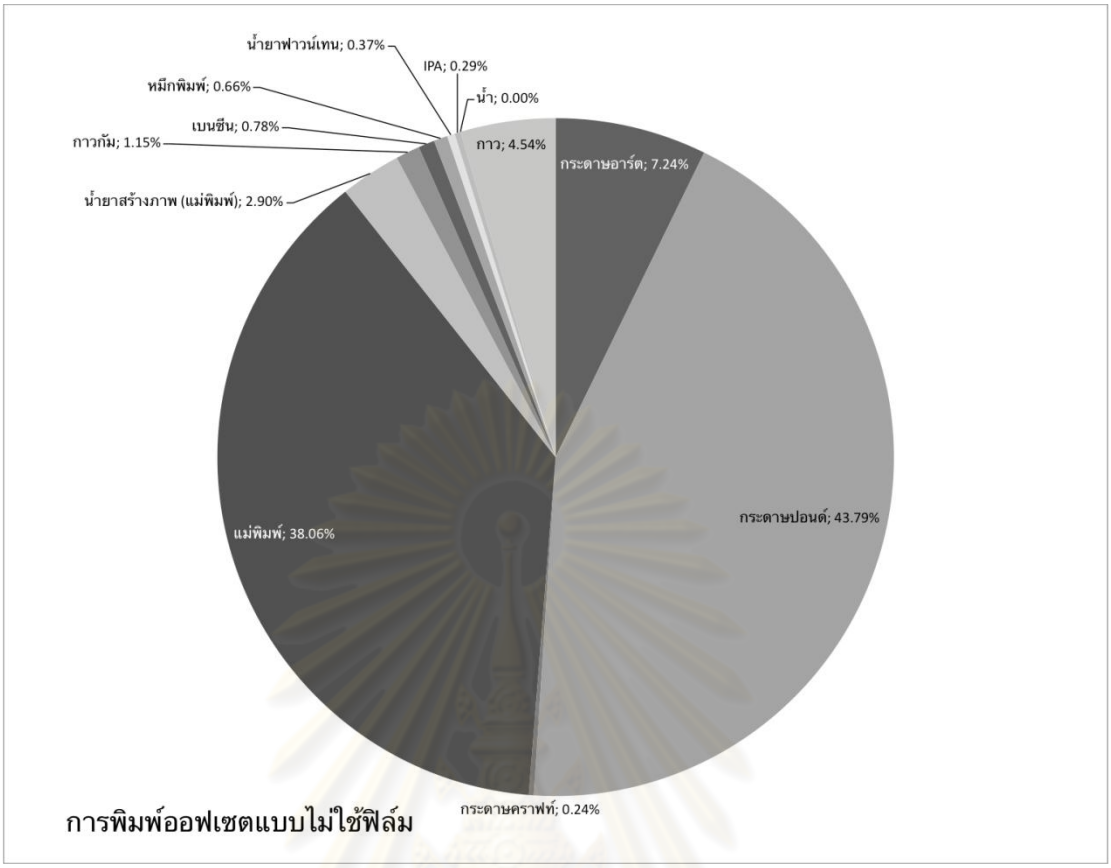
บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ประเภทหนังสือ แบบ Business-to-Consumer โดยเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตหนังสือประเภทแบบเรียนจำนวน 500 เล่ม ซึ่งในการผลิตหนังสือ จะประกอบด้วย กระดาษอาร์ตซึ่งเป็นกระดาษสำหรับพิมพ์ปกหนังสือ กระดาษปอนด์ใช้สำหรับพิมพ์ส่วนของเนื้อในหนังสือ กระดาษคราฟท์เป็นบรรจุภัณฑ์ใช้สำหรับการห่อหนังสือที่สำเร็จแล้ว ฟิล์มพลาสติก PET ซึ่งเคลือบชั้นสารไวแสง น้ำยาสร้างภาพ และน้ำยาคงภาพจากกระบวนการทำฟิล์มแยกสี แม่พิมพ์ที่ทำมาจากแผ่นอะลูมิเนียมเคลือบชั้นสารไวแสงและน้ำยาสร้างภาพ น้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ หมึกพิมพ์ IPA น้ำ น้ำมันเบนซีนสำหรับเช็ดทำความสะอาดหมึกพิมพ์ และกาวสำหรับเข้าเล่มหนังสือ ซึ่งมีสัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกดังรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบในการผลิตหนังสือจำนวน 500 เล่มของระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม

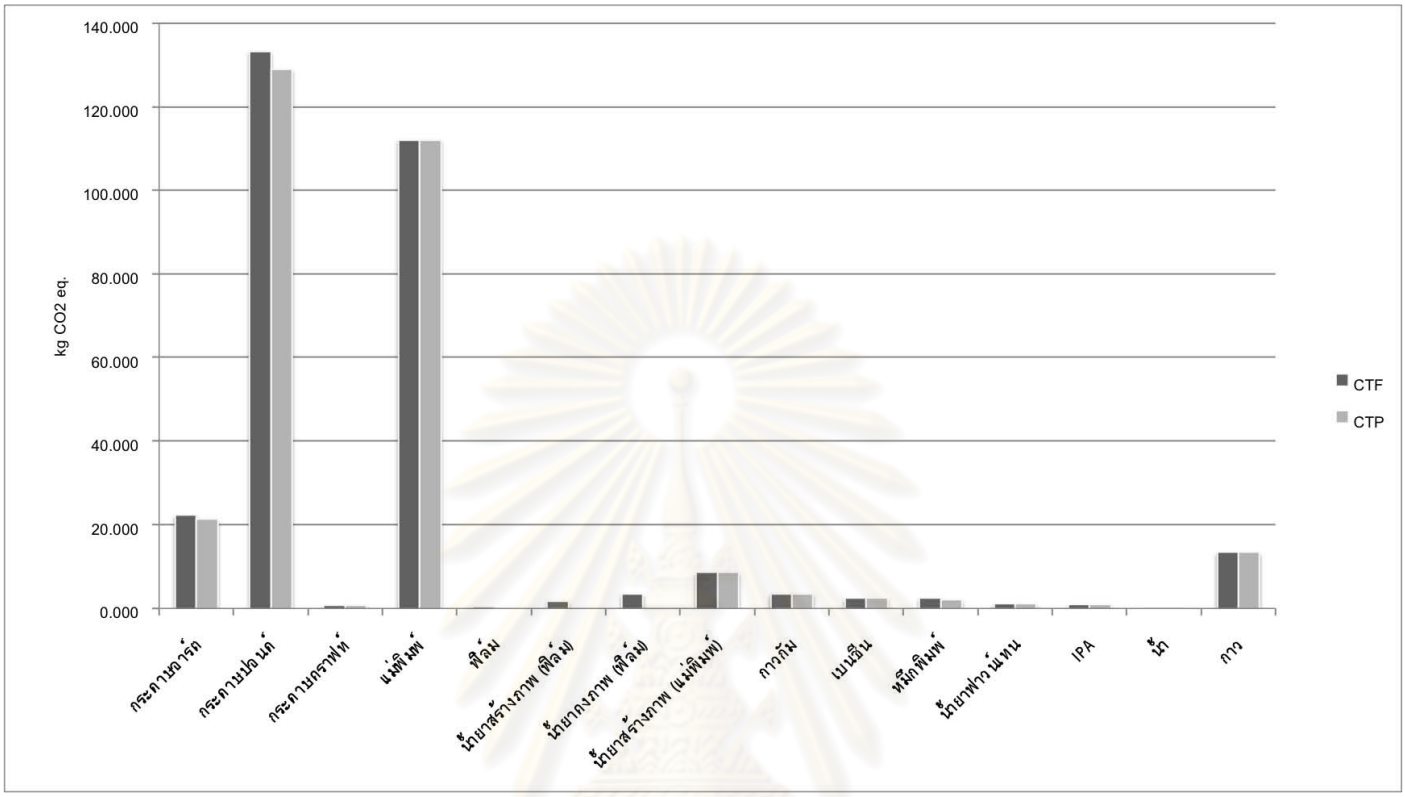


รูปที่ 4.2 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบในการผลิตหนังสือจำนวน 500 เล่มของระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม

ในการผลิตหนังสือด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์ม พบว่าวัตถุดิบของการผลิตหนังสือที่มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกมากที่สุดคือ กระดาษปอนด์ (ประมาณ 43%) รองลงมาคือแม่พิมพ์ (ประมาณ 37-38%) กระดาษอาร์ต (ประมาณ 7%) และ กาวร้อนสำหรับเข้าเล่ม (ประมาณ 5%) แต่องค์ประกอบส่วนอื่น ๆ จะมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวมกันเพียงร้อยละ 6-7 ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากองค์ประกอบทั้งหมดในการผลิตหนังสือ

จากรูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์ม ในส่วนการได้มาของวัตถุดิบ พบว่าการพิมพ์ด้วยระบบดั้งเดิมมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวม 305.562 kg CO_2 eq. ส่วนการพิมพ์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ทูเพลต มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวม 294.524 kg CO_2 eq. ซึ่งสามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ 3.61% โดยการลดลงของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกนี้มาจากการลดการ

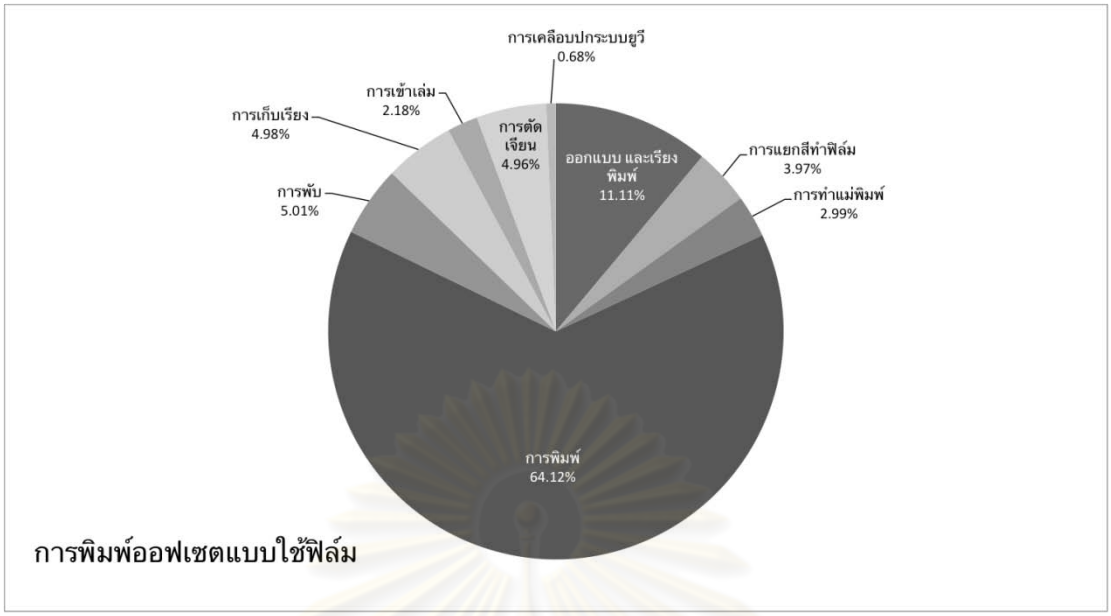
ใช้ฟิล์มและสารเคมีในกระบวนการแยกสีทำฟิล์ม อีกทั้งแม่พิมพ์ของระบบคอมพิวเตอร์ทูเพลต จะช่วยลดปริมาณการใช้หมึกพิมพ์



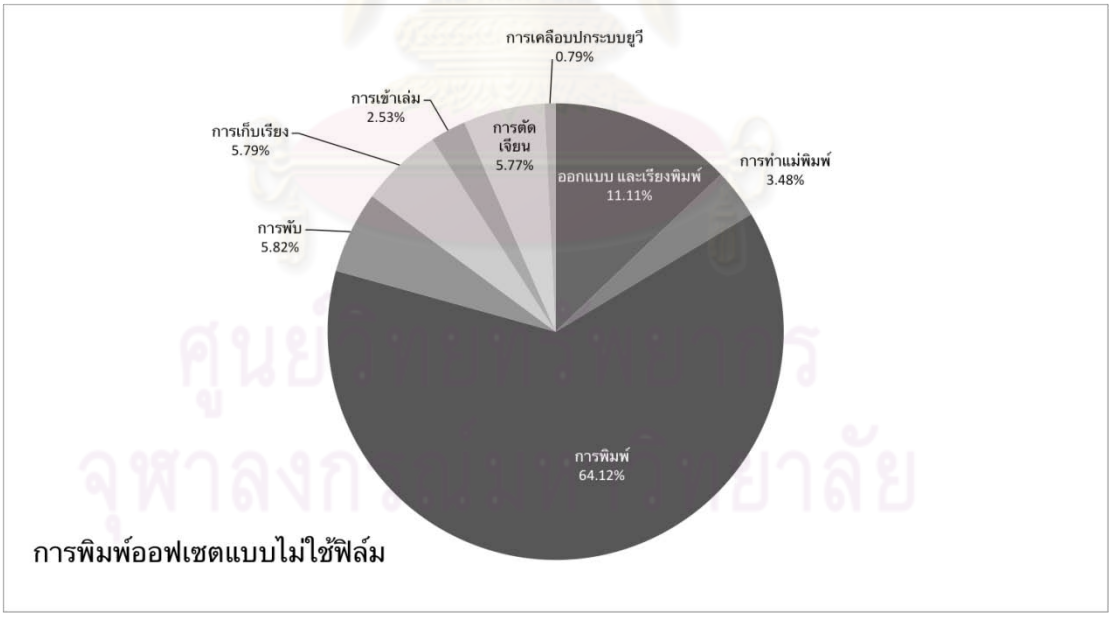
รูปที่ 4.3 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์มในส่วนการได้มาของวัตถุดิบ

4.2 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ในขั้นตอนการผลิต

การประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์จากกระบวนการผลิตหนังสือประเภทแบบเรียนจำนวน 500 เล่ม ซึ่งในการผลิตหนังสือของโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยทั้งหมด 8 ขั้นตอน ประกอบด้วย การออกแบบและเรียงพิมพ์ การแยกสีทำฟิล์ม (เฉพาะการพิมพ์ด้วยระบบออฟเซตแบบดั้งเดิม) การทำแม่พิมพ์ การพิมพ์ การตกแต่ง ปกหนังสือโดยการเคลือบปกด้วยสารเคลือบระบบยูวี การเก็บเรียง การเข้าเล่ม การตัดเจียน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนการผลิตมีสัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกดังรูปที่ 4.4 และ 4.5



รูปที่ 4.4 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของขั้นตอนการผลิตหนังสือจำนวน 500 เล่มของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม

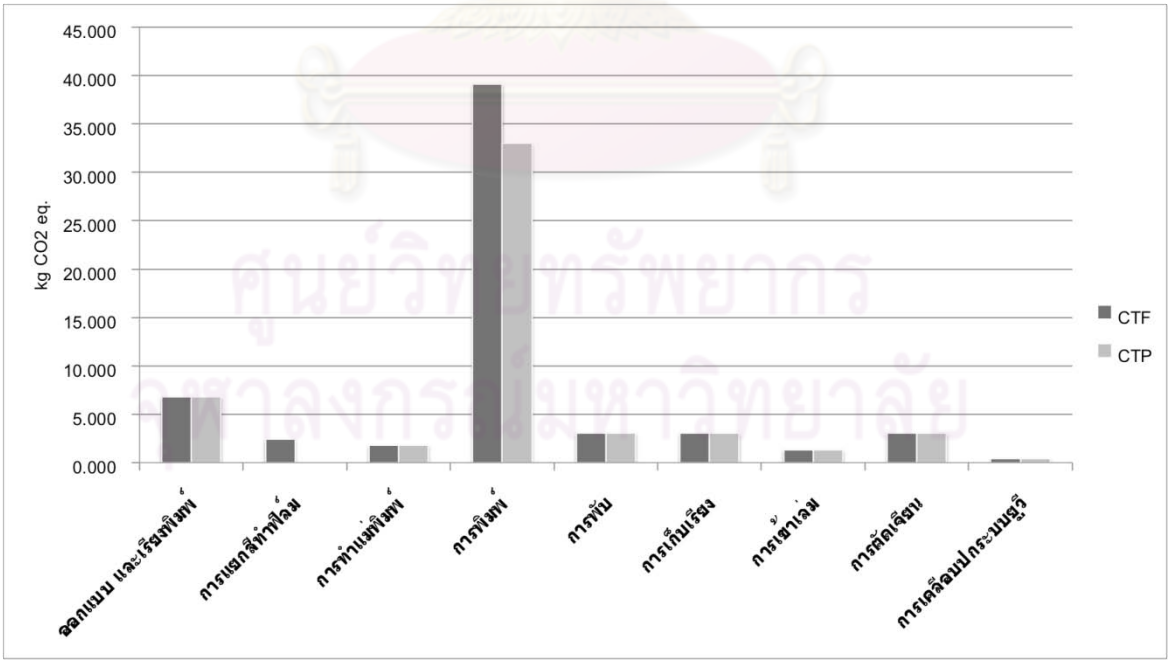


รูปที่ 4.5 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของขั้นตอนการผลิตหนังสือจำนวน 500 เล่มของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม

ในการผลิตหนังสือด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์ม พบว่าขั้นตอนการพิมพ์มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกมากที่สุด ซึ่งถือว่ามีสัดส่วนมากกว่าครึ่ง (ประมาณ 64%) ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในกระบวนการผลิต

รองลงมาคือขั้นตอนออกแบบและเรียงพิมพ์ (ประมาณ 11%) ส่วนขั้นตอน การเก็บเรียง การพับ และการตัดเจียน มีสัดส่วนของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เท่ากันคือร้อยละ 5-6 ของกระบวนการผลิตทั้งหมด ลำดับสุดท้ายคือขั้นตอน การแยกสีทำฟิล์ม (เฉพาะการพิมพ์ด้วยระบบออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม) การเข้าเล่ม การทำแม่พิมพ์ และการเคลือบปกด้วยระบบยูวี

จากรูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบถึงค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์ม ในส่วนของกระบวนการผลิต พบว่าการพิมพ์ด้วยระบบดั้งเดิมมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวม 60.989 kg CO_2 eq. ส่วนการพิมพ์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ทูเพลต มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวม 52.454 kg CO_2 eq. ซึ่งสามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 13.99 ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในขั้นตอนการผลิต โดยการลดลงของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกนี้ มาจากการลดขั้นตอนของการแยกสีทำฟิล์ม อีกทั้งแม่พิมพ์ของระบบคอมพิวเตอร์ทูเพลต มีประสิทธิภาพที่ดี ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการตั้งเครื่องพิมพ์ได้ถึง ครึ่งชั่วโมงต่อการตั้งเครื่องหนึ่งครั้ง



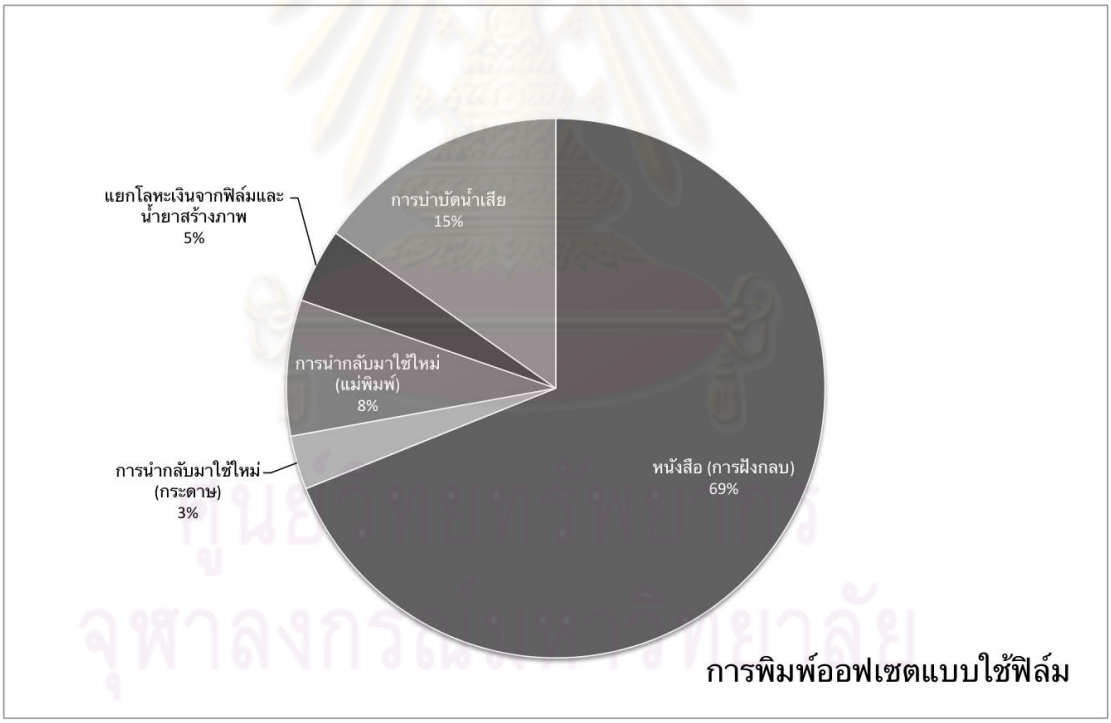
รูปที่ 4.6 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์มในส่วนของขั้นตอนการผลิต

4.3 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ในขั้นตอนการกระจายสินค้า

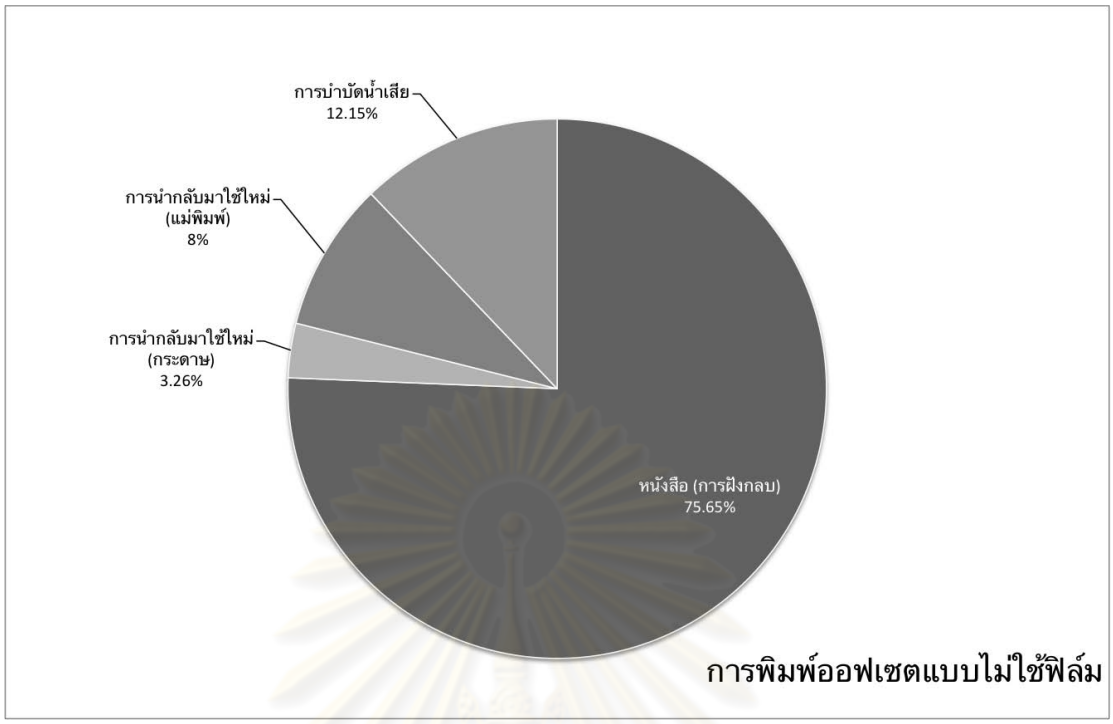
การประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ในขั้นตอนการกระจายสินค้าได้คำนวณจากหนังสือ ซึ่งจะถูกจัดส่งเพื่อจัดจำหน่ายที่ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เนื่องจากมีระยะทางอันใกล้ส่งผลให้มีค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเพียง 0.133 kg CO_2 eq. เท่านั้น

4.4 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ในขั้นตอนการจัดการซาก

การประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ในขั้นตอนการจัดการซากของการผลิตหนังสือประเภทแบบเรียนจำนวน 500 เล่ม พบว่าแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ การกำจัดหนังสือ ด้วยวิธีการฝังกลบ (ในกรณีที่หนังสือทุกเล่มมีการทิ้งไป) การนำเศษกระดาษที่เหลือจากกระบวนการตัดเจียนและกระดาษที่ใช้ในการตั้งเครื่องพิมพ์ไปรีไซเคิล การรีไซเคิลแม่พิมพ์ การแยกโลหะเงินออกจาก น้ำยาสร้างภาพและฟิล์ม และการบำบัดน้ำจากสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตซึ่งในแต่ละขั้น ตอนการผลิต มีสัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกดังรูปที่ 4.7 และ 4.8



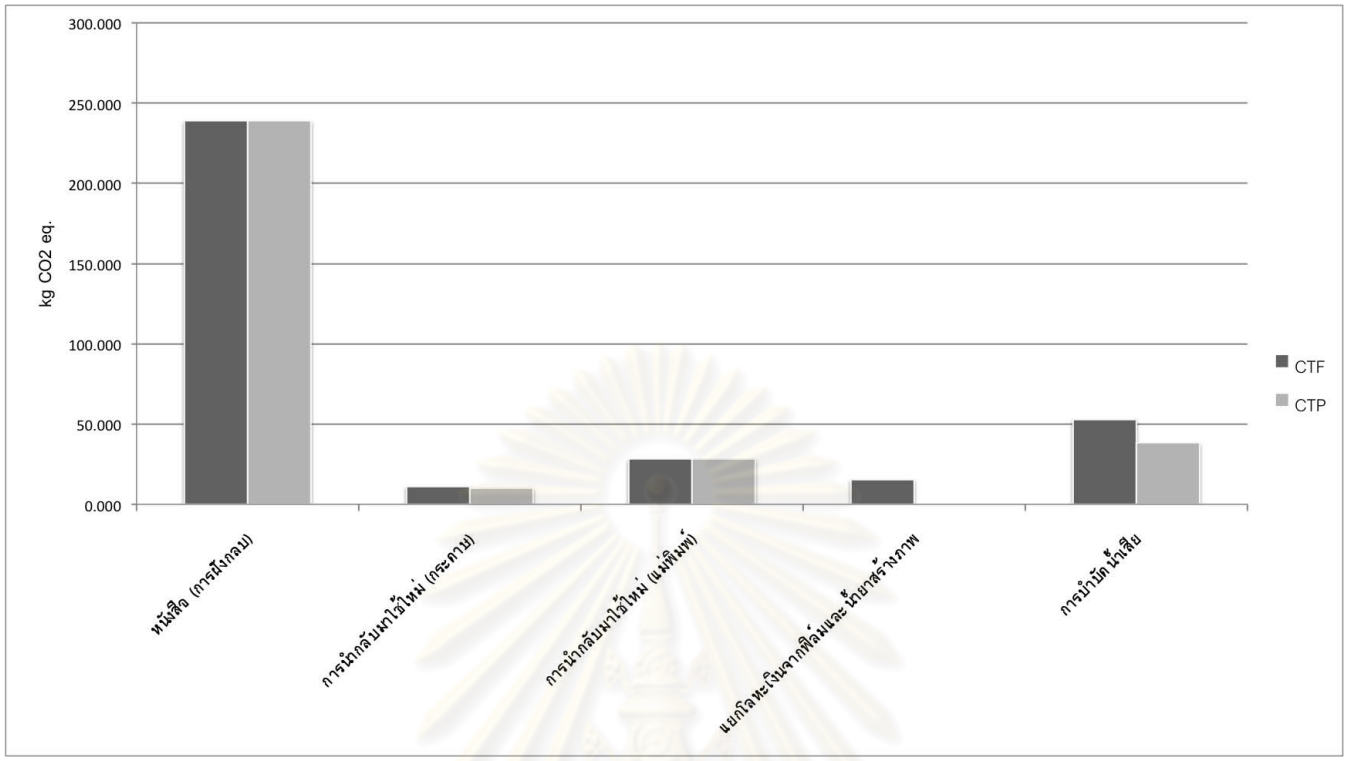
รูปที่ 4.7 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของขั้นตอนการจัดการซากในการผลิตหนังสือจำนวน 500 เล่มของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม



รูปที่ 4.8 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของขั้นตอนการจัดการซากในการผลิตหนังสือจำนวน 500 เล่มของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม

ในการผลิตหนังสือด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์ม พบว่าในขั้นตอนการกำจัดหนังสือด้วยวิธีการฝังกลบมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเป็นอันดับแรก รองลงมาเป็นขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย การรีไซเคิลแม่พิมพ์ และการแยกโลหะเงินออกจากน้ำยาสร้างภาพและฟิล์ม (เฉพาะการพิมพ์ด้วยระบบออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม) ตามลำดับ อันดับสุดท้ายคือการรีไซเคิลกระดาษเสียภายในโรงพิมพ์

จากรูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบถึงค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์ม ในส่วนของขั้นตอนการจัดการซากพบว่าการพิมพ์ด้วยระบบดั้งเดิมมีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวม 346.928 kg CO_2 eq. ส่วนการพิมพ์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ทูเพลต มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวม 316.103 kg CO_2 eq. ซึ่งสามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ร้อยละ 8.89 ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในขั้นตอนการกำจัดซาก โดยการลดลงของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกนี้ มาจากการลดขั้นตอนของการแยกสีทำฟิล์ม ซึ่งทำให้ไม่ต้องมีการ กำจัดสารเคมีในส่วนของขั้นตอนนี้ และการสูญเสียกระดาษในการตั้งเครื่องที่น้อยลงทำให้มีการที่นำไปรีไซเคิลน้อยลงไปด้วย



รูปที่ 4.9 ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์มและแบบไม่ใช้ฟิล์มในส่วนของขั้นตอนการจัดการซาก

4.5 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ตลอดวัฏจักรชีวิตในการผลิตหนังสือ

ตารางที่ 4.1 และ 4.2 แสดงผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หนังสือประเภทแบบเรียนจำนวน 500 เล่ม โดยเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต กระจายสินค้า การใช้งาน (ไม่มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก) และ การจัดการซาก

จากผลการประเมินการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของหนังสือตัวอย่าง จากโรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยระบบการพิมพ์แบบใช้ฟิล์ม (Computer to Film) และแบบไม่ใช้ฟิล์ม (Computer to Plate) พบว่าระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม (Computer to Film) ขั้นตอนของการจัดการซาก ให้ผลกระทบมากที่สุดถึงร้อยละ 48.62 ซึ่งมาจากการกำจัดกระดาษเป็นส่วนใหญ่ (คิดเป็นร้อยละ 33.51) ในขณะที่ขั้นตอนของการได้มาซึ่งวัสดุพิมพ์ให้ผลกระทบที่สูงรองลงมาร้อยละ 42.82 ถัดลงมาเป็นการผลิตและการกระจายสินค้า มีค่าร้อยละ 8.55 และ 0.02 ตามลำดับ

ส่วนระบบการพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม (Computer to Plate) ขั้นตอนของการจัดการซากให้ผลกระทบมากที่สุดถึงร้อยละ 47.66 ซึ่งมาจากการกำจัดกระดาษเป็นส่วนใหญ่เช่นกัน (คิดเป็นร้อยละ 36.06) ในขณะที่ขั้นตอนของการได้มาซึ่งวัสดุพิมพ์ให้ผลกระทบที่สูงรองลงมาร้อยละ 44.41 ถัดลงมาเป็นการผลิตและการกระจายสินค้ามีค่าร้อยละ 7.91 และ 0.02 ตามลำดับ

เห็นได้ว่าขั้นตอนการจัดการซากและการได้มาซึ่งวัตถุดิบเป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเป็นอย่างมากในระบบการพิมพ์ออฟเซตทั้งสองชนิด ดังนั้นการหาวัสดุทดแทนหรือลดคุณลักษณะบางประการของวัตถุดิบ จะสามารถช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ในระดับหนึ่ง แต่หากพิจารณาในโรงพิมพ์แล้วกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆ สามารถดำเนินการเพื่อช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้มากที่สุด เนื่องจากเป็นกระบวนการที่เราสามารถควบคุมได้ หากทำการปรับเปลี่ยนเทคนิคหรือ วิธีการผลิตบางขั้นตอน ก็ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยลดปริมาณการปลดปล่อย แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าได้ เช่น การพิมพ์ด้วยระบบไร้น้ำ หรือ การพิมพ์ด้วยเม็ดสกรีน ระบบ FM การควบคุมเวลาในการทำงาน หรือปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพื่อลดปริมาณ การใช้พลังงานลง การลดปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต เป็นต้น

ผลการประเมินปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าหรือ การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในการผลิตหนังสือ “แรกเริ่มสถาปัตยกรรมของสยามประเทศ” ที่โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก หรือ ค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตรวม 713.612 กิโลกรัม คิดเป็น 1.427 กิโลกรัมต่อ หนังสือ 1 เล่ม สำหรับการพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม (Computer to Film)

ส่วนการพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม (Computer to Plate) ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก หรือค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตรวม 663.22 กิโลกรัม คิดเป็น 1.326 กิโลกรัมต่อหนังสือ 1 เล่ม ซึ่งแสดงว่าการพิมพ์ออฟเซต แบบไม่ใช้ฟิล์ม สามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ถึง 50.397 กิโลกรัมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 7.09

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในการผลิตหนังสือด้วยระบบออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม

ระบบการพิมพ์	แบบใช้ฟิล์ม (CTF)				
ขั้นตอน	ปัจจัย	Kg-CO_2 eq.	%	Kg-CO_2 eq.	%
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	กระดาษอาร์ต	22.319	3.13	305.562	42.82
	กระดาษปอนด์	133.209	18.67		
	กระดาษคราฟท์	0.703	0.10		
	แม่พิมพ์	112.082	15.71		
	ฟิล์ม	0.207	0.03		
	น้ำยาสร้างภาพ (ฟิล์ม)	1.687	0.24		
	น้ำยาคงภาพ (ฟิล์ม)	3.375	0.47		
	น้ำยาสร้างภาพ (แม่พิมพ์)	8.535	1.20		
	กาวกัม	3.382	0.47		
	เบนซีน	2.288	0.32		
	หมึกพิมพ์	2.469	0.35		
	น้ำยาฟาวน์เทน	1.078	0.15		
	IPA	0.854	0.12		
	น้ำ	0.000	0.00		
	กาว	13.375	1.87		
การผลิต	ออกแบบ และเรียงพิมพ์	6.777	0.95	60.989	8.55
	การแยกสีทำฟิล์ม	2.421	0.34		
	การทำแม่พิมพ์	1.825	0.26		
	การพิมพ์	39.107	5.48		
	การพับ	3.053	0.43		
	การเก็บเรียง	3.036	0.43		
	การเข้าเล่ม	1.330	0.19		
	การตัดเจียน	3.025	0.42		
	การเคลือบปกระบบยูวี	0.416	0.06		
การกระจายสินค้า	จัดส่ง(ศูนย์หนังสือจุฬาฯ)	0.133	0.02	0.133	0.02
การจัดการซาก	หนังสือ (การฝังกลบ)	239.124	33.51	346.928	48.62
	การนำกลับมาใช้ใหม่ (กระดาษ)	11.182	1.57		
	การนำกลับมาใช้ใหม่ (แม่พิมพ์)	28.269	3.96		
	แยกโลหะเงินจากฟิล์มและน้ำยาสร้างภาพ	15.494	2.17		
	การบำบัดน้ำเสีย	52.860	7.41		
รวมปริมาณการปล่อยแก๊ส CO_2eq. (kg CO_2eq.)		713.612			
รวมปริมาณการปล่อยแก๊ส CO_2eq. ต่อเล่ม (kg CO_2eq.)		1.427			

ตารางที่ 4.2 ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในการผลิตหนังสือด้วยระบบออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม

ระบบการพิมพ์	แบบไม่ใช้ฟิล์ม (CTP)				
ขั้นตอน	ปัจจัย	Kg-CO_2 eq.	%	Kg-CO_2 eq.	%
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	กระดาษอาร์ต	21.323	3.22	294.524	44.41
	กระดาษปอนด์	128.970	19.45		
	กระดาษคราฟท์	0.703	0.11		
	แม่พิมพ์	112.082	16.90		
	ฟิล์ม	0.000	0.00		
	น้ำยาสร้างภาพ (ฟิล์ม)	0.000	0.00		
	น้ำยาคงภาพ (ฟิล์ม)	0.000	0.00		
	น้ำยาสร้างภาพ (แม่พิมพ์)	8.535	1.29		
	กาวกัม	3.382	0.51		
	เบนซีน	2.288	0.34		
	หมึกพิมพ์	1.934	0.29		
	น้ำยาฟาวน์เทน	1.078	0.16		
	IPA	0.854	0.13		
	น้ำ	0.000	0.00		
	กาว	13.375	2.02		
การผลิต	ออกแบบ และเรียงพิมพ์	6.777	1.02	52.454	7.91
	การแยกสีทำฟิล์ม	0.000	0.00		
	การทำแม่พิมพ์	1.825	0.28		
	การพิมพ์	32.994	4.97		
	การพับ	3.053	0.46		
	การเก็บเรียง	3.036	0.46		
	การเข้าเล่ม	1.330	0.20		
	การตัดเจียน	3.025	0.46		
	การเคลือบปกระบบยูวี	0.416	0.06		
การกระจายสินค้า	จัดส่ง(ศูนย์หนังสือจุฬาฯ)	0.133	0.02	0.133	0.02
การจัดการซาก	หนังสือ (การฝังกลบ)	239.124	36.06	316.103	47.66
	การนำกลับมาใช้ใหม่ (กระดาษ)	10.309	1.55		
	การนำกลับมาใช้ใหม่ (แม่พิมพ์)	28.269	4.26		
	แยกโลหะเงินจากฟิล์มและน้ำยาสร้างภาพ	0.000	0.00		
	การบำบัดน้ำเสีย	38.402	5.79		
รวมปริมาณการปล่อยแก๊ส CO_2eq. (kg CO_2eq.)		663.215			
รวมปริมาณการปล่อยแก๊ส CO_2eq. ต่อเล่ม (kg CO_2eq.)		1.326			

4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือเมื่อมีจำนวนการผลิตที่ต่างกัน

จากผลการประเมินการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของการผลิตหนังสือซึ่งมีจำนวนการผลิตที่แตกต่างกันได้แก่ 500 เล่ม 5,000 เล่ม และ 10,000 เล่ม โดยคงค่าคงที่ของบางปัจจัยซึ่งไม่ส่งผลต่อจำนวนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ กระดาษที่ใช้ในการตั้งเครื่องพิมพ์ ฟิล์ม แม่พิมพ์ และสารเคมีในขั้นตอนการผลิตฟิล์มและแม่พิมพ์ แสดงดังตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 พบว่าปัจจัยเรื่องจำนวนการผลิต สามารถส่งผลกระทบต่อค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเป็นอย่างมาก ดังจะเห็นได้ว่าถ้าหากมีจำนวนการผลิตที่มากก็จะช่วยลดค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้มากเช่นกัน

โดยจากการประเมินพบว่าถ้าผลิตหนังสือด้วยระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม จำนวน 5,000 เล่ม จะช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 33.22 เมื่อเทียบกับการผลิตที่จำนวน 500 เล่ม และถ้าพิมพ์จำนวน 10,000 เล่มจะช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 38.33

จากการประเมินพบว่าถ้าผลิตหนังสือด้วยระบบพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม จำนวน 5,000 เล่ม จะช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 30.39 เมื่อเทียบกับการผลิตที่จำนวน 500 เล่ม และถ้าพิมพ์จำนวน 10,000 เล่มจะช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 35.75

ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ส่งผลต่อการลดลงของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเมื่อเพิ่มจำนวนการผลิตนั่นก็คือส่วนของขั้นตอนงานก่อนพิมพ์ เช่น ขั้นตอนการออกแบบ เรียงพิมพ์ การแยกสีทำฟิล์ม การทำแม่พิมพ์ เนื่องจากขั้นตอนเหล่านี้จะไม่มีกิจกรรมเพิ่มเติมเมื่อมีจำนวนพิมพ์มากขึ้น จึงทำให้มีการเฉลี่ยค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจก และมีการลดลงของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเมื่อมีจำนวนพิมพ์มากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือเมื่อมีจำนวนการผลิตที่ต่างกันของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบใช้ฟิล์ม

ขั้นตอน	ปัจจัย	Kg-CO2		
		จำนวนพิมพ์ 500 เล่ม	จำนวนพิมพ์ 5,000 เล่ม	จำนวนพิมพ์ 10,000 เล่ม
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	กระดาษอาร์ต	22.319	166.007	217.654
	กระดาษปอนด์	133.209	1146.597	1922.214
	กระดาษคราฟท์	0.703	7.034	14.068
	แม่พิมพ์	112.082	112.079	112.079
	ฟิล์ม	0.207	0.205	0.205
	น้ำยาสร้างภาพ (ฟิล์ม)	1.687	1.687	1.687
	น้ำยาคงภาพ (ฟิล์ม)	3.375	3.374	3.374
	น้ำยาสร้างภาพ (แม่พิมพ์)	8.535	8.534	8.534
	กัมอะราบิก	3.382	3.380	3.380
	หมึกพิมพ์	2.288	22.876	45.752
	น้ำยาฟาวน์เทน	2.469	24.686	49.372
	IPA	1.078	10.784	21.568
	น้ำ	0.854	8.538	17.076
	เบนซีน	0.000	2.286	2.286
	กาวสำหรับเข้าเล่ม	13.375	133.747	267.494
การผลิต	การออกแบบและเรียงพิมพ์	6.777	6.777	6.777
	การแยกสีทำฟิล์ม	2.421	2.421	2.421
	การทำแม่พิมพ์	1.825	1.825	1.825
	การพิมพ์	39.107	391.073	782.146
	การเคลือบปกระบบยูวี	3.053	30.527	61.054
	การพับ	3.036	30.356	60.713
	การเก็บเรียง	1.330	13.296	26.591
	การเข้าเล่ม	3.025	30.252	60.504
	การตัดเจียน	0.416	4.157	8.315
การกระจายสินค้า	จัดส่ง(ศูนย์หนังสือจุฬาฯ)	0.133	1.330	2.660
การจัดการซาก	หนังสือ (การฝังกลบ)	239.124	2391.236	4782.471
	การนำกลับมาใช้ใหม่ (กระดาษ)	11.182	111.815	223.631
	การนำกลับมาใช้ใหม่ (แม่พิมพ์)	28.269	28.249	28.249
	แยกโลหะเงินจากฟิล์มและน้ำยาสร้างภาพ	15.494	15.503	15.503
	การบำบัดน้ำเสีย	52.860	52.860	52.860
รวมปริมาณการปล่อยแก๊ส CO2 (kg- CO2)		713.612	4763.492	8802.464
รวมปริมาณการปล่อยแก๊ส CO2 ต่อเล่ม (kg- CO2)		1.4272	0.953	0.880

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของการผลิตหนังสือเมื่อมีจำนวนการผลิตที่ต่างกันของระบบพิมพ์ออฟเซตแบบไม่ใช้ฟิล์ม

ขั้นตอน	ปัจจัย	Kg-CO2		
		จำนวนพิมพ์ 500 เล่ม	จำนวนพิมพ์ 5,000 เล่ม	จำนวนพิมพ์ 10,000 เล่ม
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	กระดาษอาร์ต	21.323	156.050	197.740
	กระดาษปอนด์	128.970	1104.210	1837.440
	กระดาษคราฟท์	0.703	7.034	14.068
	แม่พิมพ์	112.082	112.079	112.079
	ฟิล์ม	0.000	0.000	0.000
	น้ำยาสร้างภาพ (ฟิล์ม)	0.000	0.000	0.000
	น้ำยาคงภาพ (ฟิล์ม)	0.000	0.000	0.000
	น้ำยาสร้างภาพ (แม่พิมพ์)	8.535	8.534	8.534
	กาวกัม	3.382	3.380	3.380
	เบนซีน	2.288	22.876	45.752
	หมึกพิมพ์	1.934	19.336	38.672
	น้ำยาฟาวน์เทน	1.078	10.784	21.568
	IPA	0.854	8.538	17.076
	น้ำ	0.000	2.286	2.286
	กาว	13.375	133.747	267.494
การผลิต	ออกแบบ และเรียงพิมพ์	6.777	6.777	6.777
	การแยกสีทำฟิล์ม	0.000	0.000	0.000
	การทำแม่พิมพ์	1.825	1.825	1.825
	การพิมพ์	32.994	329.940	659.880
	การพับ	3.053	30.527	61.054
	การเก็บเรียง	3.036	30.356	60.713
	การเข้าเล่ม	1.330	13.296	26.591
	การตัดเจียน	3.025	30.252	60.504
	การเคลือบปกระบบยูวี	0.416	4.157	8.315
การกระจายสินค้า	จัดส่ง(ศูนย์หนังสือจุฬาฯ)	0.133	1.330	2.660
การจัดการซาก	หนังสือ (การฝังกลบ)	239.124	2391.236	4782.471
	การนำกลับมาใช้ใหม่ (กระดาษ)	10.309	103.090	206.180
	การนำกลับมาใช้ใหม่ (แม่พิมพ์)	28.269	28.249	28.249
	แยกโลหะเงินจากฟิล์มและน้ำยาสร้างภาพ	0.000	0.000	0.000
	การบำบัดน้ำเสีย	38.402	52.860	52.860
รวมปริมาณการปล่อยแก๊ส CO2 (kg- CO2)		663.215	4612.750	8524.169
รวมปริมาณการปล่อยแก๊ส CO2 ต่อเล่ม (kg- CO2)		1.326	0.923	0.852

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์หรือค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของ ผลิตภัณฑ์โดยทั่วไป จะพบว่าในส่วนของบรรจุภัณฑ์จะคิดเพียงค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก ของวัสดุเท่านั้นซึ่งตัดขั้นตอนกระบวนการพิมพ์ลงบนบรรจุภัณฑ์ออกไป เหตุผลเพราะว่า การพิมพ์เป็นส่วนที่ประเมินได้ยาก เนื่องจากมีวัตถุดิบในกระบวนพิมพ์หลายชนิด อีกทั้งกระบวนการพิมพ์ก็มีอีกหลายขั้นตอนเช่นกัน ด้วยสาเหตุความยุ่งยากซับซ้อนนี้เอง จึงจำเป็นต้องตัดออกไป แต่จากงานวิจัยนี้พบว่าการคิดเพียงส่วนของวัสดุหลัก ของบรรจุภัณฑ์อาจจะไม่ถูกต้องนัก เนื่องจากมีวัสดุต่างๆ ของการพิมพ์ที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเช่นกัน อาทิ แม่พิมพ์ หมึกพิมพ์ และสารเคมีต่างๆ ในกระบวนการพิมพ์ เป็นต้น ดังนั้นการริเริ่มศึกษาถึงค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของระบบการพิมพ์ ประเภทต่างๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญในการประเมินเพื่อให้ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ เป็นค่าที่ถูต้องใกล้เคียงจริงมากที่สุด

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์หรือค่าการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของ การผลิตหนังสือด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น โดยใช้แนวทางการประเมิน ตามคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจัดทำโดยคณะกรรมการ เทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ จากหน่วยงานองค์การบริหารจัดการแก๊สเรือนกระจก จำกัด และ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ พบว่ามีพารามิเตอร์ที่มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ (มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกมากกว่าร้อยละ 1 ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งหมด จากผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต) และไม่มีนัยสำคัญเป็นจำนวนมาก ซึ่งถ้าหากต้องการ จะลดขั้นตอนการประเมินการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากพารามิเตอร์บางตัว เนื่องจากการประเมินอาจจะมีความยุ่งยาก ก็สามารถตัดข้อมูลพารามิเตอร์ที่ไม่มีนัยสำคัญออกได้ ซึ่งข้อมูลที่ขาดต้องมีสัดส่วนไม่เกินร้อยละ 5 ของปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของทั้งระบบผลิตภัณฑ์และเมื่อตัดออกแล้วให้ทำการเพิ่มสัดส่วนของปริมาณแก๊สเรือนกระจกจากวัตถุดิบ และสารขาออกรวมทุกรายการโดยใช้ฐานเท่ากับร้อยละ 100

พารามิเตอร์ที่ไม่มีนัยสำคัญในกระบวนการผลิตหนังสือภายในโรงพิมพ์แห่งจุฬาฯ ที่พบในงานวิจัยนี้ ได้แก่ กระดาษคราฟท์ ฟิล์ม น้ำยาสร้างภาพ น้ำยาคงภาพ กาวกัม เบนซีน หมึกพิมพ์ น้ำยาฟาว์เทน IPA และ น้ำ

ผลการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ของการผลิตหนังสือด้วยการพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นแบบใช้ฟิล์มและไม่ใช้ฟิล์มพบว่าการพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น แบบไม่ใช้ฟิล์มสามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ถึง 49.417 กิโลกรัมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อเทียบกับแบบใช้ฟิล์มซึ่งคิดเป็นร้อยละ 9.78

จากงานวิจัยพบว่า แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์ของการผลิตหนังสือในประเทศไทยมีความเป็นไปได้ ซึ่งโดยแนวทางของการประเมินแล้วไม่ได้แตกต่างไปจากหลักสากล ที่ใช้กันโดยทั่วไปในต่างประเทศ แต่การคำนวณหรือปัจจัยต่าง ๆ อาจแตกต่างกันออกไป ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงานวิจัยนี้ ช่วยให้โรงพิมพ์สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ การใช้วัสดุทางการพิมพ์ รวมถึงการใช้พลังงาน เพื่อลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่าง ๆ นั้นไม่ควรมีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของต้นทุนในการผลิตด้วย

5.2 **ข้อเสนอแนะ**

จากการศึกษาวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์ของการผลิตหนังสือด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น พบว่าต้นทุนเป็นปัจจัยอันดับต้น ๆ ที่โรงพิมพ์คำนึงถึงในการผลิตหนังสือ ดังนั้นงานวิจัยต่อยอดอาจศึกษา การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตหนังสือเปรียบเทียบกับค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจทั้งในประเด็นเรื่องสิ่งแวดล้อมและประเด็นเรื่องเศรษฐศาสตร์ควบคู่กันได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.). IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

[2] อรัญ หาญสืบสาย. Life Cycle Assessment. วารสารการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ 22,94 (2010): 37-40.

[3] กลุ่มศึกษาข้อตกลงเขตการค้าเสรีภาคประชาชน.คาร์บอนฟุตพรินต์ซัพพลายเชนเตรียมรับเละ [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: www.ftawatch.org/all/news/18970 [2554, มีนาคม 5]

[4] Allison, C., and Carter, A. Study on different types of Environmental Labelling (ISO Type II and Type III Labels). Oxford: Environmentl Resources Management, 2000.

[5] คณะกรรมการการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของ ผลิตภัณฑ์, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง ,2552.

[6] คณะกรรมการกลุ่มผลิตรายวิชาการพิมพ์เบื้องต้น. เอกสารการสอนรายวิชา การพิมพ์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2537.

[7] Shimizu, H. Establishment of quantitative assessment for printing service, J. Printing Science and Technology 46,6(2009): 278-287.

[8] Shimizu, H., and Nagata, K. Comparison of Life-Cycle CO2 Emissions for Paper-based Book and Electronic Books. J. Printing Science and Technology 47,2(2010): 19-29.

[9] The Research Center for Life Cycle Assessment. 2009. JEMAI-LCA Pro. [Computer software]. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) and Japan Environmental Management Association for Industry (JEMAI).

[10] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน). หลักเกณฑ์และเงื่อนไขในการใช้เครื่องหมายรับรองคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง ,2553.

[11] Tukker, A. Handbook on Life Cycle Assessment. New York: Kluwer Academic Publishers, 2004

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ปรัชญา เคียงประคอง เกิดวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ.2529 จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิตจากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2551 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย