การเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพรินต์ระหว่างหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษกับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย

นายนครินทร์ ปัญญาใส

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

COMPARISON OF CARBON FOOTPRINT BETWEEN PRINTED PAPER-BOOK AND ELECTRONIC BOOK IN THAILAND

Mr. Nakharin Panyasai

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 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพรินต์ระหว่างหนังสือที่พิมพ์
บนกระดาษกับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย
โดย นาย นครินทร์ ปัญญาใส
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวาล คูร์พิพัฒน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(Hirokazu Shimizu Ph. D.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรทวี พึ่งรัศมี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญดา เกตุเมฆ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. จิตติ มังคละศิริ)

นครินทร์ ปัญญาใส: การเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพรินต์ระหว่างหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษกับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย. (COMPARISON OF CARBON FOOTPRINT BETWEEN PRINTED PAPER-BOOK AND ELECTRONIC BOOK IN THAILAND)
อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.อรัญ หาญสืบสาย, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: Hirokazu Shimizu Ph. D., 93 หน้า.

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยเติบโตอย่างรวดเร็ว ตามการขยายตัวของตลาดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อ่าน เช่น แท็บเล็ต โทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะ และคินเดิลของแอเมซอน ต้นทุนการผลิตและราคาขายไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และการถ่ายโอนข้อมูลไปยังอุปกรณ์ที่ใช้อ่านก็สามารถทำได้ง่าย นอกจากนี้ในมุมมองทางด้านสิ่งแวดล้อมของโลก ยังมีนักวิทยาศาสตร์หลายคนเชื่อว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์จะปลดปล่อยปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ จากงานวิจัยพบว่า พฤติกรรมการอ่านของ คนไทย โดยเฉลี่ยความเร็วในการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์อยู่ที่ 312 คำต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วที่ช้ากว่าการอ่านหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษเล็กน้อย ห่างกันประมาณ 20 คำ/นาที จากผลการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 95% พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างสื่อที่ใช้อ่านหนังสือกับประเภทของหนังสือ ไม่ได้เป็นอิสระต่อกัน แสดงให้เห็นว่าคนที่ชื่นชอบการอ่านนิตยสารหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ ก็ยังชื่นชอบที่จะอ่านข่าวสารด้วยหนังสืออิเล็กที่พิมพ์ลงบนกระดาษด้วยเช่นกัน สำหรับการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษและหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ด้วยจำนวนเล่มและดาวน์โหลดที่เท่ากัน โดยการใช้เทคนิคการประเมินผลแบบการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) พบว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์สามารถลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ถึง 6 4.45% หรือประมาณ 3 เท่าของการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของหลังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่าย และเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5471997123 : MAJOR IMAGING TECHNOLOGY
KEYWORDS : GHGs / CARBON FOOTPRINT/ LCA / e-Book
NAKHARIN PANYASAI: COMPARISON OF CARBON FOOTPRINT BETWEEN PRINTED PAPER-BOOK AND ELECTRONIC BOOK IN THAILAND.
ADVISOR : ASSOC. PROF. ARAN HANSUEBSAI, Ph.D.,
CO - ADVISOR : HIROKAZU SHIMIZU, Ph.D.,93 pp.

E-book in Thailand is increasing rapidly as the trend is growing along with the increasing of electronic gadget market such as Tablet, Smartphone and Kindle e-paper, etc. It has less cost to produce and can be sold in lower price compared to that of paper book. Interestingly, the content can be transferred to other reading device platforms. Moreover, in the viewpoint of an environmental concern, many scientists still believe that the e-book emits the GHGs lower than that of paper book. This research surveyed the environmental awareness and the e-book reading behavior of Thai people in order to analyze its carbon footprint on iPad. The result showed that the average reading speed of Thai people was 312 words/min, which is slightly slower than reading a printed paper book about 20 words /min. Chi-square test at 95 % significance level represented that the relationship between the selected reading devices and types of media to read was dependent one another. This implies that Thai people still prefer reading magazine on printed paper, while reading the news on electronic device. To calculate the carbon foot print of the printed paper book and its relevant electronic book, by the same number of copies and downloads, the techniques of Life Cycle Assessment (LCA) was employed. If was found that the electronic book can reduce the amount of CO_2 emission up to 64.45% , or about 3 times of that emitted from the printed paper book.

Department : Imaging and Printing Technology Student's Signature.....
Field of study : Imaging Technology Advisor's Signature.....
Academic Year : 2013 Co-advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ Dr. Hirokazu Shimizu อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่คอยให้คำปรึกษา ดูแลเอาใจใส่และช่วยแก้ปัญหาให้ทำให้เกิดวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขึ้นมาได้ด้วยดีมาโดยตลอด และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวาล คูร์พิพัฒน์ ประธานคณะกรรมการ รองศาสตราจารย์ พรทวี พึ่งรัศมี รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญดา เกตุเมฆ และ ดร. จิตติ มังคละศิริ นักวิจัย จากห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยเหลือ แนะนำ เอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณแรงสนับสนุนทุกด้าน และกำลังใจจากครอบครัว ที่เป็นแรงผลักดันให้งานนี้ออกมาสำเร็จ ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ นิสิตภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยให้คำแนะนำ ให้ข้อมูล และช่วยเหลือกันมาด้วยดี ขอบคุณครับ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
สารบัญแผนภูมิ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ 5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 แนวคิดและทฤษฎี 6
2.1.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์ 6
2.1.2 บทนิยาม (Terms and Definitions) 7
2.1.3 รูปแบบการประเมิน 10
2.1.4 ข้อมูลสนับสนุน (Supporting data) 10
2.1.5 แหล่งกำเนิด แก๊สเรือนกระจก และหน่วยวัด 11
2.1.6 กรอบแนวคิดการคำนวณ (Methodological Framework) 12
2.1.7 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน 12
2.1.8 ข้อมูลและคุณภาพข้อมูล 19
2.1.9 การคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ 22
2.1.10 การแสดงผล 24
2.1.11 ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นต์ 24
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 30
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 30
3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย 31
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 40
4.1 ผลสำรวจการตระหนักให้ความสำคัญของคนไทยต่อปัญหาสภาวะแวดล้อม 40
4.2 ผลวิจัยพฤติกรรมการอ่านหนังสือหนังสือ 44
4.3 ผลการสำรวจหาข้อมูลปฐมภูมิของการผลิตหนังสือ 50
4.4 ผลการสำรวจหาข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจก (CO_2e) 53
4.5 ผลการคำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือ 54
4.6 ผลเปรียบเทียบการคำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือ 67
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 68
5.1 สรุปผลการวิจัย 68
5.2 ข้อเสนอแนะ 70
รายการอ้างอิง 71
ภาคผนวก 73
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 79

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น 18
ตารางที่ 3.1 วิธีการหาข้อมูลปฐมภูมิ (ปริมาณการใช้วัตถุดิบ) และวิธีการเก็บข้อมูล 38
ตารางที่ 4.1 แสดงการตระหนักให้ความสำคัญของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 40
ตารางที่ 4.2 ผลการตระหนักให้ความสำคัญของสื่อต่อปัญหาสภาวะแวดล้อม (ภาษาไทย) 42
ตารางที่ 4.3 ผลการตระหนักให้ความสำคัญของสื่อต่อปัญหาสภาวะแวดล้อม (ภาษาอังกฤษ) 44
ตารางที่ 4.4 ผลสำรวจของพฤติกรรมการใช้งานของแท็ปเล็ตในกิจกรรมต่างๆ 45
ตารางที่ 4.5 ผลสำรวจของอุปกรณ์แท็ปเล็ตที่คนส่วนใหญ่นิยมใช้ 45
ตารางที่ 4.6 ประเภทของหนังสือที่คนไทยอ่านจากสื่อต่างๆ 46
ตารางที่ 4.7 ความความสอดคล้องความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของหนังสือจากสื่อ 47
ตารางที่ 4.8 ค่าทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้ไคสแควร์ 48
ตารางที่ 4.9 สื่อที่ใช้ในการอ่านหนังสือ ที่คนไทยคิดว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 49
ตารางที่ 4.10 ความเร็วในการอ่านหนังสือของคนไทยจากการอ่านสื่อแต่ละประเภท 50
ตารางที่ 4.11 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมงของอุปกรณ์ที่ใช้และเครื่องจักรที่ใช้การผลิต 51
ตารางที่ 4.12 ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานไฟฟ้าในการผลิต 52
ตารางที่ 4.13 ระยะทางในการขนส่งวัตถุดิบในการผลิต การจัดส่ง และการทำลาย กำจัดซาก 53
ตารางที่ 4.14 ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจก (CO_2e) 55
ตารางที่ 4.15 ผลการคำนวนคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษในขั้นตอนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 56
ตารางที่ 4.16 ผลการคำนวนคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษในขั้นตอนของการเตรียมพิมพ์ ออกแบบ หนังสือ 57
ตารางที่ 4.17 ผลการคำนวนคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษในขั้นตอนของการผลิตหนังสือ 58
ตารางที่ 4.18 ผลการคำนวนคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษในขั้นตอนการกระจายสินค้า 59

หน้า

ตารางที่ 4.19 ผลการคำนวนคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษในขั้นตอน
การจัดการซาก..... 60
ตารางที่ 4.20 ผลการประเมินของการปล่อย CO_2e ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ..... 61
ตารางที่ 4.21 ผลการประเมินของการปล่อย CO_2e ในการแปลงไฟล์เป็นหนังสืออิเล็กทรอนิกส์63
ตารางที่ 4.22 ผลการประเมินของการปล่อย CO_2e ของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์..... 65

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากลดคาร์บอนของประเทศไทย..... 25
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างฉลากคาร์บอนของประเทศต่างๆ..... 26
รูปที่ 3.1 แบบสอบถามออนไลน์..... 32
รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดสภาวะแสงที่ใช้ในการอ่าน..... 33
รูปที่ 3.2 สภาวะการอ่านของหนังสือหนังสือ..... 33
รูปที่ 3.4 ขอบเขตของระบบ (System boundary) ของหนังสือกระดาษ..... 34
รูปที่ 3.5 ขอบเขตของระบบ (System boundary) ของหนังสืออิเล็คทรอนิกส์..... 35
รูปที่ 3.6 ตัวอย่าง Paper book ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย..... 36
รูปที่ 3.7 ตัวอย่าง eBook ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยที่จำหน่ายบน CU-eBook Store App..... 36
รูปที่ 3.9 วิธีการคำนวณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า..... 39
รูปที่ 4.1 ขอบเขตของระบบ (System boundary) ของหนังสืออิเล็คทรอนิกส์..... 63
รูปที่ 4.2 สัดส่วนค่าการปล่อย CO_2e ของ iPad with retina display..... 64

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 4.1 แสดงการตระหนักให้ความสำคัญของนิสิตจุฬาลงกรณ์ 41
แผนภูมิที่ 4.2 แผนภูมิเปรียบเทียบผลตระหนักให้ความสำคัญต่อปัญหาสภาวะแวดล้อม 43
แผนภูมิที่ 4.3 แผนภูมิแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้ไคสแควร์ 47
แผนภูมิที่ 4.4 สัดส่วนการปล่อย CO_2e ในขั้นตอนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ 56
แผนภูมิที่ 4.5 สัดส่วนการปล่อย CO_2e ในขั้นตอนของการการผลิตหนังสือ 59
แผนภูมิที่ 4.6 สัดส่วนการปล่อย CO_2e ในขั้นตอนต่างๆของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ 61
แผนภูมิที่ 4.7 สัดส่วนการปล่อย CO_2e ในขั้นตอนต่างๆของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 66
แผนภูมิที่ 4.8 ผลเปรียบเทียบการคำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ
และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 67

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การปล่อยแก๊สเรือนกระจกเกิดจากพฤติกรรมต่างๆ ของคนที่มีมาอย่างต่อเนื่อง ทั้งการใช้พลังงานไฟฟ้า การขยายตัวและการพัฒนาของภาคอุตสาหกรรม การตัดไม้ทำลายป่า การเกษตรกรรม การขนส่ง รวมทั้งการทำลายสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรรมชาติในรูปแบบต่างๆ เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดปัญหาสภาวะโลกร้อน ที่มีผลกระทบต่อดำรงชีพของมนุษย์ และนานวันปัญหาดังกล่าวยิ่งเพิ่มความรุนแรงมากขึ้น การลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจึงเป็นหน้าที่ของ ทุกคน จากทุกภาคส่วน ทั้งรัฐบาลภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม ในฐานะผู้ทำการผลิต และงานบริการในฐานะผู้ขับเคลื่อน ที่ทำให้เกิดกิจกรรม รวมถึงประชาชน เป็นผู้บริโภคที่ควรร่วมช่วยกันลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของประเทศไทยและของโลก โดยเลือกซื้อสินค้าหรือบริการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปริมาณน้อยเป็นหนทางที่ทำให้ประชาชน ได้เป็นส่วนร่วมในการบริหารจัดการแก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากรูปแบบต่างๆ และยังเป็นแรงขับเคลื่อน ให้ผู้ที่ผลิตสินค้าลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกอีกด้วย ฉะนั้น ที่ทำการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจก หรือคำนวนหาคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์ คือ การหาปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อยออกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สินค้า ที่ได้จากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการขนส่ง การผลิต การใช้งาน และการกำจัดซากหลังการใช้งาน ทั้งนี้การแสดงปริมาณข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้น ต์บนผลิตภัณฑ์หรือสินค้าต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ซื้อ ผู้บริโภค ได้ทราบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าใด ทำให้ผู้บริโภคมีข้อมูล ในการช่วยตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ และทำให้ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์สินค้า ผลิตผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมมากขึ้นด้วย [1]

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยเติบโตอย่างรวดเร็ว ตามการขยายตัวของตลาดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อ่าน เช่น แท็บเล็ต โทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะ และคินเดิลของแอเมซอน ต้นทุนการผลิตและราคาขายไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และการถ่ายโอน

ข้อมูลไปยังอุปกรณ์ที่ใช้อ่านก็สามารถทำได้ง่าย นอกจากนี้ในมุมมองทางด้านสิ่งแวดล้อมของโลก ยังมีนักวิทยาศาสตร์หลายคนเชื่อว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์จะปลดปล่อยปริมาณแก๊สคาร์บอนไดซ์ออกไซด์ต่ำกว่าหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ ซึ่งความคิดนี้ยังไม่สามารถหาข้อสรุปได้ เพราะยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ต้องพิจารณาร่วมด้วย เช่น พฤติกรรมการอ่านของมนุษย์ ระยะเวลาในการอ่าน ความเร็วในการอ่าน รวมไปถึงการผลิตอุปกรณ์ที่ใช้อ่านเอง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ โดยจะดำเนินการเพื่อเปรียบเทียบกระบวนการผลิตของหนังสือทั้ง 2 ประเภทดังกล่าว ด้วยการใช้เทคนิคการประเมินผลแบบ การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) ซึ่งผลที่ได้จะช่วยให้ สำนักพิมพ์ สามารถพิจารณางานหนังสือได้อย่างถูกต้องว่าจะส่งให้โรงพิมพ์ เพื่อพิมพ์เป็นหนังสือพิมพ์บนกระดาษ หรือว่า จัดทำในรูปแบบของสิ่งพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือว่าจัดทำทั้งสองรูปแบบพร้อมกัน เพื่อลดต้นทุนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม [2]

หนังสือที่มีอยู่โดยทั่วไป จะมีลักษณะเป็นเอกสารที่จัดพิมพ์ด้วยกระดาษ แต่ด้วยความเปลี่ยนแปลงของยุคสมัย และความเปลี่ยนแปลงด้านเล็กทรอนิกส์ ที่มีการพัฒนาต่อเนื่องอย่างไม่หยุดยั้ง ทำให้มีการคิดค้นวิธีการใหม่โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย จึงได้นำหนังสือดังกล่าวเหล่านั้นมาทำคัดลอกโดยที่หนังสือก็ยังคงสภาพเดิมแต่จะได้ข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นแฟ้มภาพขึ้นมาใหม่ วิธีการต่อจากนั้นก็คือจะนำแฟ้มภาพตัวหนังสือมาผ่านกระบวนการแปลงภาพเป็นตัวหนังสือ (text) ด้วยการทำ OCR (Optical Character Recognition) คือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแปลงภาพตัวหนังสือให้เป็นตัวหนังสือที่สามารถแก้ไขเพิ่มเติมได้

การถ่ายทอดข้อมูลในระยะต่อมา จะถ่ายทอดผ่านทางแป้นพิมพ์ และประมวลผลออกมาเป็นตัวหนังสือและข้อความด้วยคอมพิวเตอร์ ดังนั้นหน้ากระดาษก็เปลี่ยนรูปแบบไปเป็นแฟ้มข้อมูล ทั้งยังมีความสะดวกต่อการเผยแพร่และจัดพิมพ์เป็นเอกสารรูปแบบของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ยุคแรกๆ มีลักษณะเป็นเอกสารประเภท . doc, .txt, .rtf, และ . pdf ไฟล์ ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาภาษา HTML (Hypertext Markup Language) ข้อมูลต่างๆ ก็จะถูกออกแบบและตกแต่งในรูปของเว็บไซต์ โดยในแต่ละหน้าของเว็บไซต์เราเรียกว่า "web page" โดยสามารถเปิดดูเอกสารเหล่านั้นได้ด้วยเว็บเบราว์เซอร์ (web browser) ซึ่งเป็นโปรแกรมประยุกต์ที่สามารถแสดงผลข้อความ ภาพ และการปฏิสัมพันธ์ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หลังจากนั้นต่อมามีบริษัทผู้ผลิตโปรแกรม

คอมพิวเตอร์จำนวนมาก ได้พัฒนาโปรแกรมจนกระทั่งสามารถผลิตเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ออกมาเป็นลักษณะเหมือนกับหนังสือทั่วไปได้ เช่น สามารถแทรกข้อความ แทรกภาพ จัดหน้าหนังสือได้ตามความต้องการของผู้ผลิต และที่พิเศษกว่านั้นคือ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ สามารถสร้างจุดเชื่อมโยงเอกสาร (Hypertext) ไปยังเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ทั้งภายในและภายนอกได้ อีกทั้งยังสามารถแทรกเสียง ภาพเคลื่อนไหวต่างๆ ลงไปในหนังสือได้ โดยคุณลักษณะของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์สามารถเชื่อมโยงจุดไปยังส่วนต่างๆ ของหนังสือ เว็บไซต์ต่างๆ ตลอดจนมีปฏิสัมพันธ์และโต้ตอบกับผู้เรียนได้ นอกจากนั้นหนังสืออิเล็กทรอนิกส์สามารถแทรกภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว แบบทดสอบ และสามารถสั่งพิมพ์เอกสารที่ต้องการออกทางเครื่องพิมพ์ได้ อีกประการหนึ่งที่สำคัญก็คือ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์สามารถปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยได้ตลอดเวลา ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะไม่มีในหนังสือธรรมดาทั่วไป [3]

ซึ่งในปัจจุบัน Computer, มือถือ Smartphone และ Tablet ทำให้การอ่านข้อมูลข่าวสารในรูปแบบ Digital สะดวกในการใช้งานอุปกรณ์เหล่านี้ได้ตลอดเวลา ทุกที่ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นชัดเจนในธุรกิจสื่อและสิ่งพิมพ์ก็คือ การคืบคลานแทนที่ของ Digital Format รูปแบบข้อมูล ในรูปแบบดิจิตอลที่สามารถคงอยู่และเปลี่ยนสภาพไปตามอุปกรณ์ที่ใช้ได้ง่ายและสะดวก ถึงเวลาที่ 1 Content อาจหมายถึงหนังสือและบทความ 1 ชิ้น จะกระจายสู่ทุก Platform หลากหลายที่มีในท้องตลาดปัจจุบัน [4]

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาหาแนวทางและปัจจัยต่างๆที่จะนำไปใช้คำนวณค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ ที่พิมพ์ภายในโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตและจำหน่ายของศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการผลิตหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ กับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ และการนำไปใช้งานในประเทศไทย

2. เปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ระหว่างหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ กับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของสิ่งพิมพ์ โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดโดย องค์การบริหารจัดการแก๊สเรือนกระจก ซึ่งได้อ้างอิงมาจากมาตราฐาน ISO 14040 และ ISO 14044 ได้มีการจัดทำข้อกำหนดเฉพาะของสินค้าและผลิตภัณฑ์ ที่ใช้สำหรับสิ่งพิมพ์ไว้แล้ว เพื่อให้สามารถประเมินคำนวนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของสิ่งพิมพ์ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ ในรูปแบบเดียวกัน [2] โดยทำการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ ที่พิมพ์ภายในโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตและจำหน่ายของศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศึกษาถึงพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญเพื่อใช้สำหรับการเป็นแนวทาง ในการประเมินแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์อื่นๆ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ข้อมูลของ ขั้นตอน กระบวนการผลิตหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย และการนำไปใช้งานในประเทศไทย

2. ข้อมูลการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ระหว่าง หนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี [5]

2.1.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของสินค้าผลิตภัณฑ์

แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์ฉบับนี้ได้กำหนดวิธีการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยใช้หลักการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA) ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการกำจัดเศษซากหลังการใช้งาน ซึ่งบริษัทผู้ผลิตสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Cradle to Grave) หรือการปล่อยแก๊สเรือนกระจกตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตในโรงงาน (Cradle to Gate) ได้ อย่างไรก็ตาม ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้น ต์ของผลิตภัณฑ์สามารถใช้บ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เฉพาะประเด็นด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่านั้น ไม่ได้นำผลกระทบสิ่งแวดล้อมในประเด็นอื่นๆ เช่น ความหลากหลายทางชีวภา พ (Biodiversity) การเกิดฝนกรด (Acidification) ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี (Eutrophication) ความเป็นพิษ (Toxicity) เป็นต้น มาประเมินร่วมด้วยการกำหนดแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้น ต์ในครั้งนี้ เป็นการจัดทำเกณฑ์ (Criteria) กลางสำหรับใช้ประเมินการปล่อย แก๊สเรือนกระจกกับทุกผลิตภัณฑ์เท่านั้น ซึ่งในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์ คณะกรรมการฯ ได้มีการจัดทำข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (Product Category Rules: PCRs) เพื่อให้สามารถประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของแต่ละผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันมากขึ้น ทั้งนี้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มีการกำหนด PCRs ไว้ ก็สามารถนำ PCRs ที่พัฒนาขึ้นตามมาตรฐาน ISO14025 มาประยุกต์ใช้ร่วมกันได้

2.1.2 บทนิยาม (Terms and Definitions)

2.1.2.1 การเก็บกักคาร์บอน (Carbon storage)

การเก็บกักคาร์บอนโดยกระบวนการทางชีวภาพหรือที่มีอยู่ในอากาศ ให้อยู่ในรูปแบบที่ไม่ใช่แก๊สที่พบในชั้นบรรยากาศ

2.1.2.2 การชดเชย (Offsetting)

การนำปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่ลดลงจากกิจกรรมการดำเนินงานต่างๆ ขององค์กรซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการประเมินมาหักลบ เพื่อลดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์

2.1.2.3 การปันส่วน (Allocation)

การแบ่งส่วนปริมาณสารขาเข้า และ/หรือสารขาออก ของกระบวนการหรือระบบของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาไปยังผลิตภัณฑ์เป้าหมายและผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่เกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์

2.1.2.4 การปล่อยแก๊สเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission)

มวลสารทั้งหมดของแก๊สเรือนกระจกที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศในช่วงเวลาหนึ่ง

2.1.2.5 การดูดกลับแก๊สเรือนกระจก (Greenhouse Gas Removal)

มวลสารทั้งหมดของแก๊สเรือนกระจกที่ถูกดึงออกจากบรรยากาศในช่วงเวลาหนึ่ง

2.1.2.6 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกช่วงต้นน้ำ (Upstream emissions)

การปล่อยแก๊สเรือนกระจกในช่วงก่อนเข้าสู่วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมาย ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตขององค์กรที่ทำการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นต์

2.1.2.7 การปล่อยแก๊สเรือนกระจกช่วงปลายน้ำ (Downstream emissions)

การปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้นหลังจากกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมายซึ่งอาจเกิดขึ้นหลังจากผลิตภัณฑ์ถูกจำหน่ายออกจากองค์กรที่ทำการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นต์

2.1.2.8 ขอบเขตของระบบ (System boundary)

ขอบเขตของกระบวนการที่อยู่ภายใต้ระบบของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพิจารณา

2.1.2.9 ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (Product category rules: PCRs)

กฎเกณฑ์หรือข้อกำหนดที่ถูกกำหนดขึ้นตามแนวทางในการพัฒนาฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 (Type III environmental declarations) และมีความเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์หรือกลุ่มผลิตภัณฑ์

2.1.2.10 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data)

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกิจกรรมการผลิตในโรงงานหรือองค์กร หรือกิจกรรมการผลิตที่อยู่ภายใต้การควบคุมหรือที่องค์กรมีอำนาจในการเข้าถึงข้อมูล

2.1.2.11 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data)

ข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งข้อมูลอื่นนอกเหนือข้อมูลปฐมภูมิ

2.1.2.12 ชีวมวล (Biomass)

วัตถุที่เกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต แต่ไม่รวมถึงวัตถุที่ถูกทับถมจนเป็นฟอสซิลหรือมีต้นกำเนิดจากฟอสซิล

2.1.2.13 ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide Equivalent, CO2e)

ค่าแสดงความสามารถในการทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบในรูปปริมาณ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคำนวณได้จากมวลของก๊าซเรือนกระจกคูณด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

2.1.2.14 ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

ค่าศักยภาพของแก๊สเรือนกระจกในการทำให้โลกร้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนและอายุของก๊าซนั้นๆ ในบรรยากาศ โดยคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.1.2.15 ไบโอเจนิก (Biogenic)

สารที่มาจากชีวมวล แต่ยังไม่เป็นฟอสซิลหรือมาจากฟอสซิล

2.1.2.16 สินค้าทุน (Capital goods)

เครื่องจักร อุปกรณ์ และอาคารสิ่งปลูกสร้างที่ใช้ในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

2.1.2.17 ผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-product)

ผลิตภัณฑ์อื่นที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์หลักที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเดียวกัน และมีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

2.1.2.18 หน่วยการทำงาน (Functional Unit)

หน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้ในการกำหนดขอบเขตการจัดเก็บข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์

2.1.2.19 หน่วยผลิตภัณฑ์ (Product Unit)

หน่วยของผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจกำหนดแยกตามน้ำหนัก ปริมาตรหรือขนาดบรรจุ จำนวนย่อยพื้นที่ หรือตามรูปแบบที่วางจำหน่ายอื่นๆ

2.1.2.20 สัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ (Material contribution)

การปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่มากกว่าร้อยละ 1 ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งหมดจากผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต

2.1.2.21 การตัดออก (Cut off)

การไม่นำปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากระบบมาใช้ในการคำนวณหรือประเมิน

2.1.3 รูปแบบการประเมิน

การประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจก สามารถดำเนินการด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่ง การกำหนดรูปแบบการประเมินขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือความต้องการขอ ง ผู้ประกอบการ ทั้งนี้ การประเมินแบบ B2B ซึ่งมีขอบเขตการคำนวณไม่ครบตลอดวัฏจักรชีวิตจะไม่สามารถติดเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นต์บนผลิตภัณฑ์ได้ แต่สามารถให้ข้อมูลค่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์แก่คู่ค้าในระบบซัพพลายเชน ดังต่อไปนี้

2.1.3.1 แบบ Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer: B2C)

คือ การประเมินค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ตลอดวัฏจักรชีวิตของ สินค้าซึ่งคิดตั้งแต่กระบวนการ ที่ได้มาซึ่งวัตถุดิบ ในการผลิต กระบวนการผลิต การจัดส่ง และกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากหลังการใช้งาน

2.1.3.2 แบบ Cradle-to-Gate (Business-to-Business: B2B)

คือ การประเมิน ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจก คิดตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และการขนส่งการผลิต จนถึงหน้าโรงงานพร้อมส่งออก ของ หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตรายต่อไป ตามที่กำหนดใน PCRs ของแต่ละสินค้าผลิตภัณฑ์

2.1.4 ข้อมูลสนับสนุน (Supporting data)

คือ ข้อมูลที่ต้องใช้ในประเมินค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ซึ่งประกอบด้วย ชื่อผลิตภัณฑ์ สินค้า ขอบเขตกระบวนการผลิต วัตถุดิบ ค่าแฟกเตอร์การปล่อย แก๊สเรือนกระจก (emission factor) ปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก และข้อมูล ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดต้องได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่ถูกต้องสำหรับใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้ อีกอย่างน้อย 2 ปี หรือตลอดอายุของสินค้าผลิตภัณฑ์ที่แสดงฉลากนั้น

2.1.5 แหล่งกำเนิด แก๊สเรือนกระจก และหน่วยวัด

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

2.1.5.2 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) การปล่อยแก๊สเรือนกระจกหรือศักยภาพในการทำให้โลกร้อนประเมินได้จากการวัดหรือคำนวณปริมาณแก๊สเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริง และแปลงค่าให้อยู่ในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนในรอบ 100 ปี ของ IPCC (GWP_{100}) ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์ ตัวอย่างเช่น ก๊าซมีเทนมีค่า GWP_{100} เท่ากับ 25 หมายความว่าก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม มีศักยภาพในการทำให้โลกร้อน เท่ากับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัม ดังนั้นการปล่อยแก๊สมีเทน 1 กิโลกรัม คิดเป็นศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับ 25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เป็นต้น

2.1.5.3 แหล่งกำเนิดแก๊สเรือนกระจก พิจารณาแก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการต่างๆ ดังนี้

- การผลิตวัตถุดิบที่ใช้ทุกประเภท
- การผลิตพลังงานที่ใช้ทุกประเภท
- กระบวนการเผาไหม้
- ปฏิกิริยาเคมี
- การสูญเสียน้ำยาทำความเย็นและการรั่วไหลของแก๊ส
- การปฏิบัติงาน
- การขนส่งทุกประเภทที่เกี่ยวข้อง

- การปศุสัตว์และกระบวนการผลิตทางการเกษตรอื่นๆ

- ของเสียและการจัดการของเสีย

2.1.6 กรอบแนวคิดการคำนวณ (Methodological Framework)

การประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ควรดำเนินการ 4 ขั้นตอนตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบ และการแปลผล โดยต้องวิเคราะห์ตามขั้นตอนวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือการได้มาซึ่งวัตถุดิบกระบวนการผลิต การใช้งาน และการจัดการซากหลังจากการใช้งาน

2.1.7 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน

ต้องกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่า งชัดเจนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการนำไปประยุกต์ใช้

2.1.7. 1 เป้าหมาย

กำหนดเป้าหมายการศึกษาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำผลการศึกษาไปใช้ เช่น การศึกษาผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวเพื่อเปรียบเทียบการลดก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลาต่างๆ เป็นต้น การประเมินขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อใช้สื่อสารกับผู้บริโภค หรือเพื่อประโยชน์อื่นๆ ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ข้อมูล

2.1.7. 2 ขอบเขต

ต้องระบุประเด็นดังต่อไปนี้

- กำหนดระบบผลิตภัณฑ์ที่จะศึกษา

- หน่วยการทำงาน

- ขอบเขตของระบบ

- ข้อมูลและคุณภาพข้อมูล

- วิธีการปันส่วน

- สมมุติฐานโดยเฉพาะในช่วงการใช้งาน

- การเลือกค่าต่างๆ สำหรับนำมาใช้คำนวณ

- ข้อจำกัดของการศึกษา

2.1.7.2.1 ระบบผลิตภัณฑ์ (Product system)

ต้องประกอบด้วยทุกขั้นตอนที่มีอยู่ในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่กระบวนการที่ได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ช่วงการใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ในกรณีที่ไม่สามารถศึกษาตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือเป็นการดำเนินงานในลักษณะ Cradle-to-gate ต้องมีการระบุขอบเขตไว้อย่างชัดเจนเพื่อเอื้อประโยชน์ให้กับองค์กรหรือผู้ผลิตที่ต้องการนำข้อมูลไปใช้ต่อ

2.1.7.2.2 หน่วยการทำงาน (Functional unit)

ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้น ต์ต้องระบุหน้าที่ของระบบผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา โดยการกำหนดหน้าที่และหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 14040 และ ISO 14044 และต้องมีการระบุเอกสารอ้างอิงด้วย ผลการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกต้องอยู่ในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยการทำงาน อย่างไรก็ตาม หากต้องการแสดงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ก็สามารถคำนวณได้ แต่ต้องมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ที่คำนวณต่อหน่วยการทำงานกำกับไว้ทุกครั้ง และต้องแสดงเหตุผลการเลือกใช้หน่วยผลิตภัณฑ์ดังกล่าว พร้อมกับอธิบายถึงความสัมพันธ์ของหน่วยผลิตภัณฑ์กับหน่วยการทำงานด้วย

2.1.7.2.3 ขอบเขตของระบบ (System boundary)

ต้องแสดงขอบเขตการศึกษา ระบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการย่อย (unit Process) สารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้อง โดยต้องกำหนดว่ากระบวนการย่อยใดบ้างที่ต้องทำการประเมินอย่างละเอียดเนื่องจากมีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ และกระบวนการย่อยใดที่สามารถใช้การประมาณการได้ เนื่องจากไม่ได้มีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งกำหนดว่ากระบวนการย่อยใดที่ไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา ทั้งนี้ การกำหนดขอบเขตการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ให้เป็นไปตามองค์ประกอบและเงื่อนไขดังต่อไปนี้

2.1.7.2.3.1 ช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบและกระบวนการผลิต

1) วัตถุดิบ

ให้รวมการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากทุกกระบวนการที่ใช้วัตถุดิบ การใช้พลังงาน รวมทั้งแหล่งที่มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยตรง การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากวัตถุดิบจะรวมไปถึงการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการทำเหมือง หรือการสกัดวัตถุดิบต่างๆ (ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ เช่น เหล็ก น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติ) ของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการสกัด และกระบวนการขั้นต้นที่เกี่ยวกับวัตถุดิบและอื่นๆ การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรมจะรวมไปถึงการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ย (การปล่อย N_2O ที่เกิดจากการใช้ ปุ๋ยไนโตรเจน) การปล่อยแก๊สจากการเพาะปลูกพืช (ก๊าซ CH_4 จากการปลูกข้าว) และการปล่อยก๊าซจากการปศุสัตว์ (เช่น CH_4 จากโค กระบือ สุกร) การปล่อยแก๊สเรือนกระจกสำหรับวัตถุดิบจะมีค่าเป็น 0 เมื่อวัตถุดิบนั้นๆ ไม่ได้ถูกผ่านกระบวนกา รเปลี่ยนแปลงจากภายนอก เช่น สินแร่เหล็กก่อนถูกถลุง

2) พลังงาน

ให้นำการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดหาและการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มารวมกับการปล่อยแก๊สที่เกิดจากระบบการจัดหาพลังงานด้วย การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจาก พลังงานจะรวมถึงการปล่อยแก๊สที่เกิดจากวัฏจักรชีวิต

ของพลังงานซึ่งประกอบไปด้วย การปล่อย ณ แหล่งที่มีการใช้พลังงาน (การปล่อยแก๊สอัน เนื่องมาจากการเผาถ่านหินและแก๊ส) และการปล่อยแก๊สที่เกิดจากการจัดหาพลังงานประกอบด้วย การผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อน และการปล่อยแก๊สที่เกิดจากเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่ง และการปล่อยแก๊สต้นน้ำ (เหมืองแร่ และการขนส่งเชื้อเพลิงไปยังแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าหรือเตาเผาอื่นๆ) รวมถึงกระบวนการทำมาให้ได้ชีวมวลเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงและ การปล่อยแก๊สปลายน้ำ (การบำบัดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต)

3) สินค้าทุน (capital goods)

ไม่ต้องคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากสินค้าทุน

4) ข้อกำหนดของการผลิตและการบริการ
(Manufacturing and service provision)

ให้นำการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตสินค้าและบริการภายในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มาคำนวณด้วยในกรณีที่มีกระบวนการสร้างต้นแบบ (model) ของผลิตภัณฑ์ใหม่ ให้ทำการคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยทำการปันส่วนการปล่อยแก๊สไปยังผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ร่วม (co-product) ด้วย

5) การปฏิบัติงานในพื้นที่ (Operation of premises)

ให้คำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากการปฏิบัติงานในพื้นที่ ซึ่งประกอบด้วย ระบบแสงสว่าง ระบบความร้อนระบบความเย็น การระบายอากาศ การควบคุมความชื้น และการควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ณ สถานที่นั้น โดยใช้วิธีการปันส่วนที่เหมาะสมเช่น ในกรณีของโกดังสินค้าให้ปันส่วนโดยใช้ช่วงเวลาที่ผลิตภัณฑ์ถูกเก็บ จำนวนผลิตภัณฑ์ เป็นเกณฑ์ในการคำนวณ เป็นต้น ซึ่งรวมถึงการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากโรงงาน โกดังสินค้า แหล่งกระจายสินค้า

6) การขนส่ง

ทำการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการขนส่ง โดยใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่ง โดยเรียงลำดับวิธีการที่ต้องใช้คำนวณก่อน ดังนี้

6.1) ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งคูณด้วยค่าแฟกเตอร์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้

6.2) ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงดังข้อ 6.1 ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าแฟกเตอร์การปล่อยแก๊สเรือนกระจกตามประเภทรถที่ใช้ขนส่งสำหรับการขนส่งเพื่อกระจายสินค้า หากไม่มีข้อมูลตามข้อ 6.1) และ 6.2) ให้คำนวณการขนส่งโดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้นคือ มีระยะทางการขนส่งเป็น 700 กิโลเมตร (กรุงเทพฯ - เชียงใหม่) พิจารณาทั้งเที่ยวไปและเที่ยวกลับ (เที่ยวไปคิดเป็นการขนส่งผลิตภัณฑ์เป้าหมายทั้งหมด ส่วนขากลับคิดเดินทางกลับด้วยรถเปล่า) จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าแฟคเตอร์การปล่อยแก๊สเรือนกระจก (emission factor) ของรถบรรทุกกึ่งพ่วง 22 ล้อ ขนาด 32 ตัน ทั้งนี้ หากเป็นการประเมินแบบ Cradle-to-gateให้คำนวณจนถึง ณ จุดที่ออกจากโรงงาน หากเป็นการประเมินแบบ Cradle-to-grave ให้คิดไปถึงจุดกระจายสินค้าหรือจุดขายหลัก

7) บรรจุภัณฑ์

ให้ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้น ต์ของบรรจุภัณฑ์โดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิ หากไม่มีข้อมูลปฐมภูมิให้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิและสามารถละเว้นการคำนวณหากเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีสัดส่วนน้อยกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้น ต์รวม ในกรณีของกา ร ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้น ต์ของผลิตภัณฑ์จำพวกบรรจุภัณฑ์โดยตรง ต้องใช้ข้อมูลปฐมภูมิของวัตถุดิบหลักที่นำมาผลิตบรรจุภัณฑ์

2.1.7.2.3.2 ช่วงการใช้งาน

ต้องคำนวณการปล่อยและการดูดกลับแก๊สเรือนกระจกในช่วงการใช้งานผลิตภัณฑ์ รวมถึงการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้น ต์แบบ Cradle-to-gate หากมีการกำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษาทั้งนี้ ข้อมูลอายุของผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้คำนวณต้องสามารถทวนสอบได้และสัมพันธ์กับสภาวะการใช้งานและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ลักษณะการใช้งานควรใช้ตามแบบแผนการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจริงในตลาดที่ศึกษา หากไม่สามารถหาข้อมูลได้ ลักษณะการใช้งานผลิตภัณฑ์ต้องกำหนดจากข้อมูลด้านเทคนิคที่ตีพิมพ์แล้ว เช่น

- ข้อกำหนดเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์ (PCR)

- ข้อมูลการใช้งานตามที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้งาน

หรือวิธีการใช้งานที่ระบุไว้ที่ผลิตภัณฑ์ทั้งนี้ จำเป็นต้องระบุข้อมูลสมมุติฐานการใช้งานไว้อย่างชัดเจน ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการตามที่ระบุไว้ข้างต้นได้สามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากทดสอบการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ได้

2.1.7.2.3. 3 ช่วงหลังการใช้งาน (final disposal)

คำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากการกำจัดซา ก ผลิตภัณฑ์หลังการใช้งานด้วย (ยกเว้นการประเมินแบบ Cradle-to-gate) หากไม่มีข้อมูลปฐมภูมิ ให้คำนวณโดยกำหนดให้ใช้ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการกำจัดซากผลิตภัณฑ์แบบการฝังกลบ (landfill)ในกรณีที่การปล่อยแก๊สเรือนกระจกหลังการใช้งานซึ่งถูกถ่ายเทไปยังระบบอื่น เช่น การเผาไหม้แก๊สมีเทนที่เกิดจากหลุมฝังกลบ ให้ทำการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่ลดลงดังกล่าวด้วยการคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกแบบการฝังกลบให้ใช้ตามข้อมูลปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น (tCO_2e ต่อตันมูลฝอย) ดังตารางที่ 2.1 สำหรับวัสดุอื่นๆ ที่นอกเหนือจากตารางที่ 1 และมีองค์ประกอบของคาร์บอนให้ใช้ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเท่ากับ 2.32 tCO_2e/ตันมูลฝอย 3 หากเป็นวัสดุที่ไม่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบให้คิดเป็นศูนย์ในกรณีที่โรงงานมีระบบการกำจัดของเสีย การคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกให้ใช้ข้อมูลตามวิธีการกำจัดจริง

ตารางที่ 2.1 ปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น

องค์ประกอบของมูลฝอย	ปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น(tCO2e ต่อตันมูลฝอย)
กระดาษ / กระดาษกล่อง	2.93
ผ้า	2.00
เศษอาหาร	2.53
เศษไม้	3.33
กิ่งไม้ ต้นหญ้า จากสวน	3.27
ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ	4.00
ยางและหนัง	3.13

ที่มา: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories –Volume 5: Waste

สำหรับการขนส่งขยะคิดระยะทางเที่ยวละ 40 กิโลเมตร ขนไปกำจัดด้วยรถบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน บรรทุกแบบน้ำหนักเต็ม และให้พิจารณาการขนส่งขากลับที่เป็นรถบรรทุกขยะเปล่าด้วย

2.1.7.2.4 ประเด็นที่ไม่กำหนดให้อยู่ในขอบเขตระบบ

กิจกรรมที่ไม่ต้องคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ได้แก่

- พลังงานของมนุษย์ที่ใช้สำหรับกระบวนการต่างๆ และ/หรือ สำหรับการเตรียมกระบวนการ (เช่น การเก็บผลไม้ด้วยมือ)

- การเดินทางไป - กลับของลูกค้า ณ จุดขายปลีก

- สินค้าทุน สำนักงาน การวิจัยและพัฒนา การควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพ

- การเดินทางของพนักงานทั้งไปและกลับจากที่ทำงาน

- การบริการขนส่งโดยใช้สัตว์

2.1.7.2.5 สัดส่วนการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ (Material contribution) และค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้

การประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกต้องคำนวณเฉพาะวัตถุดิบ สารขาเข้าและพลังงานที่ใช้ทั้งหมดสำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์โดยคิดทุกช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษา ทั้งนี้ สามารถพิจารณาตัดรายการที่สัดส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ไม่เกินร้อยละ 5 ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม โดยหลังการตัดออกต้องเพิ่มสัดส่วน (scale up) ร้อยละของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมให้เท่ากับ 100

2.1.7.2. 6 กรณีที่ไม่มีค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของวัตถุดิบหรือสารขาออกบางชนิด

ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของสารขาเข้าหรือสารขาออกใด ให้พิจารณาค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากประเภท คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบหรือสารขาออกที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมาคำนวณแทน สำหรับวัตถุดิบหรือสารขาออกที่ไม่สามารถจำแนกหรือหาค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกมาใช้คำนวณได้ให้นำค่าการปล่อยแก๊สสูงสุด (Highest emission factor) ของวัสดุหรือสารขาออก ในรายการข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในกลุ่มเดียวกันแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตนั้นๆ มาคำนวณแทน

2.1.8 ข้อมูลและคุณภาพข้อมูล

2.1.8.1 ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ควรคำนึงถึงประเด็นดังต่อไปนี้

- เวลา (time relate coverage): อายุของข้อมูล และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณให้ใช้ค่าเฉลี่ยของทั้งปี

- ภูมิศาสตร์ (geographical coverage): พื้นที่เชิงภูมิศาสตร์ของแหล่งที่ทำการเก็บข้อมูลเพื่อตอบสนองจุดประสงค์ของการศึกษา (เช่น การเก็บตัวอย่างข้อมูลยางพาราที่จังหวัดนครศรีธรรมราชทางตอนใต้ของประเทศไทย เป็นต้น)

- เทคโนโลยี (technology coverage): เทคโนโลยีที่ใช้ผลิตข้อมูลที่ศึกษาอาจเป็นเทคโนโลยีเฉพาะทาง หรือมีการใช้เทคโนโลยีหลายชนิด

- ความเที่ยง (precision): ให้ความสำคัญกับความแปรปรวนทางสถิติของฐานข้อมูลซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของฐานข้อมูล (ถ้ามี)

- ความครบถ้วน (completeness): ดูความสมบูรณ์ของสารขาเข้า และขาออกของกระบวนการผลิต และแปลงตีค่าออกมาเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งจะสามารถได้มาจากการวัดจริงหรือจากการประมาณค่า

- ความเป็นตัวแทนของข้อมูล (representativeness): พิจารณาจาก เวลา ภูมิศาสตร์ และเทคโนโลยี ว่าฐานข้อมูลแสดงถึงลักษณะที่แท้จริงของข้อมูลหรือไม่ ตัวอย่างเช่น (ข้อมูลการปลูกข้าวหอมมะลิที่ภาคตะวันออก เฉียงเหนือ สามารถเป็นตัวแทนของประเทศไทยได้เนื่องจากมีปริมาณการปลูกที่สูง และภาคอื่นมีกำลังการผลิตที่น้อยกว่ามาก หรือข้อมูลการปลูกปาล์มน้ำมันจากภาคใต้สามารถเป็นตัวแทนของประเทศไทยได้เนื่องจากมีการผลิตที่สูงมาก เป็นต้น

- ความสม่ำเสมอ (consistency): เป็นการประเมินเชิงคุณภาพโดยพิจารณาจากการได้มาซึ่งฐานข้อมูลว่าสอดคล้องกัน ตัวอย่างเช่นฐานข้อมูลการย้อมผ้าระหว่างสีเข้มและสีอ่อน ขอบเขตการทำงาน และข้อบังคับของการเก็บข้อมูลเหมือนกันหรือไม่

- ความสามารถในการทำซ้ำ (reproducibility): ในกรณีที่บุคคลอื่นมีความประสงค์ที่จะทำการวัดซ้ำด้วยวิธีการเดิม ค่าที่ได้ออกมาควรจะสอดคล้องกับข้อมูลที่มีอยู่

- แหล่งที่มาของข้อมูล (source of the data): สามารถอธิบายที่มาและความน่าเชื่อของข้อมูลทั้งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ

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

2.1.8.2 การเลือกใช้ข้อมูลในการประเมิน

การจัดเก็บข้อมูลปฐมภูมิสำหรับนำมาใช้ประเมิน ให้รวบรวมข้อมูลโดยตรงจากทุกกระบวนการย่อยในระบบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในการควบคุมขององค์กร ตัวอย่างเช่น ปริมาณการใช้พลังงาน การใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิต การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง เป็นต้น ในกรณีของแก๊สเรือนกระจกที่มีแหล่งปล่อยจากกระบวนการผลิตช่วงต้นน้ำ (upstream) ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลปริมาณแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตได้ จึงสามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมและกระบวนการย่อยที่ไม่ได้อยู่ในการควบคุมโดยตรงขององค์กรให้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ โดยเรียงลำดับดังนี้

1) ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย

2) ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทยซึ่งผ่านการกรองแล้ว (peer-reviewed publications)

3) ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ LCA Software, ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม, ฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ

4) ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น IPCC สห-ประชาชาติ

2.1.8.3 ข้อมูลการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในกรณีของน้ำมันและเชื้อเพลิง

ข้อมูลปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของน้ำมันและเชื้อเพลิง ปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตพลังงาน และปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน (การเผาไหม้ของน้ำมันและเชื้อเพลิง)

2.1.8.4 การผลิตไฟฟ้าและความร้อน ณ สถานที่นั้น (on site)

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

2.1.8.5 การผลิตไฟฟ้าและความร้อน นอกสถานที่ (off site)

ในกรณีที่มีการผลิตไฟฟ้า และ/หรือความร้อนนอกสถานที่ ค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่นำมาใช้คำนวณควรประกอบด้วย

- กรณีของไฟฟ้าและความร้อนที่ถูกส่งมาจากแหล่งเพียงแหล่งเดียว ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของระบบส่งพลังงานที่ใหญ่กว่า ให้ใช้ค่าการปล่อยแก๊สที่เกี่ยวข้องกับแหล่งนั้นๆ

- กรณีของไฟฟ้าและความร้อนที่ถูกส่งมาจากระบบพลังงานที่ใหญ่กว่า ให้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เจาะจงกับผลิตภัณฑ์นั้นมากที่สุด (เช่นค่าเฉลี่ยการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของประเทศที่ใช้ไฟฟ้านั้น)

2.1.9 การคำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์

ในการคำนวณหาค่าการปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ควรใช้วิธีการดังนี้

2.1.9.1 ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก โดยการคูณเข้ากับ emission factor ของประเภทวัสดุ พลังงานหรือกระบวนการนั้นๆ และบันทึกในรูปของปริมาณแก๊สเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

2.1.9.2 แปลงค่าปริมาณแก๊สเรือนกระจกให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอน - ไดออกไซด์เทียบเท่า โดยการนำไปคูณกับค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของแก๊สเรือนกระจกแต่ละชนิด

2.1.9.3 ผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดต้องอยู่ในรูปแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย โดย

2.1.9.3.1 การประเมินแบบ Cradle-to-grave: การปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดทั้งวัฏจักรชีวิต (รวมช่วงการใช้งาน) โดยให้ระบุแยกการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในช่วงใช้งานด้วย ซึ่งควรระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือสมมุติฐานที่กำหนดขึ้น รวมถึงการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับผู้บริโภคด้วย เช่น การจัดการของเสียหลังจากการใช้งานที่เหมาะสม เป็นต้น

2.1.9.3.2 การประเมินแบบ Cradle-to-gate: การปล่อยแก๊สเรือนกระจกบางช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ให้คำนวณการปล่อยแก๊สทั้งหมดที่เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิต ทั้งนี้ข้อมูลปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของการประเมินแบบ Cradle-to-gate นี้ ไม่ควรเปิดเผยแก่ผู้บริโภคโดยตรง แต่เป็นข้อมูลที่ให้กับองค์กรหรือผู้ผลิตรายอื่นที่อยู่ภายใต้ห่วงโซ่อุปทานเดียวกัน ทั้งนี้ ต้องมีการระบุช่วงวัฏจักรชีวิตที่ทำการประเมินไว้อย่างชัดเจนเพื่อให้ผู้ผลิตรายอื่นสามารถนำข้อมูลไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

2.1.9.3.3 การประเมินแบบอื่นๆ ให้แสดงผลได้ขอบเขตแบบ Cradle-to-gate และ Cradle-to-grave เท่านั้น ปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ประเมินนอกเหนือขอบเขตดังกล่าว สามารถระบุเป็นข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับผู้ใช้ข้อมูล

2.1.10 การแสดงผล

การแสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้น ต์บนผลิตภัณฑ์ ควรแสดงด้วยตัวเลข 3 ตัว (Three significant number) เช่น 3.15 kg, 152 g ทั้งนี้ ให้มีช่องระหว่างตัวเลขและหน่วย 1 ตัวอักษร ในกรณีที่มีตัวเลขทศนิยมการปัดเศษตัวเลขดังกล่าวต้องเป็นไปตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 929-2533 สำหรับการประเมินแบบ Cradle-to-gate ไม่ใช้แสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้น ต์บนผลิตภัณฑ์โดยตรง แต่สามารถแสดงไว้ในแหล่งอื่นๆ เช่น เว็บไซต์ หรือเอกสารเผยแพร่ของบริษัท เป็นต้น

2.1.11 ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นต์

ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้น ต์ (Carbon Footprint Label) คือ ฉลากที่แสดงปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน ซึ่งจะทำให้ทราบว่า กว่าที่จะได้ผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นให้เราได้ใช้ประโยชน์ไม่ว่าจะเป็นเพื่อการดำรงชีพหรือทำให้ชีวิตสะดวกสบายขึ้นนั้น ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากน้อยเท่าไร โดยแสดงออกมาในรูปของปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกสำคัญชนิดหนึ่งที่ทำให้โลกร้อนขึ้นหากมีมากเกินกว่าที่ระบบของธรรมชาติจะรักษาสมดุลไว้ได้ ข้อมูลจากคาร์บอนฟุตพริ้น ต์ของผลิตภัณฑ์ต่างๆ นิยมนำมาจัดทำเป็นฉลากคาร์บอนซึ่งมี 2 ประเภทหลัก คือ คาร์บอนฟุตพริ้น ต์ (carbon footprint label) และฉลาดลดคาร์บอน (carbon reduction label) ซึ่งเป็นฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทหนึ่งที่แสดงข้อมูลด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ให้แก่ผู้บริโภคได้ทราบและใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อร่วมกับการพิจารณาด้านราคาและด้านคุณภาพของสินค้า ฉลากทั้งสองประเภทนี้มีความแตกต่างกันตรงที่ ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้น ต์จะแสดงปริมาณแก๊สเรือนกระจกทั้งหมดที่ได้ปล่อยออกจากวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ส่วนฉลากลดคาร์บอนจะแสดงเฉพาะระดับการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกอันเนื่องจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ตลอดจนการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตหรือการปรับวิธีการใช้งานผลิตภัณฑ์เพื่อให้ลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก

คาร์บอนฟุตพริ้น ต์จึงเป็นข้อมูลที่สะท้อนให้เห็นรูปแบบและวิธีการบริโภคสินค้าและบริการต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อแสดงความร่วมมือในการลดปัญหาภาวะโลกร้อน นอกจากเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคแล้ว คาร์บอนฟุตพริ้น ต์ยังมีความสำคัญต่อผู้ผลิตและผู้ส่งออกสินค้าไปยังต่างประเทศ เนื่องจากการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้น ต์จะทำให้ผู้ผลิตทราบว่าในแต่ละขั้นตอนของการผลิตสินค้ามีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเป็นปริมาณเท่าไร ทำให้เห็นประเด็นปัญหาที่ต้องปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิต หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะในเรื่องการลดใช้พลังงานซึ่งหมายถึงการลดต้นทุนการผลิต นอกจากนี้การแสดงคาร์บอนฟุตพริ้น ต์ยังเป็นการสื่อถึงความตั้งใจในความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมของผู้ผลิตอีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้นฉลากคาร์บอนฟุตพริ้น ต์และฉลาดลดคาร์บอนยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกด้วย เนื่องจากขณะนี้คาร์บอนฟุตพริ้น ต์และฉลากคาร์บอนได้ถูกพัฒนาและใช้อยู่ในหลายประเทศแล้ว เช่น อังกฤษ ฝรั่งเศส เยอรมัน สหรัฐ แคนาดา ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ จีน เป็นต้น ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องมีข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกไปยังประเทศคู่ค้าเหล่านี้

รูปที่ 2.1 ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์และฉลากลดคาร์บอนของประเทศไทย [6]

สำหรับประเทศไทย การพัฒนาฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นต์และฉลาดลดคาร์บอน ดำเนินงานโดยองค์การบริหารแก๊สเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ร่วมกับสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ในขณะนี้มีผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการอนุมัติให้ขึ้นทะเบียน คาร์บอนฟุตพริ้น ต์แล้ว 45 รายการ มีหลากหลายกลุ่มสินค้า เช่น เครื่องดื่มกระป๋อง เส้นด้ายยืดไนล่อน ไก่ย่างบรรจุถุง ผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิบรรจุถุง บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารเหลวและเครื่องดื่ม เสื้อยืดผ้าฝ้าย ยางรถแทรกเตอร์ เป็นต้น

ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นทะเบียนฉลากลดคาร์บอนมีจำนวน 18 รายการ ได้แก่ ผลไม้อบแห้ง น้ำมันปาล์ม ผลิตภัณฑ์ไม้เทียม ปูนซีเมนต์ ถุงยางอนามัย กระเบื้องปูพื้นและมุงหลังคา น้ำตาลทราย ผลิตภัณฑ์เซรามิค พรมปูพื้น สีทาบ้าน น้ำนมถั่วเหลือง ก๊อกน้ำและวาล์ว เม็ดพลาสติก

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างฉลากคาร์บอนของประเทศต่างๆ [7]

ปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้ผู้ผลิตสามารถจัดทำ คาร์บอนฟุตพริ้น ต์และฉลากคาร์บอนได้คือ องค์ความรู้ในเรื่องการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) และการพัฒนาฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Database: LCI) ของผลิตภัณฑ์พื้นฐานต่างๆ เพื่อให้ผู้ผลิตสามารถใช้ข้อมูลการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของวัตถุดิบพื้นฐานมาใช้ในการวิเคราะห์ คาร์บอนฟุตพริ้น ต์ของสินค้าที่ผลิต หรือใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้

ประเทศไทยได้มีการดำเนินการพัฒนาฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ (Thai National Life Cycle Inventory Database) ในปี พ.ศ. 2549 ซึ่งเกิดจากความร่วมมือกันของ 5 หน่วยงานพันธมิตร ได้แก่ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) กระทรวงอุตสาหกรรมโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) และสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (สสท.) โดยมีเอ็มเทคเป็นหน่วยงานกลางในการดำเนินงาน ปัจจุบันได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกระทรวงอุตสาหกรรม โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผ่าน “โครงการเพิ่มขีดความสามารถอุตสาหกรรมไทยในการแข่งขันภายใต้กฎระเบียบของประเทศคู่ค้า ” เพื่อขยายขอบเขตการจัดทำฐานข้อมูลฯ ในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายให้ครอบคลุมวัสดุพื้นฐานต่างๆ ที่สำคัญของ

ประเทศไทย เช่น เหล็กและเหล็กกล้า โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก สารเคมีพื้นฐาน สี วัสดุก่อสร้าง การเกษตร ตลอดจนระบบการขนส่ง และการจัดการของเสียเมื่อหมดอายุการใช้งาน เป็นต้น

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปรัชญา [8] ได้ศึกษาวัฏจักรชีวิตการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตหนังสือและแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือนั้นๆจากโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยกำหนดขอบเขตการพิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ ปริมาณการใช้การขนส่ง ขั้นตอนต่างๆในกระบวนการผลิต การจัดส่ง การจำหน่าย รวมถึงการกำจัด (disposal) และการเวียนทำใหม่ (recycle) การจัดเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็นข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ที่ได้จากการสำรวจและวิเคราะห์ในโรงพิมพ์โดยตรง เช่น ปริมาณการใช้กระดาษ หมึกพิมพ์ แม่พิมพ์ น้ำยาเฟาว์เทน ประเภทของรถบรรทุก ระยะทางในการขนส่ง ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆของกระบวนการผลิต การขนส่งหนังสือ การจัดจำหน่าย การเวียนใช้ใหม่ของเศษกระดาษ ฟิล์มแม่พิมพ์และสารเคมีที่ใช้แล้ว การกำจัด ในขณะที่ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) คือค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2e) ที่ได้มาจากฐานข้อมูลของห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ของหน่วยงาน MTEC และฐานข้อมูลจากประเทศญี่ปุ่น จากนั้นหาค่าปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยการจะนำค่าที่ได้จากข้อมูลปฐมภูมิ คูณเข้ากับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในหน่วย Kg ต่อ 1 หน่วยน้ำหนักของประเภทวัสดุ พลังงานหรือขั้นตอนนั้นๆ ซึ่งผลรวมที่ได้จะเป็นค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ในการการผลิตหนังสือเล่มนั้นๆ

Shimizu [2] ในปัจจุบันหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ กำลังพยายามที่จะเข้ามาแทนที่หนังสือที่พิมพ์ด้วยกระดาษทั่วไป โดยเฉพาะตลาดหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มยุโรปตะวันตก เป็นที่ได้รับความนิยมมากขึ้น เพราะราคาถูก และจัดหาได้ง่ายกว่า เพียงแต่มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่านหนังสือเท่านั้น ก็สามารถดาวน์โหลดไฟล์เข้าสู่อุปกรณ์มาอ่านได้ สะดวกทุกที่ทุกเวลา นอกจากนี้ทางด้านมุมมองของสภาวะสิ่งแวดล้อม หลายคนเชื่อว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์จะปล่อยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยกว่าหนังสือที่พิมพ์ด้วยกระดาษ การทดลองนี้แสดงการศึกษาวัฏจักรชีวิตของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์และหนังสือที่พิมพ์ด้วยกระดาษ ตั้งแต่การผลิตถึงกระบวนการทำลายล้าง ที่ปล่อยปริมาณของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เปรียบเทียบกัน โดยผลที่ได้จากการศึกษาหนังสือที่พิมพ์ด้วยกระดาษ แสดงให้เห็นถึงการปล่อยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากกว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ด้วยอัตราส่วน 2 : 1 เท่า เมื่อเทียบกับการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 1 ครั้ง แต่ไม่ได้เป็นอย่างนี้ทุกครั้งเสมอไป จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบของการใช้งาน และอุปกรณ์ที่ใช้อ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ที่มีการกำหนดการใช้งานต่างๆไว้อีกด้วย

Shimizu [9] ได้ศึกษาเปรียบเทียบ วัฏจักรชีวิตการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตหนังสือ และแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือ ลงบนกระดาษและหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ โดยตัวอย่างหนังสือที่นำมาใช้ศึกษามีจำนวนพิมพ์ 10 ,000 เล่ม ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถคำนวนปริมาณ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตหนังสือ ตลอดวัฏจักรชีวิต ของหนังสือทั้ง 2 ประเภท เปรียบเทียบกัน พบว่า หนังสือ พิมพ์ลงบนกระดาษ จะปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มากกว่า หนังสืออิเล็กทรอนิกส์เป็นจำนวนถึงร้อยละ 93 ซึ่งจากการศึกษาวิจัยพบว่า ปริมาณปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากกระดาษซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต และการขนส่งของกระดาษ เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ ปริมาณ ปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากเป็นอันดับต้น ๆ ซึ่งโดยทางด้านกระบวนการพิมพ์สามารถใช้เทคนิคการพิมพ์ช่วยแก้ปัญหาได้เหมือนกัน

Shimizu [10] ได้ศึกษาการคำนวนวัฏจักร ชีวิตการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในงานบริการการพิมพ์ในประเทศที่กำลังพัฒนา โดยงานวิจัยนี้ทางบริษัทชิมิซึ พริ้นติ้ง ได้ทำการร่วมมือกับจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศึกษาวิธีการคำนวนวัฏจักร ชีวิตการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่องานบริการการพิมพ์ที่ใส่ใจในสิ่งแวดล้อม โดยจะประเมินผลกระทบที่แตกต่างกัน 9 หมวดหมู่ ได้แก่ 1. การสูญเสียพลังงาน 2. โลกร้อน 3. การลดลงของโอโซน 4. การเกิดฝนกรด 5. การขาดแคลนทรัพยากร 6. มลพิษทางอากาศ 7. มลพิษทางน้ำ 8. การกำจัดของขยะของเสีย 9. ผลกระทบต่อระบบนิเวศ เพื่อสำรวจในการตระหนักให้ความสำคัญของคน และโรงพิมพ์ ที่ให้ความสำคัญต่อปัญหาสภาวะแวดล้อมหมวดหมู่ไหนมากกว่ากัน โดยจัดทำแบบสอบถามโดยใช้หลักการของ Analytic Hierarchy Process: AHP ผลที่ได้พบว่า ทางโรงพิมพ์จะตระหนักถึงปัญหาภาวะโลกร้อนมากที่สุด ส่วนคนให้ความสำคัญกับปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรมากที่สุด

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

กรณีของการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของการผลิตหนังสือของงานวิจัยนี้ ได้ใช้เกณฑ์ (criteria) ที่กำหนดโดยองค์การบริหารจัดการแก๊สเรือนกระจก (องค์การมหาชน) และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ซึ่งเป็นแนวทางที่ได้อ้างอิงมาจากมาตราฐาน ISO 14040 และ ISO 14044 ที่มีการจัดทำข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (Product Category Rules: PCRs) สำหรับสิ่งพิมพ์ไว้แล้ว เพื่อให้สามารถประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของสิ่งพิมพ์ได้อย่างถูกต้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษที่พิมพ์ภายในโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตและจำหน่ายของศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

3.1.1 จัดทำแบบสอบถามเพื่อสำรวจการตระหนักให้ความสำคัญของคนไทยต่อปัญหาสภาวะแวดล้อม

3.1.2 ทำวิจัยพฤติกรรมการอ่านหนังสือหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของคนไทย อายุระหว่าง 13 ถึง 40 ปี

3.1.3 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตหนังสือ

- กระบวนการผลิตหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ

- กระบวนการผลิตหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

3.1.4 สำรวจหาข้อมูลปฐมภูมิ คือ ข้อมูลปริมาณสารเคมี (kg) หรือปริมาณ พลังงานที่ใช้ (Kw)ของการผลิตหนังสือทั้ง 2 ประเภทในโรงพิมพ์ และสำนักพิมพ์

3.1.5 สำรวจหาข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจก (CO_2e) ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องข้อมูลปฐมภูมิ

3.1.6 คำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยแก๊ส CO_2 ของหนังสือหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ กับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

3.1.7 เปรียบเทียบกับค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่ได้ทั้งสองแบบ

3.2 **วิธีการดำเนินงานวิจัย**

3.2.1 จัดทำแบบสอบถามเพื่อสำรวจในการตระหนักให้ความสำคัญของคนไทยต่อปัญหาสภาวะแวดล้อมโดยใช้หลักการของ Analytic Hierarchy Process: AHP เป็นกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นกระบวนการที่ใช้ในการ “วัดค่าระดับ” ของการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ผลการตัดสินใจที่ถูกต้องตรงกับเป้าหมายของการตัดสินใจได้มากที่สุด ตั้งแต่กระบวนการนี้ได้รับการคิดค้นขึ้นมา ก็มีการนำไปประยุกต์ในเรื่องที่เกี่ยวกับการตัดสินใจต่าง ๆ มากมาย เช่น การตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินงานทางธุรกิจ ได้แก่ การสั่งซื้อวัตถุดิบ การเลือกสถานที่ในการประกอบการ การกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาด ฯลฯ รวมถึงการประยุกต์ใช้ในเรื่องของการบริหารทรัพยากรบุคคลในองค์กร เช่น การจัดลำดับความสามารถของพนักงาน การประเมินทางเลือกของสายอาชีพ การสำรวจทัศนคติของพนักงาน แต่งานวิจัยนี้ได้ อ้างอิงจาก Nagata Laboratory ของ Waseda University ซึ่งปัญหาที่จะพิจารณานี้ แบ่งออกเป็น 9 ประเภท ได้แก่ 1. การสูญเสียพลังงาน 2. โลกร้อน 3. การลดลงของโอโซน 4. การเกิดฝนกรด 5. การขาดแคลนทรัพยากร 6. มลพิษทางอากาศ 7. มลพิษทางน้ำ 8. การกำจัดของขยะของเสีย 9. ผลกระทบต่อระบบนิเวศ [10]

3.2.2 ทำวิจัยพฤติกรรมการอ่านหนังสือหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของคนไทย อายุระหว่าง 18 ถึง 40 ปี โดยทำแบบสอบถามสำรวจพฤติกรรมการอ่านและการใช้งานอุปกรณ์ที่ใช้อ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์จริง เช่น ระยะเวลาที่ใช้อ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เฉลี่ยต่อวัน เป็นต้น โดยสำรวจทั้งหมด 100 คน จากนิสิต นักศึกษา 41 คน และผู้ทำงาน 59 คน โดยทำแบบสอบถามออนไลน์ผ่าน www.doc.google.com จากนั้นทำการรวบรวมผลที่ได้ บันทึกผล และวิเคราะห์ผลทางสถิติ [14]

รูปที่ 3.1 แบบสอบถามออนไลน์ [14]

จากนั้นทดลองหาความเร็วในการอ่านของหนังสือแต่ละประเภท โดยใช้คนอายุระหว่าง 13 ถึง 40 ปี จำนวน 10 คน ให้อ่านข้อความบนหนังสือหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษกับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เนื้อเรื่องคล้ายคลึงกัน บนสภาวะควบคุมเดียวกัน อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับอ่าน สภาวะแสงที่ใช้ในการอ่าน เดียวกัน โดยความสว่างที่ใช้ในการอ่านวัดค่าด้วยเครื่องวัดความสว่างได้ค่า

เท่ากับ 765 lux ขนาดตัวอักษรเท่ากัน พื้นหลังของตัวอักษรสีขาว จากนั้น จับเวลาในการอ่าน และบันทึกผล และวิเคราะห์ผล [14]

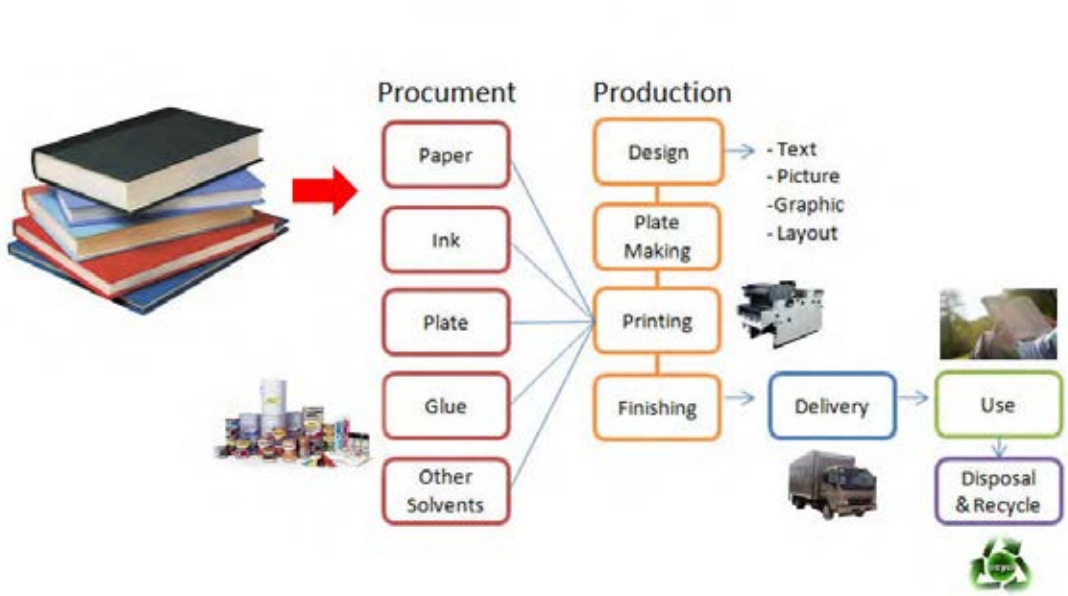
รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดสภาวะแสงที่ใช้ในการอ่าน

รูปที่ 3.3 สภาวะการอ่านของหนังสือหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์บนสภาวะควบคุมเดียวกัน

3.2.3 วิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ในการผลิตหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษกับ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ทั้งสองกระบวนการ ได้แก่ ชื่องานหนังสือ ขนาดของหนังสือ จำนวนหน้า จำนวนสี

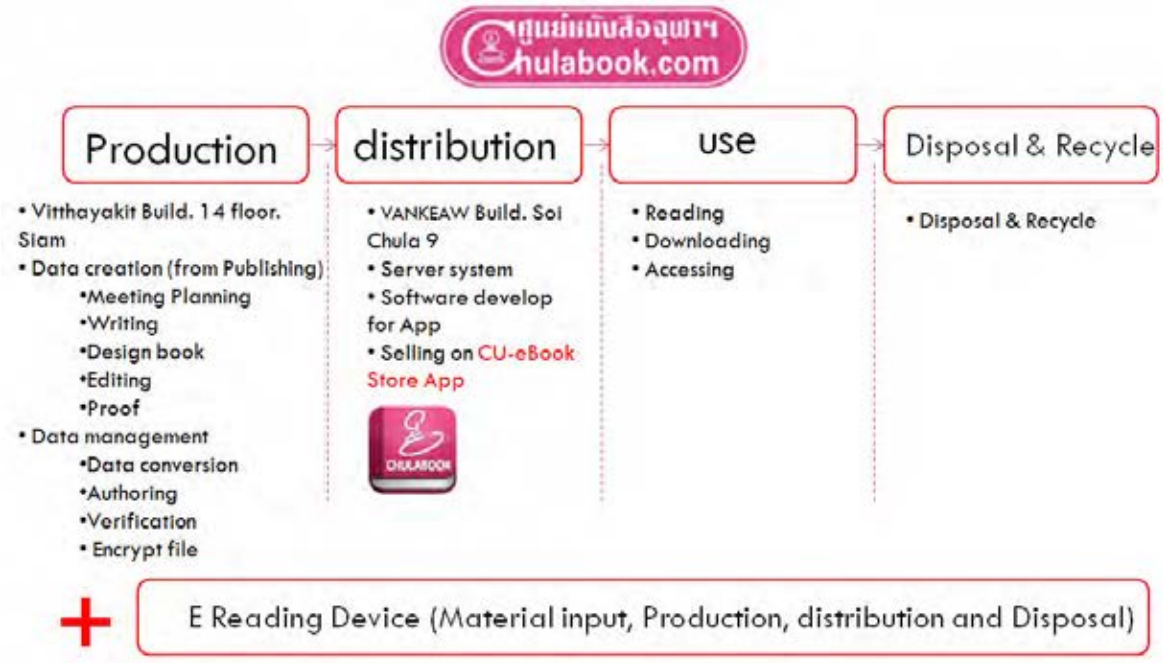
จำนวนการผลิต การเข้าเล่ม ชนิดกระดาษ หมึก เทคนิคหลังพิมพ์ ที่จัดส่ง การจัดเก็บข้อมูล การดาวน์โหลด และการทำลายทิ้ง โดยแบ่งขอบเขตของระบบ (system boundary) ดังนี้

จากรูปที่ 3.3 และ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบการไหลของงาน (workflow) ของขั้นตอนต่างๆในกระบวนการผลิตหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ กับ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในกระบวนการผลิตหนังสือบนกระดาษนั้น จะเริ่มจากขั้นตอนกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การเตรียมต้นฉบับ การออกแบบรูปเล่ม การจัดหน้า ไปถึงการผลิตแม่พิมพ์ เพื่อนำไปพิมพ์ แล้วเข้าเล่ม เพื่อจัดส่งไปตามคลัง เพื่อแจกจ่ายไปยังร้านหนังสือ และหลังจากหนังสือผ่านการอ่านแล้วก็คิดสัดส่วนการทำลายทิ้ง ที่เหลือนำมารีไซเคิลกลับมาใช้ใหม่



รูปที่ 3.4 ขอบเขตของระบบ (System boundary) ของหนังสือกระดาษ

ขณะที่ขอบเขตของการผลิตหนังสือหนังสืออิเล็กทรอนิกส์นั้นจะเริ่มจาก การสร้างสรรค์ไฟล์ข้อมูลภาพ และตัวอักษร เหมือนการเตรียมต้นฉบับในงานพิมพ์ แล้วเข้าสู่กระบวนการจัดการไฟล์ เพื่อเข้าสู่เซิฟเวอร์ ให้ผู้ใช้ได้ดาวน์โหลดไปอ่านบนอุปกรณ์ใช้อ่าน จนกระทั่ง การกำจัดของอุปกรณ์ที่ใช้อ่านนั้นด้วย การคำนวนหาค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ จะรวมไปถึงการได้มาซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่านหนังสืออิเล็คทรอนิกส์ ด้วย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการใช้งานของ iPad



รูปที่ 3.5 ขอบเขตของระบบ (System boundary) ของหนังสืออิเล็คทรอนิกส์

โดยหนังสือที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาหนังสือ "ความหน้าจะเป็นและสถิติสำหรับวิศวกรรมไฟฟ้า" มีขนาด 7.5 x 10.25 นิ้ว หน้าปกพิมพ์ด้านเดียว 4 สี 2 หน้า ส่วนเนื้อในพิมพ์ 1 สี จำนวนทั้งหมด 336 หน้า โดยกระดาษที่ใช้พิมพ์กระดาษปกเป็นกระดาษอาร์ต 260 แกรม ขนาด 25 x 36 นิ้ว เนื้อในเป็นกระดาษปอนด์ 80 แกรม ขนาด 24 x 35 นิ้ว หน้าปกใช้หมึกพิมพ์ 4 สี CMYK ส่วนเนื้อในพิมพ์สีดำสีเดียว หน้าปกเคลือบมันระบบยูวี การเข้าเล่มไสสันทากาว จำนวนพิมพ์ทั้งหมด 1,050 เล่ม พิมพ์ที่โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และจัดจำหน่ายที่ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในส่วนหนังสืออิเล็คทรอนิกส์มีขนาด 3.25 MB เป็นไฟล์เป็น PDF file format จัดทำและจัดจำหน่ายโดยศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผ่านโปรแกรมประยุกต์ที่ชื่อ CU-eBook Store App จะรวมไปถึงการได้มาซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่านหนังสืออิเล็คทรอนิกส์ ด้วย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการใช้งานของ iPad with retina display [15]

รูปที่ 3.6 ตัวอย่าง Paper book ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

รูปที่ 3.7 ตัวอย่าง eBook ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยที่จำหน่ายบน CU-eBook Store App

3.2.4 สำรวจและบันทึกข้อมูลปฐมภูมิที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการผลิตหนังสือ รวมทั้งการสำรวจปริมาณการใช้วัตถุดิบต่างๆ ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานไฟฟ้าในปัจจัยต่างๆของกระบวนการผลิตหลังสือ ที่พิมพ์บนกระดาษกับ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ทั้งสองกระบวนการสำหรับนำมาใช้ในการประเมิน จะต้องรวบรวามข้อมูลโดยตรงจากทุกกระบวนการ และวัตถุดิบแต่ละประเภทมีวิธีการเก็บข้อมูลหรือเทคนิคในการประเมินที่แตกต่างกันออกไป โดยข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานไฟฟ้าที่ได้มานั้นจะสามารถแบ่งการประเมินได้ 3 วิธี

3.2.4.1 คำนวณหรือประเมินปริมาณ หรือน้ำหนักจากวัตถุดิบนั้นที่ใช้จริง ได้แก่ แม่พิมพ์ กระดาษ หมึก กาว สารเคลือบ

3.2.4.2 ประเมินจากฐานข้อมูลที่ทำการใช้วัตถุดิบหรือพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ น้ำที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ น้ำยาเคมี และการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์หรือเครื่องจักร

3.2.4.3 สอบถามจากพนักงานผู้เกี่ยวข้องภายในกระบวนการนั้น ได้แก้ระยะทางการขนส่งวัตถุดิบ การจัดส่ง และประเภทของรถที่ใช้ในการขนส่ง ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงวิธีการหาข้อมูลปฐมภูมิ (ปริมาณการใช้วัตถุดิบ) และวิธีการเก็บข้อมูล

วัตถุดิบ	วิธีการเก็บข้อมูล
ปริมาณการใช้ กระดาษ ฟิล์ม แม่พิมพ์	คำนวนน้ำหนักได้จากขนาดของวัตถุดิบที่ใช้
หมึกพิมพ์ กาว น้ำยาฟาว์เทน	ทำการทดลองเพื่อหาปริมาณการใช้ของวัตถุดิบ โดยการตรวจสอบปริมาณการใช้วัตถุดิบในแต่ละครั้ง เทียบกับปริมาณการผลิต เพื่อหาค่าเฉลี่ยและนำมาประเมินการใช้ปริมาณวัตถุดิบ
การใช้ไฟฟ้าในการผลิตสิ่งพิมพ์ เช่น เครื่องพิมพ์ เครื่องฉายแสงแม่พิมพ์ เครื่องผลิตฟิล์ม เครื่องพับ เครื่องตัด เครื่องไสสันทากาว คอมพิวเตอร์ เครื่องปรับอากาศ หลอดไฟ	โดยการใช้ Clamp on Power Meter วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละเครื่อง และ บันทึกเวลาในการใช้งาน
ระยะทางการขนส่ง	สอบถามจากพนักงานขับรถ หรือ คำนวณหาระยะทางจากฐานข้อมูล

3.2.5 สืบค้นหาข้อมูลทุติยภูมิหรือค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจก (CO_2e) ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆของข้อมูลปฐมภูมิ จากแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ ได้แก่

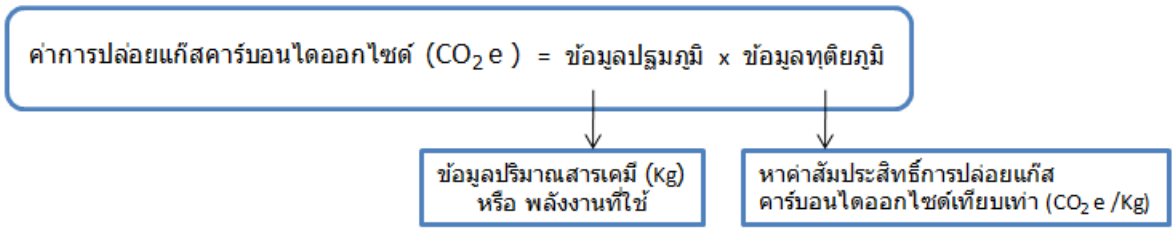
(1) ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย จากห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต / MTEC

(2) ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทย ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (peer-reviewed publications)

(3) ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ LCA Software ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม ฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ

(4) ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น IPCC สหประชาชาติ [18]

3.2.6 คำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือ โดยคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือ ในที่นี้หมายถึงค่าปริมาณการปล่อยแก๊ส CO_2 จากปัจจัยต่างๆในข้อมูลปฐมภูมิที่ได้ไปคูณเข้ากับ ข้อมูลทุติยภูมิ หรือ emission factor ของประเภทวัสดุ พลังงาน หรือกระบวนการนั้นๆ และค่า CO_2e รวมที่ได้คือค่าคาร์บอนฟุตพรินต์



รูปที่ 3.9 วิธีการคำนวณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

3.2.7 เปรียบเทียบกับค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่ได้ทั้งสองรูปแบบ วิเคราะห์สรุปผลและเขียนรายงาน

บทที่ 4

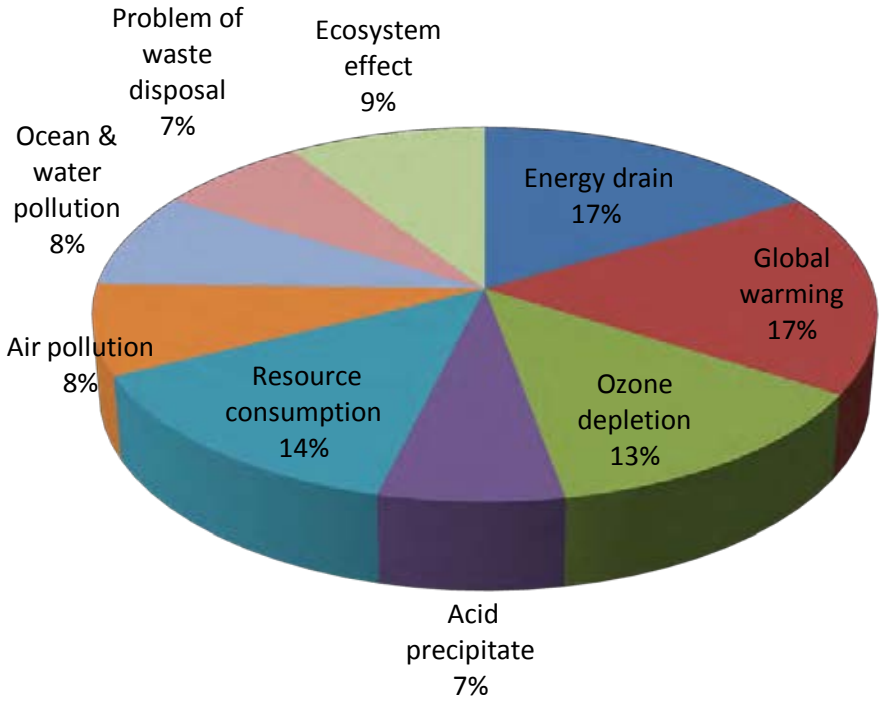
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลสำรวจการตระหนักให้ความสำคัญของคนไทยต่อปัญหาสภาวะแวดล้อม

จากการ จัดทำแบบสอบถามเพื่อสำรวจในการตระหนักให้ความสำคัญของคนไทยต่อปัญหาสภาวะแวดล้อมโดยใช้หลักการของ (Analysis Hierarchy Process: AHP) อ้างอิงจาก Nagata Laboratory [20] ซึ่งปัญหาที่จะพิจารณานี้แบ่งออกเป็น 9 ประเภท ได้แก่ 1. การสูญเสียพลังงาน 2. โลกร้อน 3. การลดลงของโอโซน 4. การเกิดฝนกรด 5. การขาดแคลนทรัพยากร 6. มลพิษทางอากาศ 7. มลพิษทางน้ำ 8. การกำจัดของขยะของเสีย 9. ผลกระทบต่อระบบนิเวศ สอบถามนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวน 100 คน ศึกษาในปี 2012 ได้ผลตามตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 การตระหนักให้ความสำคัญของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวน 100 คน

Category	%
1.Energy drain	16.5
2.Global warming	17.5
3.Ozone depletion	13.1
4.Acid precipitate	6.7
5.Resource consumption	13.7
6.Air pollution	7.9
7.Ocean & water pollution	8.2
8.Problem of waste disposal	7.1
9.Ecosystem effect	9.3
Total	100



แผนภูมิที่ 4.1 การตระหนักให้ความสำคัญของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวน 100 คน

ผล จากตาราง และแผนภูมิ จะเห็นได้ว่า นิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับปัญหาจากสภาวะโลกร้อน และปัญหาการสูญเสียพลังงาน เป็นอันดับหนึ่ง และสองตามลำดับ รองลงมาจะให้ความสำคัญด้าน การขาดแคลนทรัพยากร และการลดลงของโอโซน ซึ่งปัญหาเรื่องสภาวะโลกร้อนยังคงเป็นเป็นปัญหาใหญ่ที่ทุกคนยังให้ความสำคัญมาก

จากนั้นได้ทำการศึกษาผลการตระหนักให้ความสำคัญของสื่อสำนักข่าวในประเทศไทย ต่อปัญหาสภาวะแวดล้อม โดยได้ทำการค้นหาคำสำคัญที่เป็นปัญหาของผลกระทบทางธรรมชาติกับเว็ปไซต์ของหนังสือพิมพ์ไทยรัฐ พิมพ์ค้นหาสำคัญเป็นภาษาไทย ได้ผลตามตารางที่ 4.2 และได้ทำการค้นหาคำสำคัญที่เป็นปัญหาของผลกระทบทางธรรมชาติ กับเว็ปไซต์ของหนังสือพิมพ์เดอะเนชั่น พิมพ์ค้นหาสำคัญเป็นภาษาอังกฤษได้ผลตามตารางที่ 4.3 ซึ่งได้ทำการค้นหาในช่วงปี 2010-2012 เท่านั้น

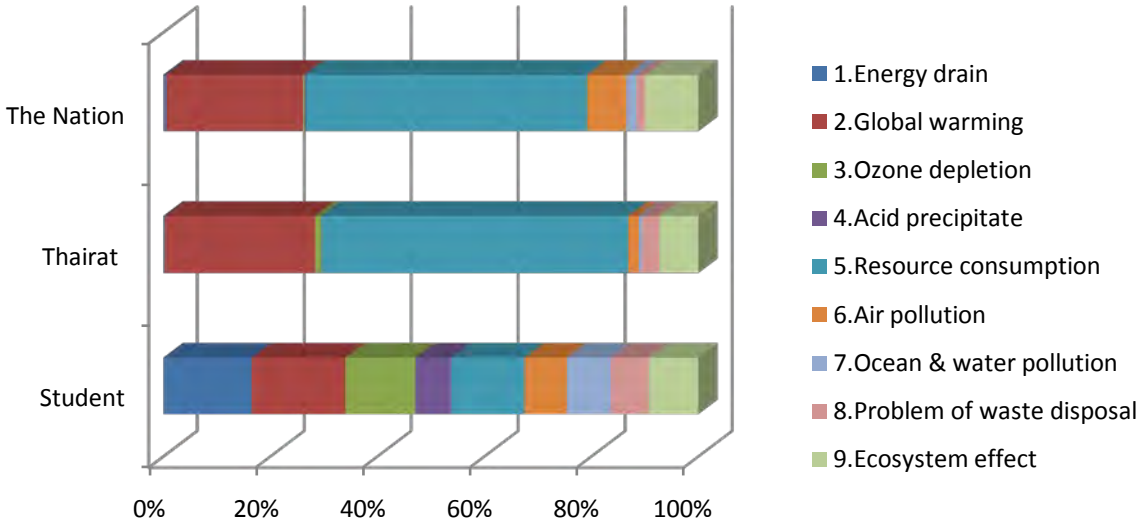
ตารางที่ 4.2 ผลการตระหนักให้ความสำคัญของสื่อต่อปัญหาสภาวะแวดล้อม (ภาษาไทย) หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ

Category	Searched word	Results	%
1.Energy drain	ปัญหาพลังงาน	12	0.3
2.Global warming	โลกร้อน	983	28.0
3.Ozone depletion	โอโซน	43	1.2
4.Acid precipitate	ฝนกรด	5	0.1
5.Resource consumption	ทรัพยากรธรรมชาติ	2011	57.2
6.Air pollution	มลพิษทางอากาศ	72	2.0
7.Ocean & water pollution	มลพิษทางน้ำ	22	0.6
8.Problem of waste disposal	กำจัดขยะ	113	3.2
9.Ecosystem effect	ระบบนิเวศ	255	7.3
	รวม	3516	100

ตารางที่ 4.3 ผลการตระหนักให้ความสำคัญของสื่อต่อปัญหาสภาวะแวดล้อม (ภาษาอังกฤษ) หนังสือพิมพ์ The Nation

Category	Searched keyword	Results	%
1.Energy drain	Energy-problem	27	0.5
2.Global warming	CO_2	1,451	25.6
3.Ozone depletion	Ozone-depletion	19	0.3
4.Acid precipitate	Acid-rain	15	0.3
5.Resource consumption	Natural-resource	2,981	52.5
6.Air pollution	Air-pollution	418	7.4
7.Ocean & water pollution	water-pollution	110	1.9
8.Problem of waste disposal	Waste-disposal	90	1.6
9.Ecosystem effect	ecosystem	561	9.9
	Total	5,672	100

ผล จากตารางจะเห็นได้ว่าสื่อ สำนักข่าวในประเทศไทย ให้ความสำคัญกับปัญหาจาก การขาดแคลนทรัพยากร ธรรมชาติ และปัญหาสภาวะโลกร้อน เป็นอันดับหนึ่ง และสอง ตามลำดับ รองลงมาจะให้ความสำคัญด้านระบบนิเวศวิทยา มลพิษทางอากาศ และกำจัดขยะมูลฝอยซึ่ง สื่อสำนักข่าวในประเทศไทยตระหนักให้ความสำคัญเรื่อง การขาดแคลนทรัพยากร ธรรมชาติ มากกว่าสภาวะโลกร้อน



แผนภูมิที่ 4.2 แผนภูมิเปรียบเทียบผลตระหนักให้ความสำคัญต่อปัญหาสภาวะแวดล้อม

จากการ จัดทำแบบสอบถามเพื่อสำรวจในการตระหนักให้ความสำคัญของคนไทยต่อปัญหาสภาวะแวดล้อม ผลการตระหนักให้ความสำคัญของสื่อ สำนักข่าวในประเทศไทย เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันจะพบว่าแตกต่างจากผลของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังแผนภูมิที่ 4.2 โดยสื่อตระหนักให้ความสำคัญเรื่องการขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ มากกว่าสภาวะโลกร้อน แต่สภาวะโลกร้อน เป็นปัจจัยสำคัญของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่คิด และให้ความสำคัญทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีมากกว่า

4.2 ผลวิจัยพฤติกรรมการอ่านหนังสือหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของคนไทย

4.2.1 ผล ทำวิจัยพฤติกรรมการอ่านหนังสือหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของคนไทย อายุระหว่าง 18 ถึง 40 ปี ได้ทำแบบสอบถามสำรวจพฤติกรรมการอ่านและการใช้งานอุปกรณ์ที่ใช้อ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์จริง ระยะเวลาที่ใช้อ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เฉลี่ยต่อวัน โดยสำรวจทั้งหมด 100 คน จากนิสิต นักศึกษา 41 คน และผู้ทำงาน 59 คน โดยทำแบบสอบถามออนไลน์ ได้ผลดังนี้

โดยพฤติกรรมการใช้งานของแท็ปเล็ตโดยเฉลี่ย จะใช้งาน 5.6 ชั่วโมงต่อวันต่อคน (SD=3.23) โดยพฤติกรรมการใช้งานของแท็ปเล็ตในการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของคนส่วนใหญ่จะใช้เวลาเฉลี่ย 1.4 ชั่วโมงต่อวันต่อคน และมีพฤติกรรมในการใช้งานของแท็ปเล็ตในการจะใช้งานต่างๆ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลสำรวจของพฤติกรรมการใช้งานของแท็ปเล็ตในกิจกรรมต่างๆ

Activity	%
Email	15.90%
Web	32.00%
Game	18.90%
E-media	12.70%
Others Application	20.60%
Total	100.00%

พฤติกรรมการใช้งานของแท็ปเล็ตของคนส่วนใหญ่จะใช้งานเพื่อเข้าเว็ปไซต์มาที่สุดถึง 32% รองลงมาจะใช้แอฟฟลิเคชั่นอื่นๆ เช่น เฟสบุ๊ค , ทวิตเตอร์, อินสตาแกรม และสังคมเครือข่ายออนไลน์อื่นๆ ซึ่งเป็นที่นิยมมากในการใช้งานในปัจจุบันถึง 20 % และก็ใช้งานเพื่อเล่นเกมส์ อีเมลล์ติดต่องาน และใช้เพื่ออ่านหนังสือ หรือสื่อออนไลน์ต่างๆผ่านแท็ปเล็ตตามลำดับ ส่วนอุปกรณ์แท็ปเล็ตที่ใช้งาน ในปัจจุบันก็มีหลายประเภทให้เลือกใช้งาน ดังผลตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลสำรวจของอุปกรณ์แท็ปเล็ตที่คนส่วนใหญ่นิยมใช้

Device	%
iPad	50%
Tablet	9%
Smartphone	34%
Notebook PC	7%
Total	100.00%

ผลจากตารางที่ 4.5 ผลสำรวจของอุปกรณ์แท็ปเล็ตที่คนส่วนใหญ่นิยมใช้ส่วนมากคือ ไอแพด นิยมมากถึง 50 % รองลงมาคือ โทรศัพท์สมาร์ทโฟน และอุปกรณ์แท็ปเล็ตยี่ห้ออื่นๆ เช่น ซัมซุง, เอเซอร์, คิลเดิล, โซนี่ ฯลฯ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ประเภทของหนังสือที่คนไทยอ่านจากสื่อต่างๆ

Type	E-media %	Paper Book %
News	65	35
Novel	22	78
Academic paper	51	49
Magazine	30	70

ผลจากการสำรวจประเภทของหนังสือกับสื่อที่ใช้ในการอ่านหนังสือแต่ละประเภ ท จะเห็นได้ว่าคนจะเลือกอ่านข่าวสาร ผ่านทางหนังสืออิเล็กส์ทรอนิกส์มากกว่าอ่านหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ ส่วนนวนิยายและนิตยสารคนยังชอบที่จะอ่านหนังสือแบบที่พิมพ์ลงบนกระดาษมากกว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ แต่วารสารทางวิชาการคนยังให้ความสำคัญกับสื่อที่ใช้ในการอ่านพอๆกันทั้งหนังสืออิเล็กส์ทรอนิกส์ และหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ

ทั้งนี้ได้ทำการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบตัวแปร 2 กลุ่ม ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ของประเภทของหนังสือที่อ่านหนังสือจากสื่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ และหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ ของข่าวสาร และนิตยสาร เมื่อต้องการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทีละคู่จะต้องนำ ข้อมูลมาใส่ในตารางเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง [21] ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ความสอดคล้องระหว่างประเภทของหนังสือจากสื่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ และหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ ของข่าวสาร และนิตยสาร

		Magazine by e-media or paper		Total
		e-media	paper	
News by e-media or paper	e-media	25	40	65
	paper	5	30	35
Total		30	70	100

สมมติฐานการวิจัย

H_0 (Null Hypothesis): ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างสื่อกับประเภทของหนังสือ

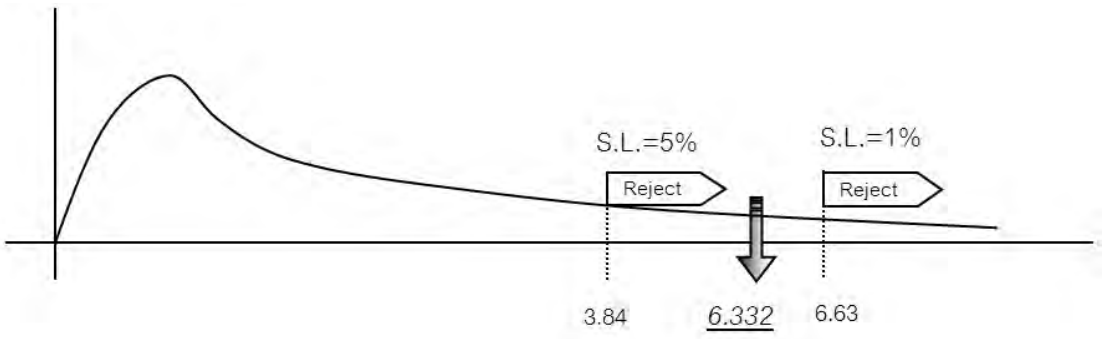
H_1 (Alternative Hypothesis): มีความสัมพันธ์กันระหว่างสื่อกับประเภทของหนังสือ

จากนั้นนำมาทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้ไคสแควร์ เมื่อข้อมูลถูกแจกแจงในตารางความสอดคล้อง ผลการทดสอบจะสามารถบอกได้เพียงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ การทดสอบด้วยไคสแควร์ ไม่สามารถระบุระดับของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ทั้งสองได้ ดังนั้น ถ้าผลการทดสอบพบว่า เกิดการยอมรับ H_1 ซึ่งก็คือตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน และถ้าต้องการหาระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง ก็จะต้องหาค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ ที่นี้ใช้วิธีของเพียร์สัน (Pearson) ซึ่งผลทดสอบไคสแควร์มีค่าเท่ากับ 6.332 ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้ไคสแควร์ ระหว่างประเภทของหนังสือจากสื่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ และหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ ของข่าวสาร และนิตยสาร

	Chi-sqr.	D.F.	Asymptotic significance level (both side)
Pearson	6.332	1	.012
Likelihood ratio	6.849	1	.009
Count	100		

หลังจากนั้นจึงดำเนินการทดสอบโดยเปรียบเทียบค่าที่ศึกษากับค่าวิกฤตที่ได้จากตารางที่ระดับนัยสำคัญที่ต้องการ ดังแผนภูมิที่ 4.3



- S.L.(=Significance Level) =5.0% means that conclusion might be mistaken once every 20 time.
- S.L.(=Significance Level) =1.0% means that conclusion might be mistaken once every 100 time.

แผนภูมิที่ 4.3 แผนภูมิแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้ไคสแควร์

ผลการวิจัยนี้ H_0 ถูกปฏิเสธ ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ดังนั้น มีความสัมพันธ์กันระหว่าง สื่อที่ใช้อ่านหนังสือกับประเภทของหนังสือ ซึ่งไม่ได้เป็นอิสระ ต่อกัน นั้น หมายความว่ามีแนวโน้มที่แสดงให้เห็นว่า คนที่ชื่นชอบ การอ่านนิตยสาร โดย หนังสือที่พิมพ์ลงบน กระดาษ ก็ยังชื่นชอบที่จะอ่านข่าวสารด้วยหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษด้วยเช่นกัน

เมื่อถามว่า สื่อที่ใช้ในการอ่านหนังสือ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่ากัน ได้ผลการสำรวจดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 สื่อที่ใช้ในการอ่านหนังสือ ที่คนไทยคิดว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Media	%
E-media	80
Paper	20

โดยหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ คนส่วนใหญ่คิดว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า หนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ เพราะคิดว่าประหยัดทรัพยากรทางธรรมชาติในการผลิต กระดาษและ ลดการใช้พลังงานในการพิมพ์ ส่วนคนที่คิดว่าหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพราะคิดว่ากระดาษที่พิมพ์สามารถที่จะนำมารีไซเคิลได้ ลดปริมาณขยะอิเล็ กทรอนิกส์ล้นโลก และไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการอ่านหนังสือ อีกทั้งยังคิดว่าเคยชินกับการอ่านหนังสือที่เป็นกระดาษมากกว่า

4.2.2 ผล ทดลองหาความเร็วในการอ่านของหนังสือ สื่อแต่ละประเภท โดยใช้คนอายุระหว่าง 13 ถึง 40 ปี จำนวน 10 คน ให้อ่านข้อความบนหนังสือหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษกับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เนื้อเรื่องคล้ายคลึงกัน บนสภาวะควบคุมเดียวกัน อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับอ่านสภาวะแสงที่ใช้ในการอ่าน เดียวกัน ขนาดตัวอักษรเท่ากัน พื้นหลังของตัวอักษรสีขาว ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ความเร็วในการอ่านหนังสือของคนไทยจากการอ่านสื่อแต่ละประเภท

Number	E-book (min/word)	Paper Book (min/word)
1	327.5	247.1
2	308.3	332.5
3	248.5	216.9
4	312.1	366.0
5	241.5	253.4
6	335.5	388.0
7	221.8	228.0
8	358.4	408.8
9	515.0	593.6
10	249.7	247.1
AVG	311.8	328.1
Standard deviation	85.1155	116.9757
Interval confidence	±52.75416	±72.50099

จากสภาวะในการอ่านเดียวกัน เมื่ออ่านบทความจบ จะมีคำถามเพื่อถามความเข้าใจ เพื่อตรวจสอบว่าอ่านหนังสือได้อย่างเข้าใจ โดยเฉลี่ยความเร็วในการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์อยู่ที่ 312 คำต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วที่ช้ากว่าการอ่านหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ ที่มีค่าเฉลี่ยความเร็วในการอ่านอยู่ที่ 328 คำต่อนาที ทั้งนี้ปัจจัยที่ส่งให้หนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษอ่านได้เร็วกว่า เนื่องจากความคุ้นชินกับกระดาษ เปิดอ่านได้ทีละหน้า ส่วนกรณีของการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เมื่อเกิดมีความสงสัยในเรื่องที่อ่าน ผู้อ่านทำการพลิกหน้าไปๆมาๆ เมื่อทำการอ่านให้เข้าใจ ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้การอ่านหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษสามารถทำความเร็วในการอ่านได้ดีกว่า ทั้งนี้การศึกษาหาความเร็วในการอ่านส่งผลต่อการปล่อยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ จำเป็นต้องการหาความเร็วเฉลี่ยในหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้วย เพราะเมื่ออ่านเร็วจบเร็ว ค่าการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นต์ก็จะน้อย ไม่ต้องใช้พลังงานในการอ่านนาน ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้จะนำไปคำนวณหาคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อไป

4.3 ผลการสำรวจหาข้อมูลปฐมภูมิของการผลิตหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ในโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการสำรวจหาข้อมูลปฐมภูมิของการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ได้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมง ของอุปกรณ์ที่ใช้และเครื่องจักรที่ใช้ ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมงของอุปกรณ์ที่ใช้และเครื่องจักรที่ใช้การผลิต

อุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมง (kW/hr)
หลอดไฟฟ้า 18 วัตต์	0.020
หลอดไฟฟ้า 36 วัตต์	0.040
เครื่องปรับอากาศ 12,000 BTU	0.620
เครื่องปรับอากาศ 30,000 BTU	1.213
เครื่องคอมพิวเตอร์ PC	0.060
เครื่องคอมพิวเตอร์ Mac	0.100
เครื่องระบายอากาศ	4.804
เครื่องผลิตแม่พิมพ์ CTP	1.000
เครื่องพิมพ์ Heidelberg	13.625
เครื่องพิมพ์ Ryobi	2.560
เครื่องพับ	1.400
เครื่องเก็บเล่ม	1.444
เครื่องตัด	1.438
เครื่องเข้าเล่ม	0.430

ผลการสำรวจหาข้อมูลปฐมภูมิของ ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานไฟฟ้า ในการผลิตหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานไฟฟ้าในการผลิตหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ ต่อการผลิต 1,050 เล่ม (ที่มา: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ขั้นตอน	วัตถุดิบและพลังงานไฟฟ้า	หน่วย	ปริมาณการใช้
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	กระดาษอาร์ต 260 แกรม	Kg	52.84
	กระดาษปอนด์ 80 แกรม	Kg	1149.65
	แม่พิมพ์	Kg	11.58
	กัมอะราบิก	Kg	0.36
	หมึกพิมพ์ 4 สี CMYK	Kg	0.48
	หมึกพิมพ์สีดำ	Kg	8.62
	น้ำยาฟาวน์เทน	Kg	0.64
	IPA	Kg	3.68
	น้ำมันเบนซีนทำความสะอาด	Kg	2.00
	กาวสำหรับเข้าเล่ม	Kg	2.79
การผลิต	การออกแบบหนังสือ	Kw	163.20
	การทำแม่พิมพ์	Kw	18.64
	การพิมพ์(ปก)	Kw	30.72
	การพิมพ์(เนื้อใน)	Kw	327.00
	การพับ	Kw	35.11
	การเก็บเล่ม	Kw	18.88
	การเข้าเล่ม	Kw	10.54
	การตัดสำเร็จ	Kw	7.55
	การเคลือบปก	Kg	0.41
การกำกัดขยะและการรีไซเคิล	การกำจัด	Kg	1050.00
	การรีไซเคิล (กระดาษ)	Kg	58.47
	การรีไซเคิล (แม่พิมพ์)	Kg	11.58
	การบำบัดน้ำเสีย	Kg	24.30

ผลการสำรวจหาข้อมูลปฐมภูมิของ ระยะทางในการขนส่งวัตถุดิบในการผลิต การจัดส่ง และการทำลาย กำจัดซากดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ระยะทางในการขนส่งวัตถุดิบในการผลิต การจัดส่ง และการทำลาย กำจัดซาก (ที่มา: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ขั้นตอน	วัตถุดิบและพลังงาน	ระยะทาง	รูปแบบ
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	กระดาษอาร์ต 260 แกรม	2,500 km	เรือบรรทุก Container
		15 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน 50% load
	กระดาษปอนด์ 80 แกรม	105 km	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน Full load
		10 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน 50% load
	หมึกพิมพ์	6,000 km	เรือบรรทุก Container
		10 km	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน 50% load
	แม่พิมพ์	8,830 km	เรือบรรทุก Container
		10 km	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน 50% load
	น้ำยาสร้างภาพแม่พิมพ์	1,500 km	เรือบรรทุก Container
		50 km	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน 50% load
	น้ำยาฟาวน์เทน	20 km	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน 50% load
	IPA	15km	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ Full load
		10 km	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน 50% load
	กัมอาราบิค	20 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน 50% load
	น้ำมันเบนซิน	5 km	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ Full load
		2 km	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน 50% load
	กาวสำหรับเข้าเล่ม	100 km	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน Full load
		50 km	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน 50% load
	เคลือบปกหนังสือ	15 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก 1.5 ตัน 50% load
การจัดส่ง	ศูนย์หนังสือแห่งจุฬา	3 km	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก 1.5 ตัน 75% load
การกำกัดขยะและการรีไซด์เคิล	การกำจัดหนังสือ	50 km	รถขยะ 10 ล้อ 16 ตัน 75% load
	การรีไซด์เคิล (กระดาษ)	80km	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน 50% load
	การรีไซด์เคิล (แม่พิมพ์)	80km	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน 50% load

4.4 ผลการสำรวจหาข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจก (CO_2e) ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องข้อมูลปฐมภูมิ (Emission factor)

โดยสืบค้นหาข้อมูลทุติยภูมิหรือค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจก (CO_2e) ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆของข้อมูลปฐมภูมิ จากแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ ได้แก่

(1) ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย จาก ห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต / MTEC

(2) ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทย ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (peer-reviewed publications)

(3) ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ LCA Software ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม ฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ

(4) ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น IPCC สหประชาชาติ [18]

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจก (CO_2e)

วัตถุดิบและพลังงาน	ข้อมูลทุติยภูมิค่าสัมประสิทธิ์	ฐานข้อมูลอ้างอิง
กระดาษอาร์ต 260 แกรม	0.8797 kg-CO_2e/kg	JEMAI-LCA Pro
กระดาษปอนด์ 80 แกรม	0.9751 kg-CO_2e/kg	JEMAI-LCA Pro
หมึกพิมพ์	2.5 kg-CO_2e/kg	Roto Priniting Color
แม่พิมพ์โลหะ	12.20 kg-CO_2e/kg	JEMAI-LCA Pro
น้ำยาสร้างภาพแม่พิมพ์	12.20 kg-CO_2e/kg	*EF max
น้ำยาฟาวน์เทน	12.20 kg-CO_2e/kg	*EF max
IPA	2.131 kg-CO_2e/kg	JEMAI-LCA Pro
กัมอาราบิค	12.20 kg-CO_2e/kg	*EF max
น้ำมันเบนซิน	0.5093 kg-CO_2e/kg	MTEC: IPCC 2007 ,DEDE
กาวสำหรับเข้าเล่ม	0.711 kg-CO_2e/kg	JEMAI-LCA Pro
เคลือบปกหนังสือ	5.320 kg-CO_2e/kg	JEMAI-LCA Pro
การกำจัดกระดาษ	2.93 kg-CO_2e/kg	MTEC(Thai data): IPCC 2006 vol.5

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจก (CO_2e) (ต่อ)

วัตถุดิบและพลังงาน	ข้อมูลทุติยภูมิค่าสัมประสิทธิ์	ฐานข้อมูลอ้างอิง
การกำจัดกระดาษ	2.93 kg-CO_2e/kg	MTEC(Thai data): IPCC 2006 vol.5
การรีไซด์เคิล(กระดาษ)	0.167 kg-CO_2e/kg	JEMAI-LCA Pro
การรีไซด์เคิล(แม่พิมพ์)	3.16 kg-CO_2e/kg	JEMAI-LCA Pro
น้ำ	0.0264 kg-CO_2e/m3	MTEC(Thai data): Metropolitan Waterworks Authority Thailand
การขนส่ง	ขึ้นอยู่กับประเภทของรถ	MTEC(Thai data): TC Common data
กระแสไฟฟ้า	0.561 kg-CO_2e/kg	MTEC(Thai data): TH Database
การบำบัดสารเคมีในน้ำ		
anionic	5.35 kg-CO_2e/kg	MTEC(Thai data): Ecoinvent
cation	1.43 kg-CO_2e/kg	MTEC(Thai data): Ecoinvent

*EF max คือ การใช้ปริมาณ EF จาก Item ในกลุ่มเดียวกัน ที่มีค่า EF สูงสุดมาชดเชย เรียกว่ากระบวนการ Scale Up [5]

4.5 ผลการ คำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

4.5.1 ผลการประเมิน คาร์บอนฟุตพรินต์ และกระบวนการผลิต ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ

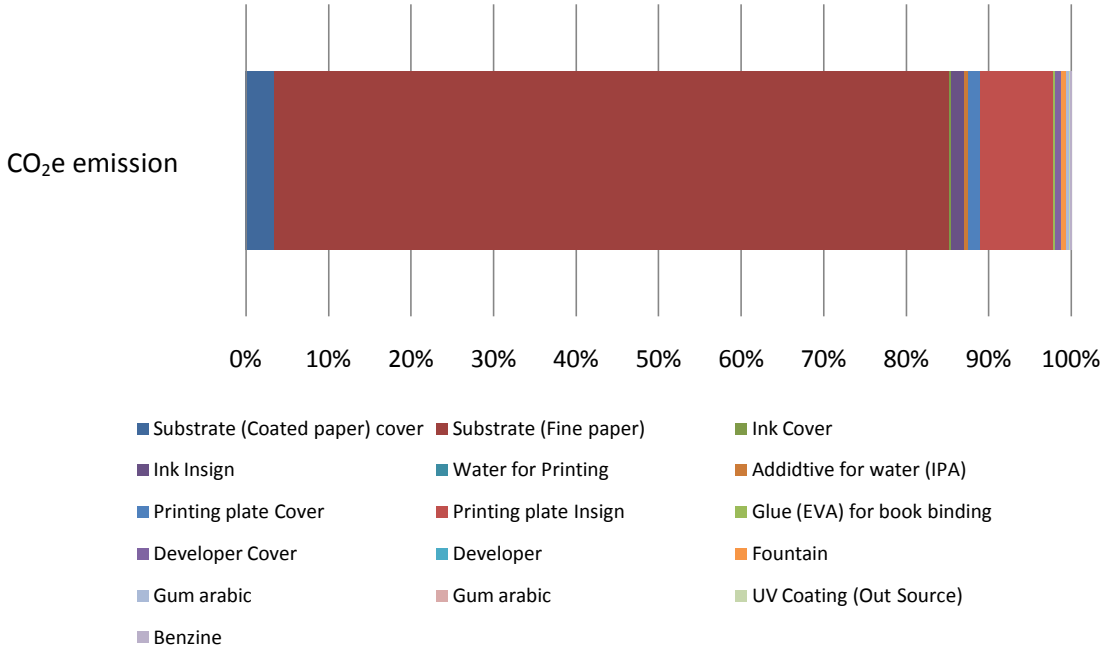
ในขั้นตอนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ได้ผลการประเมินของวัฏจักรผลิตภัณฑ์ของหนังสือ ที่พิมพ์บนกระดาษ แบบ Cradle to grave จะเริ่มต้นจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตหนังสือ ในที่นี้ทำการผลิตที่ 1,050 เล่ม ประกอบด้วยกระดาษอาร์ต 260 แกรมสำหรับทำปกหนักสือ และเนื้อในหนังสือใช้กระดาษปอนด์ 80 แกรม ปกเคลือบสารพลาสติก ยูวี ซึ่งในการผลิตยังมีการใช้สารเคมีสำหรับงานพิมพ์ต่างๆ ซึ่งมีสัดส่วนวัตถุดิบที่ใช้ ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการคำนวน คาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ ในขั้นตอนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ต่อการผลิต 1,050 เล่ม (ที่มา: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

Content	Calculation			CO2e emission
Substrate (Coated paper) cover	52.84 kg	*	* 0.8797 kg-CO2e/kg	46.482
Transportation for substrate (Coated paper)	0.052 t	* 100 km	* 0.15 kg-CO2e/tkm	0.780
Substrate (Fine paper)	1149.65 kg		* 0.9751 kg-CO2e/kg	1121.028
Transportation for substrate (Fine paper)	1.149 t	* 100 km	* 0.15 kg-CO2e/tkm	17.235
Ink Cover	0.48 kg		* 2.5 kg-CO2e/kg	1.219
Ink Body	8.62 kg		* 2.5 kg-CO2e/kg	21.556
Transportation for Ink	0.009 t 0.009 t	*15 km *10 km	*0.0459 kg-CO2e/tkm *0.15 kg-CO2e/tkm	0.006 0.013
Water for Printing	24.31 kg		* 0.0264 kg-CO2e/m^3	0.000
Addidtive for water (IPA)	3.68 kg		* 2.131 kg-CO2e/kg	7.862
Transportation for Additives	0.003 t 0.003 t	* 15 km * 10 km	* 0.0459 kg-CO2e/tkm * 0.15 kg-CO2e/tkm	0.002 0.004
Printing plate Cover	1.67 kg	(4 plate)	* 12.20 kg-CO2e/kg	20.463
Printing plate Body	9.90 kg	(42 plate)	* 12.20 kg-CO2e/kg	120.844
Transportation for Printing plate	0.011 t	* 8830km	* 0.01 kg-CO2e/tkm	0.971
Glue (EVA) for binding	2.794 kg		* 0.711 kg-CO2e/kg	1.986
Transportation for Glue	0.003 t	* 15 km	* 0.15 kg-CO2e/tkm	0.006
Developer Plate Cover	0.773 kg		* 12.20 kg-CO2e/kg	9.441
Developer Plate Body	0.131 kg		* 12.20 kg-CO2e/kg	1.598
Transportation for Developer	0.001 t 0.001 t	* 1500 km * 50 km	* 0.01 kg-CO2e/tkm * 0.15 kg-CO2e/tkm	0.015 0.007
Fountain	0.637 kg		* 12.20 kg-CO2e/kg	7.779

ตารางที่ 4.15 ผลการคำนวน คาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ ในขั้นตอนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (ต่อ)

Content	Calculation			CO2e emission
Transportation for Fountain	0.00063 t	* 20 km	* 0.15 kg-CO2e/tkm	0.001
Gum arabic	0.309 kg		* 12.20 kg-CO2e/kg	3.776
	0.052 kg		* 12.20 kg-CO2e/kg	0.639
Transportation for Gum arabic	0.00036 t	* 1500 km	* 0.01 kg-CO2e/tkm	0.005
	0.00036 t	* 50 km	* 0.15 kg-CO2e/tkm	0.002
UV Coating (Out Source)	0.406 kg		* 5.320 kg-CO2e/kg	2.162
Benzine	2 kg	* 2 Round	* 0.5093 kg-CO2e/kg	2.037
Transportation for Benzine	0.002 t	* 5 km	* 0.046 kg-CO2e/tkm	0.000
	0.002 t	* 2 km	* 0.15 kg-CO2e/tkm	0.000
Total				1360.462



แผนภูมิที่ 4.4 สัดส่วนการปล่อย CO_2e ในขั้นตอนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

จากแผนภูมิที่ 4. 4 จะเห็นได้ว่าสัดส่วนการปล่อย CO_2e ในขั้นตอนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีการปล่อยค่า CO_2e ในมากที่สุดคือในส่วนของกระดาษปอนด์ถึง 1121.02 kg-CO_2e เป็นอันดับหนึ่ง และรองลงมาคือแม่พิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์ 120.84 kg-CO_2e ตามลำดับ

ส่วนผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ในขั้นตอนของการผลิต ทำการประเมินกระบวนการผลิตหนังสือจำนวนการผลิตที่ 1,050 เล่ม ซึ่งในการผลิตหนังสือของโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแบ่งได้ตามกระบวนการได้แก่ การออกแบบและการเรียงพิมพ์ การทำแม่พิมพ์ CTP การพิมพ์ การเคลือบปก เก็บเรียง เข้าเล่ม และการตัดสำเร็จ ซึ่งในแต่ละกระบวนการมีการการปล่อย CO_2e ในขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

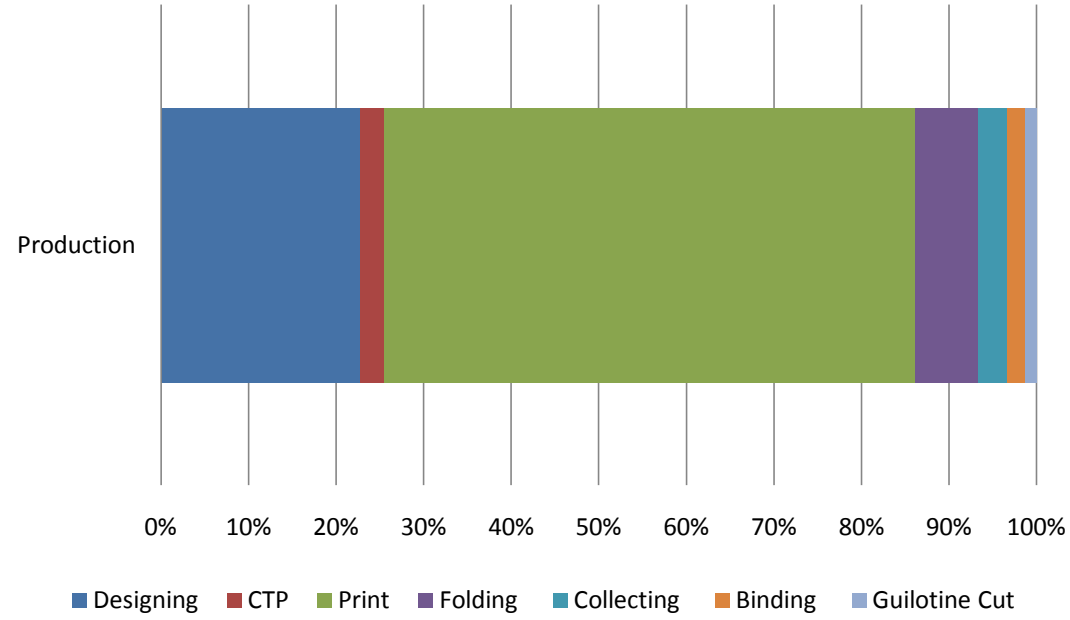
ตารางที่ 4.16 ผลการคำนวน คาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ ในขั้นตอนของการเตรียมพิมพ์ ออกแบบ หนังสือ

Content	Calculation			CO2e
Designing (Lighting)	15 * 0.02kW * 0.2	*120hours	* 0.561 kg-CO2e/kW	0.403
Designing (Air con.)	2 * 0.62kW	*120hours	* 0.561 kg-CO2e/kW	83.476
Designing (Computer)	0.06kW	*120hours	* 0.561 kg-CO2e/kW	4.039
			Total	87.919

ซึ่งในขั้นตอนของการเตรียมพิมพ์ ออกแบบและหนังสือ มีการปล่อย CO_2e อยู่ที่ 87.91 kg-CO2e

ตารางที่ 4.17 ผลการคำนวน คาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ ในขั้นตอนของการผลิตหนังสือ

Process	Content	Calculation					CO2e emission
		amount	Kw/hr	Hr	Ration	2^{nd} Data	
CTP	Lighting	6	0.02	8		0.561	0.53856
	Air con.	1	1.21	8		0.561	5.43048
	CTP	1	1	8		0.561	4.488
Print	Lighting	40	0.02	24	0.4	0.561	4.30848
	Lighting printing proof	18	0.04	24	0.4	0.561	3.877632
	De-aerator	1	4.8	24	0.4	0.561	25.85088
	Ryobi	1	2.56	12		0.561	17.23392
	Heidelberg	1	13.625	24		0.561	183.447
Folding	Lighting	50	0.04	12	0.4	0.561	5.3856
	folding	1	1.4	12		0.561	9.4248
	De-aerator	1	4.8	12	0.4	0.561	12.92544
Collecting	Lighting	50	0.04	10	0.4	0.561	4.488
	collecting	1	1.44	10		0.561	8.0784
Binding	Lighting	50	0.04	12	0.4	0.561	5.3856
	binding	1	0.43	12		0.561	2.89476
Guillotine Cut	Lighting	50	0.04	4	0.4	0.561	1.7952
	Guillotine	1	1.44	4		0.561	3.23136
						Total	298.78411



แผนภูมิที่ 4.5 สัดส่วนการปล่อย CO_2e ในขั้นตอนของการการผลิตหนังสือ

จะเห็นได้ว่าในการผลิตหนังสือ พบว่าขั้นตอนของกระบวนการพิมพ์ปล่อย CO_2e มากที่สุด 234.71 kg-CO_2e เป็นสัดส่วนมากกว่าครึ่งหนึ่งของการปล่อย CO_2e ในขั้นตอนของการการผลิตหนังสือ รองลงมาคือขั้นตอนของการเตรียมพิมพ์ ออกแบบหนังสือ 87.91 kg-CO_2e ตามลำดับ ส่วนขั้นตอนของการเก็บเรียง การตัดสำเร็จ มีสัดส่วนของการ ปล่อย CO_2e พอๆกัน

ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ในขั้นตอนของการกระจายสินค้าได้คำนวณมาจากหนังสือซึ่งถูกจัดส่งเพื่อจำหน่ายที่ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เนื่องจากระยะทางในการจัดส่งใกล้กับโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำให้ผลการคำนวณการปล่อย CO_2e มีเพียง 0.4725 kg-CO_2e เท่านั้น

ตารางที่ 4.1 8 ผลการคำนวน คาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ ในขั้นตอนการกระจายสินค้า

Content	Calculation			CO2e emission
Delivery	1.05 t	* 3 km	* 0.15 kg-CO2e/tkm	0.4725
			Total :	0.4725

ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ในขั้นตอนของการจัดการซาก ทำการประเมินกระบวนการผลิตหนังสือจำนวนการผลิตที่ 1,050 เล่ม ประเมินการกำจัดหนังสือ ด้วยวิธีฝังกลบ จะคิดในกรณีที่หนังสือทุกเล่มมีการทิ้งทั้งหมด และการคิดการนำเศษกระดาษที่เหลือจากกระบวนการตั้งเครื่องพิมพ์ การตัดเจียน นำไปรีไซเคิล การรีไซเคิลแม่พิมพ์ และการทำการบำบัดน้ำเสียจากสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งในแต่ละกระบวนการมีการการปล่อย CO_2e ในขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 9 ผลการคำนวน คาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ ในขั้นตอนการจัดการซาก

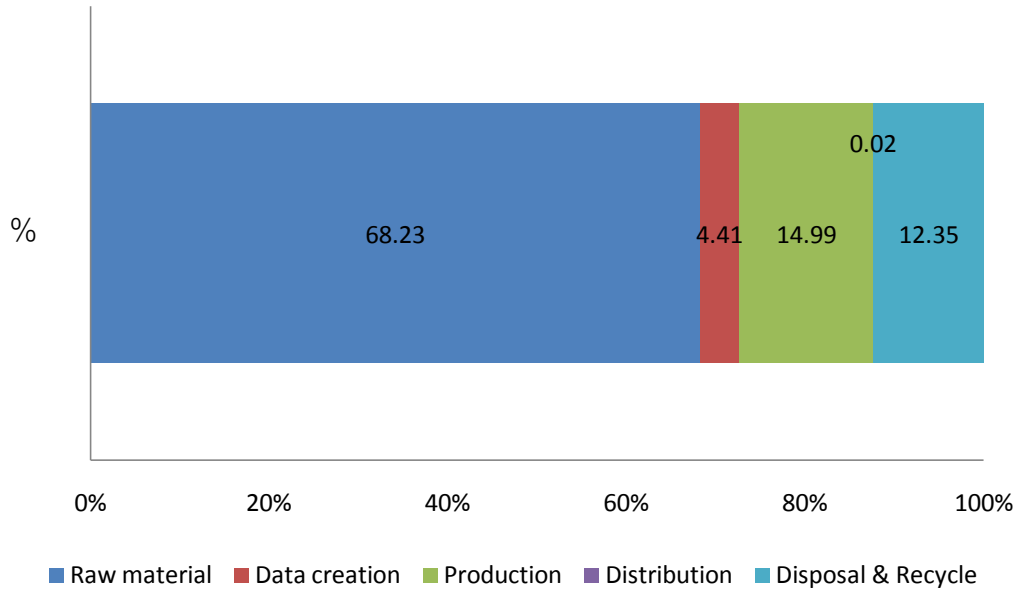
Process	Content	Kg	kg-CO2e/kg	kg-CO2e
Recycle	paper form cover	15.096744	0.167	2.52115625
	paper form in sign	43.3832	0.167	7.2449944
	plate	11.58	3.16	36.5928
	water waste	24.3	6.78	164.754
Disposal	paper	1050	2.93	3076.5
	Bio Mass	1050	*0.9886kg-CO2e/kg * -2.93	-3041.4279
			Total	246.185051

ในกระบวนกระบวนการผลิตหนังสือพบว่าในขั้นตอนของการกำจัดซาก การบำบัดน้ำเสียมีการปล่อย CO_2e เป็นอันดับแรก 164.754 kg-CO_2e รองลงมาเป็นการรีไซเคิลแม่พิมพ์ นำไปรีไซเคิลกระดาษ ส่วนการกำจัดกระดาษซึ่งกระดาษเป็นชีวมวล ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ จึงได้นำเรื่องของชีวมวลมาคำนวณหาค่าการปล่อย CO_2e ด้วย

ผลการประเมินของวัฏจักรผลิตภัณฑ์ของหนังสือ ที่พิมพ์บนกระดาษ แบบ Cradle to grave ที่ทำการประเมินกระบวนการผลิตหนังสือจำนวนการผลิตที่ 1,050 เล่ม โดยเริ่มมาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน และการจัดการซาก ผลการประเมินของการปล่อย CO_2e ของหนังสือตัวอย่างที่พิมพ์ที่โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ผลตามตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.20 ผลการประเมินของการปล่อย CO_2e ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ

	kg-CO_2e	%
Raw material	1360.46	68.23
Data creation	87.92	4.41
Production	298.78	14.99
Distribution	0.47	0.02
Disposal & Recycle	246.19	12.35
Total	1993.82	100.00



แผนภูมิที่ 4.6 สัดส่วนการปล่อย CO_2e ในขั้นตอนต่างๆของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ

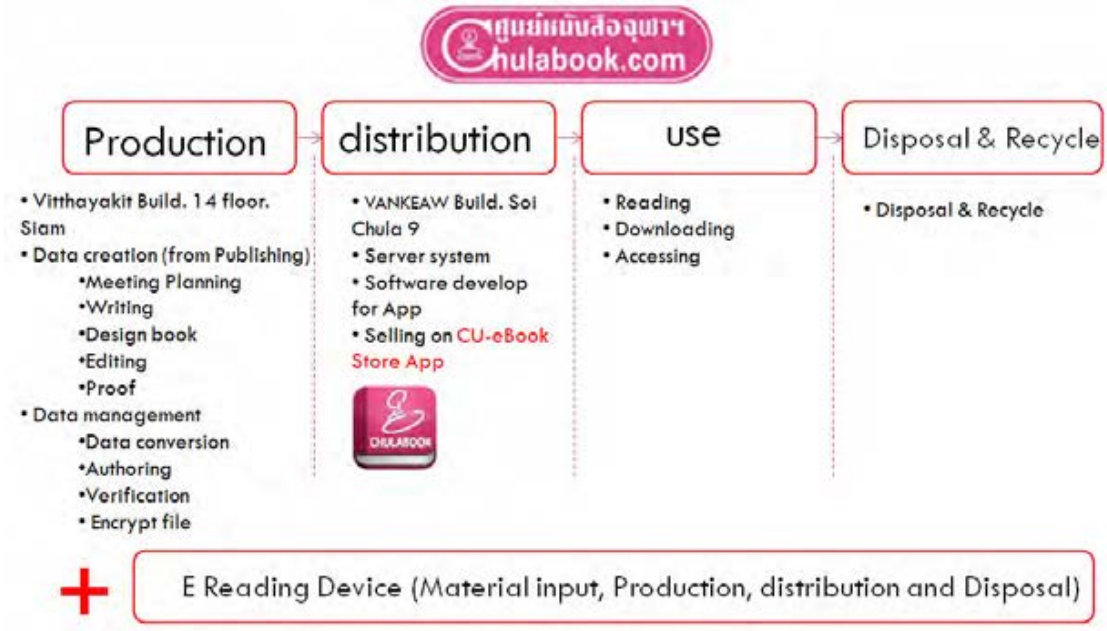
พบว่าขั้นตอนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบให้ผลกระทบมากที่สุดถึง 68.23 % ซึ่งส่วนใหญ่มาจากกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์ ผลกระทบ รองลงมาเป็น ขั้นตอนการผลิตคิดเป็น 1 4.99 % และการจัดการซากคิดเป็น 12.35% การออกแบบและการกระจายสินค้า 4.41% และ 0.02 % ตามลำดับ

ซึ่งผลการประเมินกระบวนการผลิตหนังสือจำนวนการผลิตที่ 1,050 เล่ม ในการผลิตหนังสือ "ความหน้าจะเป็นและสถิติสำหรับวิศวกรรมไฟฟ้า " มีปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกหรือค่าคาร์บอนฟุตพริ้น ตลอดวัฏจักรผลิตภัณฑ์รวม 1,993.82 kg-CO_2e คิดเป็น 1.898 kg-CO_2e ต่อ 1 เล่ม

4.5.2 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์และกระบวนการผลิตของหนังสือที่อิเล็กทรอนิกส์

ขอบเขตของการผลิตหนังสือหนังสืออิเล็กทรอนิกส์นั้นจะเริ่มจาก การสร้างสรรค์ไฟล์ข้อมูลภาพ และตัวอักษร เหมือนการเตรียมต้นฉบับในงานพิมพ์ แล้วเข้าสู่กระบวนการจัดการไฟล์ เพื่อเข้าสู่เซิฟเวอร์ ให้ผู้ใช้ได้ดาวน์โหลดไปอ่านบนอุปกรณ์ใช้อ่าน จนกระทั่ง การกำจัดของอุปกรณ์ที่ใช้อ่านนั้นด้วย การคำนวนหาค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของ หนังสืออิเล็คทรอนิกส์ จะรวมไปถึงการได้มาซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่านหนังสืออิเล็คทรอนิกส์ ด้วย ในส่วนหนังสืออิเล็กทรอนิกส์มีขนาด 3.25 MB เป็นไฟล์เป็น PDF file format จัดทำและจัดจำหน่ายโดยศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผ่านโปรแกรมประยุกต์ชื่อ CU-eBook Store App จะรวมไปถึงการได้มาซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ด้วย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการใช้งานของ iPad with retina display [15]

ซึ่ง การสร้างสรรค์ไฟล์ข้อมูลภาพ และตัวอักษร เหมือนการเตรียมต้นฉบับ สามารถที่จะนำข้อมูลของการออกแบบของหนังสือมาคำนวณหาค่าการปล่อย CO_2e ได้ดังนี้ ค่าการปล่อย CO_2e ของการออกแบบหนังสือมีค่าเท่ากับ 87.92 kg-CO_2 ทำการหารกับจำนวนการดาวน์โหลดเท่ากับจำนวนที่ใช้ในการผลิตหนังสือคือ 1,050 ดาวน์โหลด ได้ค่าการปล่อย CO_2e เท่ากับ 0.837 kg-CO_2 ต่อ 1 ดาวน์โหลด



รูปที่ 4.1 ขอบเขตของระบบ (System boundary) ของหนังสืออิเล็คทรอนิกส์

หลังจากกระบวนของการการสร้างสรรค์ไฟล์ข้อมูลภาพ และตัวอักษร การเตรียมต้นฉบับก็จะเป็นการเตรียมข้อมูลสำหรับแปลงไฟล์เป็นหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ โดยไฟล์ถูกส่งไปยังอาคารวิทยกิตติ์ เพื่อทำการแปลงไฟล์ ตรวจสอบ และใส่รหัสก่อนที่จะนำไปขึ้นไปจำหน่ายที่ CU-eBook Store App โดยมีการคำนวณค่าการปล่อย CO_2e ได้ดังนี้

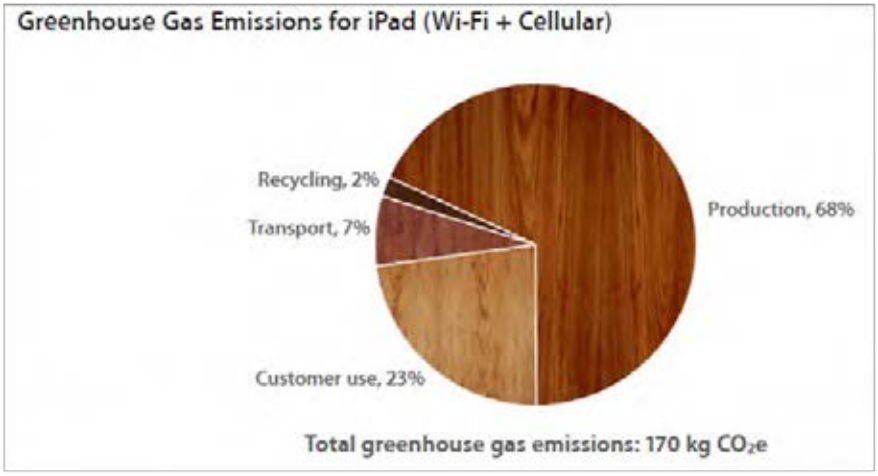
ตารางที่ 4.21 ผลการประเมินของการปล่อย CO_2e ในการแปลงไฟล์เป็นหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

Content	Calculation			CO2e emission
Data preparation (Lighting)	10 * 0.02kW * 0.2	*2hours	* 0.561 kg-CO2e/kW	0.04488
Data preparation (Air con.)	2 * 0.62kW	*2hours	* 0.561 kg-CO2e/kW	1.39128
Data preparation (Computer)	0.06kW	*2hours	* 0.561 kg-CO2e/kW	0.6732
			Total	2.109

ผลการประเมินค่าการปล่อย CO_2e ของการแปลงไฟล์เป็นหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ มีค่าเท่ากับ 2.109 kg-CO_2 ทำการหารกับจำนวนการดาวน์โหลดเท่ากับจำนวนที่ใช้ในการผลิตหนังสือคือ 1,050 ดาวน์โหลด ได้ค่าการปล่อย CO_2e เท่ากับ 0.002 kg-CO_2 ต่อ 1 ดาวน์โหลด

หนังสือหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่พร้อมจำหน่ายจะทำการเก็บไว้อยู่บนระบบเซิฟเวอร์เพื่อให้สามารถเก็บในระบบ สามารถดาวน์โหลดได้ตลอดเวลา ซึ่งทางศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยใช้เซิฟเวอร์ที่มีความจุ 450 GB โดยคำนวนได้จากการใช้กำลังไฟของเซิฟเวอร์ต่อปี ในที่นี้ใช้ฐานข้อมูลของทางประเทศญี่ปุ่น [2] หารด้วยระยะเวลาในการจัดเก็บในระบบเซิฟเวอร์ คิดระยะเวลาแค่ 6 เดือนในการขาย คูณด้วยจำนวนข้อมูลหนังสือที่อยู่บนเซิฟเวอร์ หารด้วยจำนวนดาวน์โหลด ซึ่ง ค่าการปล่อย CO_2e หนังสืออิเล็กทรอทรอนิกส์นี้เท่ากับ 0.0000114862 kg-CO_2 ต่อ 1 ดาวน์โหลด

ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของ อุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการใช้งานของ iPad with retina display ดังรูปที่ 4.2

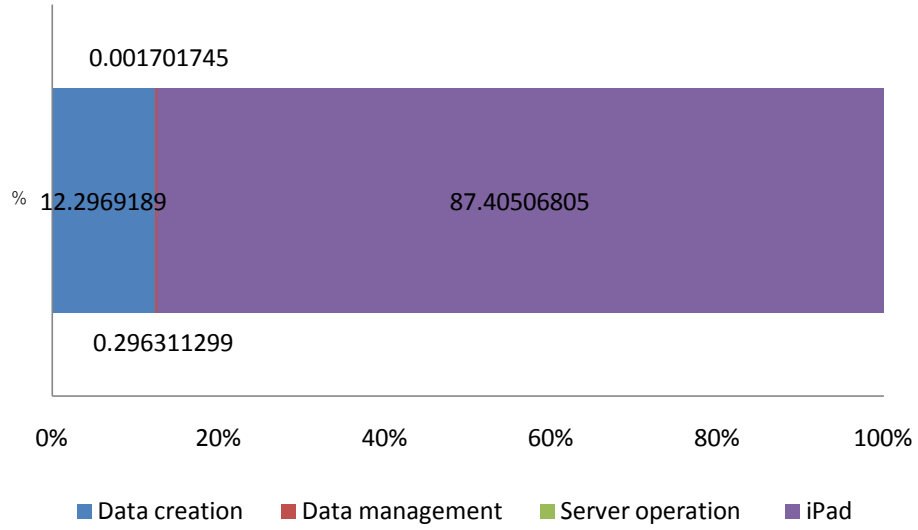


รูปที่ 4.2 สัดส่วนค่าการปล่อย CO_2e ของ iPad with retina display [15]

โดยค่าการปล่อย CO_2e ของ iPad นั้น จะมีค่าการปล่อย CO_2e ต่อผลิตภัณฑ์คิดที่ระยะ 3 ปี เท่านั้น และโดยเฉลี่ยพฤติกรรมของการใช้งาน ทางบริษัทแอปเปิ้ลได้เพียงเผยแพร่ว่า การใช้งาน iPad มีพื้นฐาน การใช้งานที่ 2 ชั่วโมงต่อวัน เราจึงสามารถคำนวณหาค่าการปล่อย CO_2e ของ การใช้อ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 1 เล่ม ได้จาก ค่าปล่อย CO_2e ของ iPad หารด้วยระยะเวลา 3 ปี หารด้วยชั่วโมงการใช้งานต่อปี แล้วคูณด้วยจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการอ่านหนังสือเล่มนั้นๆ ซึ่ง ค่าการปล่อย CO_2e ของการอ่านหนังสืออิเล็กทรอทรอนิกส์เล่มนี้ด้วย iPad เท่ากับ 0.589 kg-CO_2 การอ่านจบเล่มที่ 7.6 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.22 ผลการประเมินของการปล่อย CO_2e ของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

	Calculation				CO2e emission
Data creation	87.92 kg-CO2e			/ 1050 downloads (DLs)	0.084
Data management	2.109 kg-CO2e			/ 1050 downloads (DLs)	0.002
Server operation	3420 kg-CO2e/year	* 6/12 month	* (3,407,872/ 4.83184E+11)	/ 1050 downloads (DLs)	0.000
iPad	170 kg-CO2e for 3 years	/ 3 years	/ 730 h per year *	* 7.6 hours (to finish reading)	0.589
				Total :	0.675



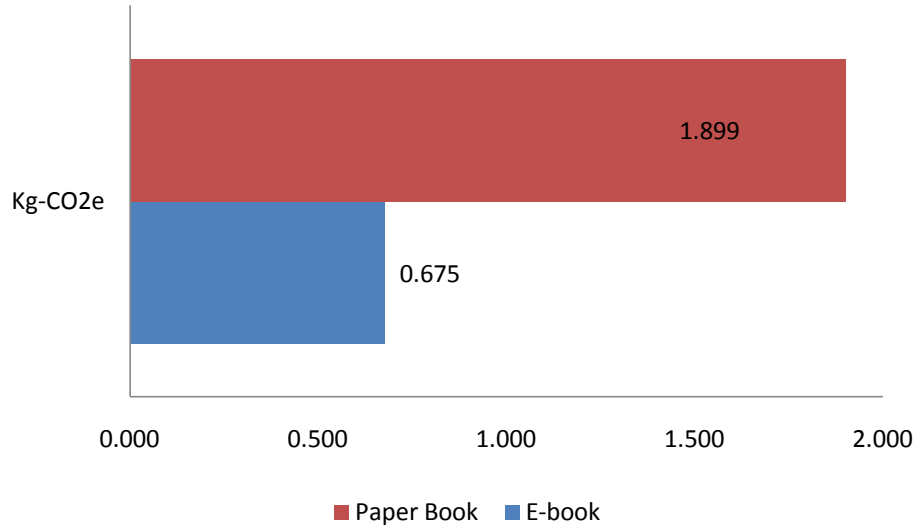
แผนภูมิที่ 4.7 สัดส่วนการปล่อย CO_2e ในขั้นตอนต่างๆของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

พบว่าค่าการปล่อย CO_2e ของ iPad นั้น ให้ผลกระทบมากที่สุดถึง 87.40% ผลกระทบรองลงมาเป็น ขั้นตอนกระบวนของการการสร้างสรรค์ไฟล์ข้อมูลภาพ และตัวอักษร การเตรียมต้นฉบับ คิดเป็น 12.29 % และการจัดการแปลงไฟล์ข้อมูล 0.29% และการจัดการเซิฟเวอร์ 0.00 1 % ตามลำดับ

ซึ่งผลการประเมินกระบวนการผลิตหนังสือจำนวนการผลิตที่ 1,050 ดาวน์โหลด ในการผลิตหนังสือ "ความหน้าจะเป็นและสถิติสำหรับวิศวกรรมไฟฟ้า " มีปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก หรือค่าคาร์บอนฟุตพริ้น ตลอดวัฏจักรผลิตภัณฑ์รวม 0.675 kg-CO_2e ต่อ 1 ดาวน์โหลด

4.6 ผลเปรียบเทียบ การคำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

ผล เปรียบเทียบ การคำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ดังตารางที่ 4.22



แผนภูมิที่ 4.8 ผลเปรียบเทียบการคำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษและหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

ผลการประเมินกระบวนการผลิตหนังสือ ที่พิมพ์ลงบนกระดาษ จำนวนการผลิตที่ 1,050 เล่ม ในการผลิตหนังสือ "ความหน้าจะเป็นและสถิติสำหรับวิศวกรรมไฟฟ้า " มีปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก หรือค่าคาร์บอนฟุตพริ้น ตลอดวัฏจักรผลิตภัณฑ์รวม 1,993.82 kg-CO_2e คิดเป็น 1.899 kg-CO_2e ต่อ 1 เล่ม ซึ่งผลการประเมินกระบวนการผลิตหนังสือ อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 1,050 ดาวน์โหลด มีปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก หรือค่าคาร์บอนฟุตพริ้น ตลอดวัฏจักรผลิตภัณฑ์รวม 0.675 kg-CO_2e ต่อ 1 ดาวน์โหลด ค่าความแตกต่างกัน 1.224 kg-CO2e หรือคิดเป็น 64.45% ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริโภคมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้า และกระตุ้นให้ผู้ผลิตสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นด้วย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

ปัญหาสภาวะแวดล้อม ณ ปัจจุบันถือว่าอยู่ในขั้นวิกฤต สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากพฤติกรรมของมนุษย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่นับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น จากการจัดทำแบบสอบถามเพื่อสำรวจในการตระหนักให้ความสำคัญของคนไทยต่อปัญหาสภาวะสิ่งแวดล้อม ผลการตระหนักให้ความสำคัญของสื่อสำนักข่าวในประเทศไทย เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันกับผลสำรวจของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าแตกต่างจากกัน โดยสื่อ ตระหนักให้ความสำคัญเรื่องการขาดแคลนทรัพยากร ธรรมชาติ มากกว่าสภาวะโลกร้อน แต่เรื่องสภาวะโลกร้อน เป็นปัจจัยสำคัญของคนในสาขาทางวิชาการ นักศึกษาที่คิด และห่วงใยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีมากกว่า

ดังนั้นการศึกษาถึง ปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก หรือค่าคาร์บอนฟุตพริ้น ของระบบการพิมพ์หนังสือในรูปแบบต่าง เป็นสิ่งสำคัญ จากผลการวิจัยการประเมินของวัฏจักรผลิตภัณฑ์ของหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ คำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพรินต์ของหนังสือ พบว่า หนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษปลดปล่อยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นมากกว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ปริมาณค่าคาร์บอนด์ฟุตพริ้นขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตหนังสือ เช่นเดียวกับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับอ่านเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมี ปัจจัยอื่นๆที่ต้องพิจารณาร่วม ด้วย จากงานวิจัยพบว่าพฤติกรรมการอ่านของคนไทย โดยเฉลี่ยความเร็วในการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์อยู่ที่ 312 คำต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วที่ช้ากว่าการอ่านหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษเล็กน้อย ห่างกันประมาณ 20คำ/นาที จากผลการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 95% พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างสื่อที่ใช้อ่านหนังสือกับประเภทของหนังสือ ไม่ได้เป็นอิสระต่อกัน นั้นหมายความว่ามีแนวโน้มที่แสดง ให้เห็นว่า คนที่ชื่น

ชอบการอ่านนิตยสาร โดยหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ ก็ยังชื่นชอบที่จะอ่านข่าวสารด้วยหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษด้วยเช่นกัน

ผลการประเมินการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการผลิตหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ กระบวนการผลิตหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ด้วยจำนวนเล่มและดาวน์โหลดที่เท่ากัน ในการผลิตหนังสือ "ความหน้าจะเป็นและสถิติสำหรับวิศวกรรมไฟฟ้า " มีปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกหรือค่าคาร์บอนฟุตพริ้น ตลอดวัฏจักรผลิตภัณฑ์รวม 1,993.82 kg-CO2e คิดเป็น 1.89 9 kg-CO2e ต่อ 1 เล่ม ต่างจากหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ มีปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ตลอดวัฏจักรผลิตภัณฑ์รวม 0.675 kg-CO2e ต่อ 1 ดาวน์โหลด มีความแตกต่างกันถึง 1.224 kg-CO2e พบว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์สามารถลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดซ์ออกไซด์ ได้ถึง 64.45% หรือประมาณ 3 เท่า ของการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดซ์ออกไซด์ของหลังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษ ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริโภคมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้า และกระตุ้นให้ผู้ผลิตสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นด้วย กรณีงานวิจัยนี้เป็นต้นแบบในการช่วยให้ สำนักพิมพ์สามารถพิจารณางานหนังสือได้อย่างถูกต้องว่าจะส่งให้โรงพิมพ์ เพื่อพิมพ์เป็นหนังสือพิมพ์บนกระดาษ หรือว่า จัดทำในรูปแบบของสิ่งพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือว่าจัดทำทั้งสองรูปแบบพร้อมกัน เพื่อลดต้นทุนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพราะคนไทยยังตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ผลต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบัน

จากงานวิจัยนี้พบว่าแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของหนังสือ ที่พิมพ์บนกระดาษและหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย มีความสามารถที่จะใช้ไปประยุกต์ใช้กับวงการสิ่งพิมพ์หนังสือที่พิมพ์บนกระดาษ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งโดยแนวทางของการประเมินก็เหมือนกันกับตามมาตราฐานสากลทั่วไปที่ใช้กันต่างประเทศ แต่การคำนวณหรือพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณอาจแตกต่างกันออกไป ซึ่งประโยชน์จากการทำการศึกษางานวิจัยนี้ ช่วยให้ทางผู้ผลิตหนังสือ ที่พิมพ์บนกระดาษ และ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เห็นถึงปัญหาของการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นต์ในกระบวนการผลิต ทำให้สามารถลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกด้วยการเลือกใช้วัตถุดิบในการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงการลดใช้พลังงานในการผลิตอีกด้วย ซึ่งในการปรับปรุงการผลิตก็ควรส่งทบต่อต้นทุนมูลค่าในการผลิตด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้พบว่าการคำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของหนังสือ ที่พิมพ์บนกระดาษและหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ พบว่ามีปัญหาด้านการคำนวณ ด้านของข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยแก๊สคาร์บอนด์ออกไซด์เทียบเท่าในบางพารามิเตอร์ยังไม่มีฐานของข้อมูลในประเทศไทย จึงจำเป็นต้องใช้แหล่งข้องมูลจากประเทศอื่นๆ และควรสอบทวนปริมาณการใช้วัตถุดิบต่างๆ และพลังงานที่ใช้อยู่ตลอดเวลาเพื่อความถูกต้อง อีกทั้งในการปันส่วนของพื้นที่การใช้พลังงานต้องระบุพื้นที่ใช้อย่างชัดเจน

ในงานวิจัยการคำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ยังเป็นการศึกษาการอ่านจากเพียงการทดสอบความเร็วในการอ่านเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริง พฤติกรรมการอ่านของมนุษย์ ยังมีระยะเวลาในการอ่าน ต่อวันไม่แน่นอน ความเร็วในการอ่าน ของคนแต่ล่ะคนก็ไม่เท่ากัน ควรที่จะทำการตั้งสมมุติฐาน จำลองเหตุการณ์และ สถานการณ์ต่างที่อ้างอิงจากการเกิดขึ้นในชีวิตจริงประจำวัน แล้วทำการคำนวณ เพราะอุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่าน ยังคงต้องใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดการปล่อยแก๊สคาร์บอนด์ออกไซด์ได้อย่างต่อเนื่อง ต่างจากหนังสือที่พิมพ์ลงบนกระดาษที่จะปล่อยแก๊สคาร์บอนด์ออกไซด์ครั้งเดียวจากที่เสร็จสิ้นกระบวนการผลิตเลย

ปัญหา ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั่วโลกกำลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน ส่งผลต่อปัจจัยในการคำนวณหาค่า คาร์บอนฟุตพริ้นต์ของ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เพราะผู้บริโภคเปลี่ยนโทรศัพท์มือถือ แท็ปเล็ต คอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ อุปกรณ์เครื่องเสียง และ พริ้นเตอร์บ่อยครั้งกว่าที่เคยเป็นมา โดยที่ โทรศัพท์มือถือ แท็ปเล็ต และคอมพิวเตอร์ก่อให้เกิดปัญหามากที่สุดเพราะมีการเปลี่ยนเครื่องใหม่ตามเทคโนโลยีตลอดเวลา และคาดการณ์กันว่าประเทศกำลังพัฒนาจะผลิตขยะอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้นอีก

รายการอ้างอิง

[1] คณะกรรมการการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์. **แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ด้านการบริการ** . พิมพ์ครั้งที่ 1,บริษัทวิสต้า อินเตอร์ปริ้น จำกัด ,2555 หน้า 1

[2] Hirokazu Shimizu, Katsuya Nagata, and Aran Hansuebsai. 2012. **Comparisons of Paper-book and E-book by the scale of carbon footprint.** Proceedings of The Asian Symposium on Printing Technology: 39-44

[3] **มารู้จักกับ E-Book.** [Online]. 2010. Available from: http://www.oknation.net/blog/freeday888/2009/08/25/entry-1 [2012, Sep 16]

[4] **การเติบโตก้าวกระโดดของ eBook/ Digital Format.** [Online]. 2011. Available from: http://www.positioningmag.com/magazine/details.aspx?id=95493 [2012, Aug 11]

[5] คณะกรรมการการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์. **แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์.** พิมพ์ครั้งที่ 1,บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน) 2552 หน้า 6-8

[6] **คาร์บอนฟุตพริ้นท์: เครื่องมือช่วยเพิ่มยอดขายและลดภาวะโลกร้อน.** [Online]. 2011. Available from: http://202.44.52.249/thaienergynews/EnergyFocusDetail.aspx?id=3 [2013, June 05]

[7] **Carbon Labeling: A Metric To Engage Consumers in Behaviour Change.** [Online]. 2011. Available from: http://www.sustainablebrands.com/news_and_views/new-metrics/carbon-labeling-metric-engage-consumers-behaviour-change [2013, June 05]

[8] Pradya Khiangprakhong. **Carbon footprint assessment of book production in Thailand**. Master's thesis. Program Imaging Technology Department Imaging Science and Printing Technology Faculty of Science Chulalongkorn University, 2554

[9] Hirokazu Shimizu, and Katsuya Nagata. 2010. **Comparison of Life-cycle CO2 emissions for Paper-Based Books and Electronic Books.** Journal of Printing Science and Technology 47 (2): 19-29

[10] Hirokazu Shimizu, Katsuya Nagata, and Aran Hansuebsai. 2011**. Integrated Life cycle Assessment (LCA) for Printing Service in an emerging country.** Proceedings of EcoDesign 2011 International Symposium: 283-288

[11] Hirokazu Shimizu, and Katsuya Nagata. 2010. **Integrated Life cycle Assessment (LCA) Approach for Printing Service by Using Environmental Load Point (ELP) Method.** Journal of Printing Science and Technology 47 (3): 39-47

[12] Hirokazu Shimizu. 2009. **Establishment of quantitative assessment for Printing Service.** Journal of Printing Science and Technology 46 (6): 26-35

[13] Hirokazu Shimizu. 2009 . **Establishment of quantitative assessment for printing service**. J. Printing Science and Technology 46(6) (2009),pp.278-287

[14] Tongta Yuwanakorn. **Difference in Visual Stress in Reading From Tablet and Paper.** Master's thesis. Program Imaging Technology Department Imaging Science and Printing Technology Faculty of Science Chulalongkorn University, 255 5

[15] **iPad Environmental Report.** [Online]. 2012. Available from: http://images.apple.com /th/environment/reports/docs/iPad_Retina_PER_oct2012.pdf [2013, June 05]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสอบถาม

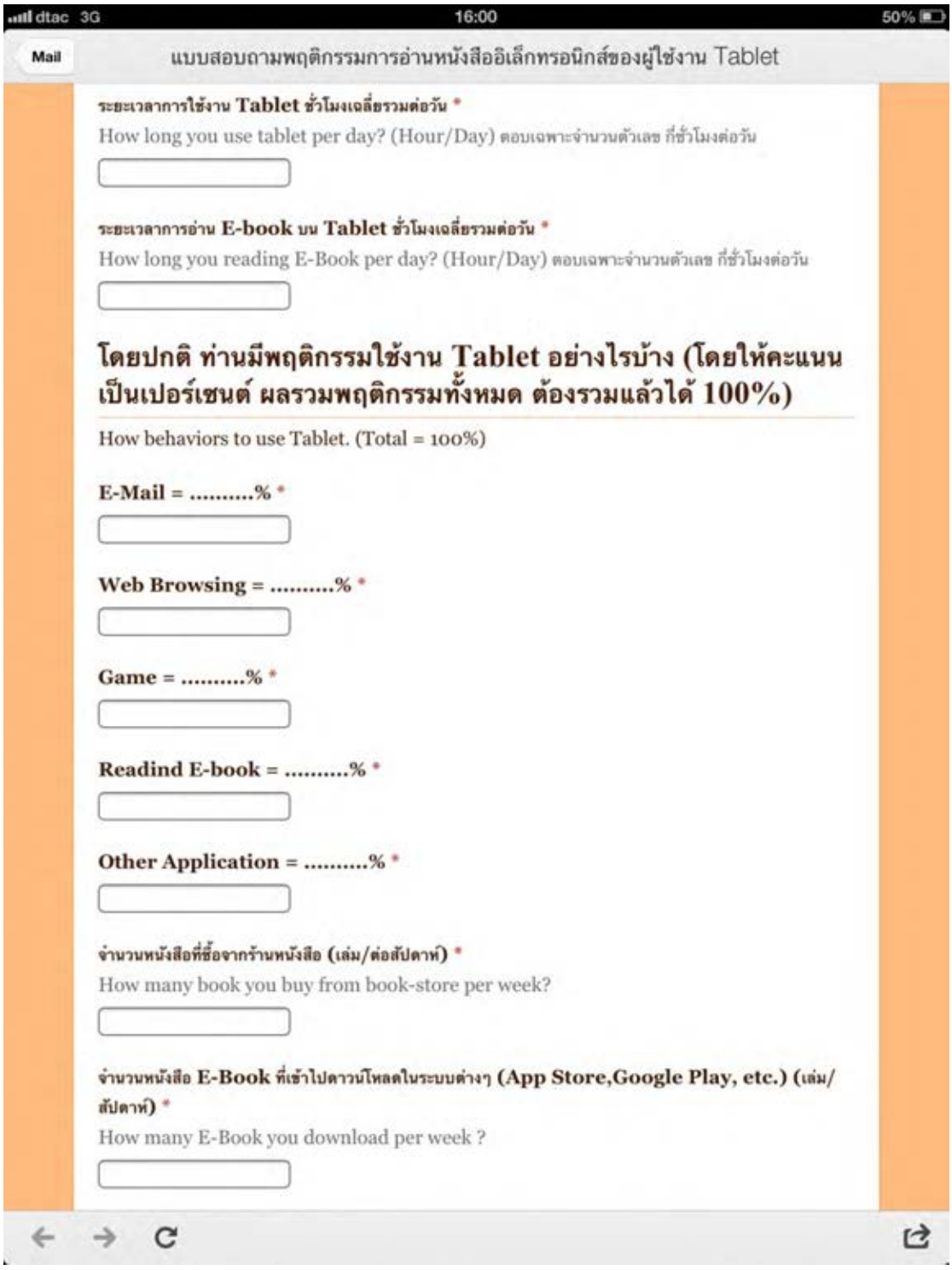
แบบสอบถามวิเคราะห์ความสำคัญของปัญหาสิ่งแวดล้อม

ชื่อ.....**เพศ** ☐ ชาย ☐ หญิง **อายุ**..... **อาชีพ**

ขอความกรุณาให้ท่านกรอกคะแนนเพื่อเปรียบเทียบปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นคู่ๆตามช่องว่างสีขาวของตาราง โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามตารางทางด้านขวามือ

		B									การให้คะแนน	
		1. ปัญหาการสูญเสียพลังงาน	2. ปัญหาโลกร้อน	3. ปัญหาการลดลงของโอโซน	4. ปัญหาการเกิดฝนกรด	5. ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากร	6. ปัญหามลพิษทางอากาศ	7. ปัญหามลพิษทางน้ำ	8. ปัญหาการกำจัดของขยะของเสีย	9. ปัญหาผลกระทบต่อระบบนิเวศ	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
A	1. ปัญหาการสูญเสียพลังงาน	-									4	A สำคัญกว่า B มากที่สุด
	2. ปัญหาโลกร้อน	-	-								3	A สำคัญกว่า B มาก
	3. ปัญหาการลดลงของโอโซน	-	-	-							2	A สำคัญกว่า B
	4. ปัญหาการเกิดฝนกรด	-	-	-	-						1	A สำคัญกว่า B เล็กน้อย
	5. ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากร	-	-	-	-	-					0	A และ B มีความสำคัญเท่ากัน
	6. ปัญหามลพิษทางอากาศ	-	-	-	-	-	-				-1	B สำคัญกว่า A เล็กน้อย
	7. ปัญหามลพิษทางน้ำ	-	-	-	-	-	-	-			-2	B สำคัญกว่า A
	8. ปัญหาการกำจัดของขยะของเสีย	-	-	-	-	-	-	-	-		-3	B สำคัญกว่า A มาก
	9. ปัญหาผลกระทบต่อระบบนิเวศ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-4	B สำคัญกว่า A มากที่สุด

dtac 3G
16:00
50%
Mail
แบบสอบถามพฤติกรรมการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของผู้ใช้งาน Tablet
แบบสอบถาม
พฤติกรรมการอ่าน
หนังสืออิเล็กทรอนิกส์
ของผู้ใช้งาน Tablet
เพื่อศึกษาพฤติกรรมการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของผู้ใช้งาน Tablet และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าการปลดปล่อบคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่าน ที่เสียสละเวลามาทำแบบสอบถามในครั้งนี้ครับ
* Required
ชื่อ-นามสกุล *
Name-Surname
เพศ *
Gender
Male
Female
อาชีพ *
career
Worker
Student
Other:
อุปกรณ์ที่ใช้อ่าน E-book *
Device Reader
iPad
Smart Phone
Other:
ระยะเวลาการใช้งาน Tablet ชั่วโมงเฉลี่ยรวมต่อวัน *



dtac 3G 16:00 50%

Mail

แบบสอบถามพฤติกรรมการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของผู้ใช้งาน Tablet

ระยะเวลาการใช้งาน **Tablet** ชั่วโมงเฉลี่ยรวมต่อวัน *

How long you use tablet per day? (Hour/Day) ตอบเฉพาะจำนวนตัวเลข กี่ชั่วโมงต่อวัน

ระยะเวลาการอ่าน **E-book** บน **Tablet** ชั่วโมงเฉลี่ยรวมต่อวัน *

How long you reading E-Book per day? (Hour/Day) ตอบเฉพาะจำนวนตัวเลข กี่ชั่วโมงต่อวัน

โดยปกติ ท่านมีพฤติกรรมใช้งาน Tablet อย่างไรบ้าง (โดยให้คะแนนเป็นเปอร์เซนต์ ผลรวมพฤติกรรมทั้งหมด ต้องรวมแล้วได้ 100%)

How behaviors to use Tablet. (Total = 100%)

E-Mail = ...% *

Web Browsing = ...% *

Game = ...% *

Readind E-book = ...% *

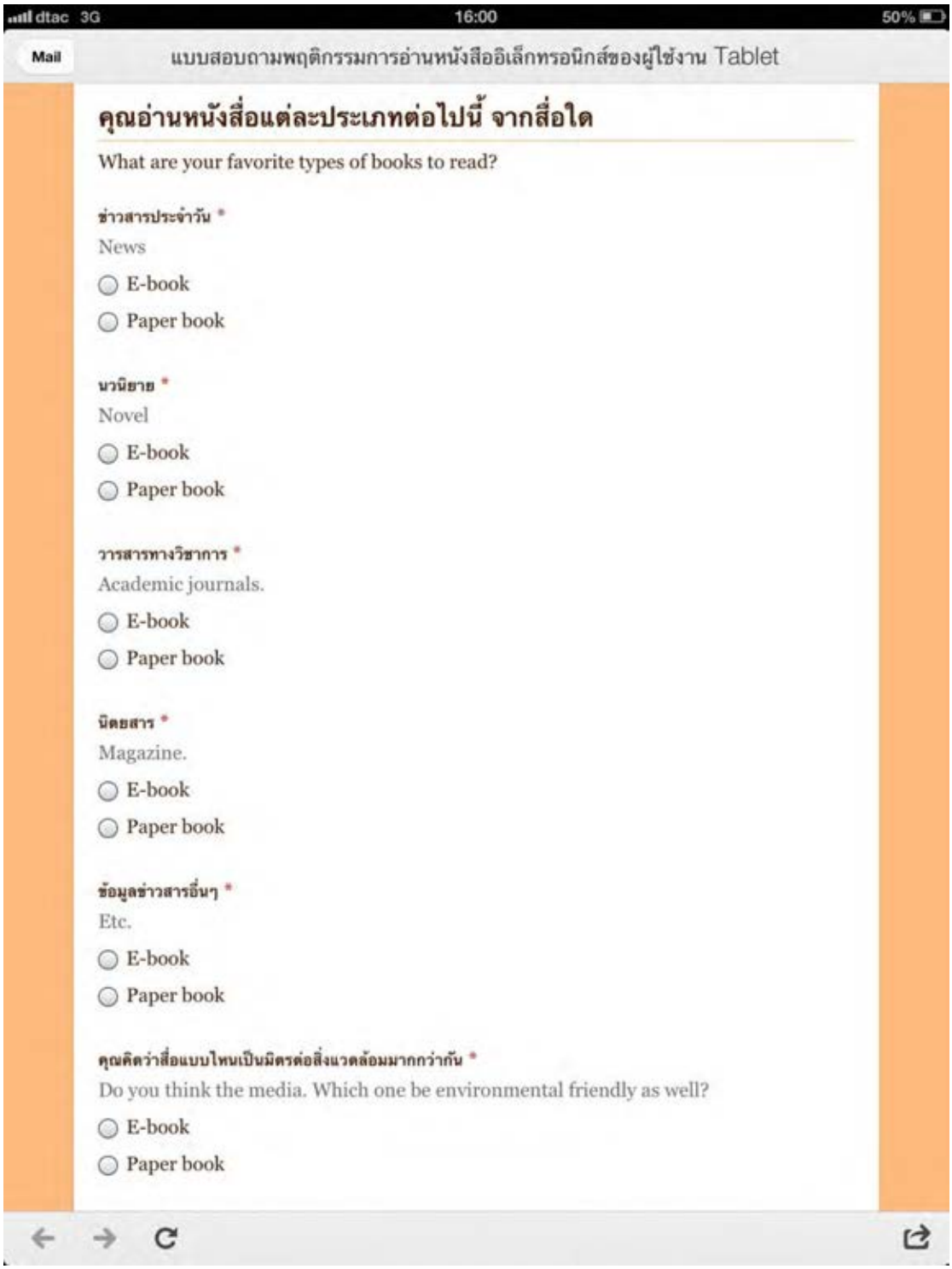
Other Application = ...% *

จำนวนหนังสือที่ซื้อจากร้านหนังสือ (เล่ม/ต่อสัปดาห์) *

How many book you buy from book-store per week?

จำนวนหนังสือ **E-Book** ที่เข้าไปดาวน์โหลดในระบบต่างๆ **(App Store,Google Play, etc.)** (เล่ม/สัปดาห์) *

How many E-Book you download per week ?


dtac 3G
16:00
50%
Mail
แบบสอบถามพฤติกรรมการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของผู้ใช้งาน Tablet
คุณอ่านหนังสื่อแต่ละประเภทต่อไปนี้ จากสื่อใด
What are your favorite types of books to read?
ข่าวสารประจำวัน *
News
E-book
Paper book
นวนิยาย *
Novel
E-book
Paper book
วารสารทางวิชาการ *
Academic journals.
E-book
Paper book
นิตยสาร *
Magazine.
E-book
Paper book
ข้อมูลข่าวสารอื่นๆ *
Etc.
E-book
Paper book
คุณคิดว่าสื่อแบบไหนเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่ากัน *
Do you think the media. Which one be environmental friendly as well?
E-book
Paper book

ภาคผนวก ข

เอกสารที่ใช้ทดสอบความเร็วในการอ่าน

เรื่อง สภาวะโลกร้อน (Global Warming) สัญญาณเตือนภัยจากธรรมชาติก่อนโลกถึงกาลอวสาน

นับวันความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศและภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นบนโลกเป็นเรื่องที่น่าเป็นห่วงเป็นอย่างยิ่ง สภาพสภาวะโลกร้อนที่กำลังเกิดขึ้น ถึงแม้ว่าเราจะหยุดผลิตก๊าซที่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกโดยสิ้นเชิงตั้งแต่บัดนี้ เพราะโลกเปรียบเสมือนเครื่องจักรขนาดใหญ่ที่มีกลไกเล็กๆจำนวนมากทำงานประสานกัน การตอบสนองที่มีการกระตุ้นต่างๆจะต้องใช้เวลานานกว่าจะกลับเข้าสู่สภาวะสมดุลและแน่นอนว่า สภาวะสมดุลอันใหม่ที่จะเกิดขึ้นย่อมแตกต่างจากสภาวะปัจจุบันมาก แต่เราก็ยังสามารถบรรเทาผลอันร้ายแรงที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อให้ความรุนแรงลดลงอยู่ในระดับที่พอจะรับมือได้และอาจจะชะลอปรากฏการณ์โลกร้อนให้ช้าลง กินเวลานานขึ้น สิ่งที่เราพอจะทำได้ในตอนนี้ ก็คือ พยายามลดการผลิตก๊าซเรือนกระจกลง และเนื่องจากเราทราบกันดีว่าปัญหาดังกล่าวมาจากการใช้กระบวนการใช้พลังงานที่ฟุ่มเฟือย การประหยัดพลังงานจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดอัตราการเกิดสภาวะโลกร้อนไปในตัว

จากภัยพิบัติและความเปลี่ยนแปลงแปรปรวนต่างๆ ทำให้มนุษย์ต้องตื่นตัวและทำการศึกษาค้นคว้าหาปัจจัยสาเหตุของเหตุการณ์อย่างเร่งด่วน ซึ่งปรากฏการณ์ต่างๆทั้งหลายเหล่านั้นเกิดจากภาวะโลกร้อนขึ้นที่มีมูลเหตุมาจากการปล่อยก๊าซพิษต่างๆจากโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้แสงอาทิตย์ส่องทะลุผ่านชั้นบรรยากาศมาสู่พื้นโลกได้มากขึ้น ซึ่งนั่นเป็นที่รู้จักกันโดยเรียกว่า “สภาวะเรือนกระจก” จากข้อมูลที่ศึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญและวิเคราะห์หลักฐานที่ปรากฏ พอจะสรุปได้ว่า สภาวะเรือนกระจก คือ ภาวะที่ชั้นบรรยากาศของโลกกระทำตัวเสมือนกระจก โดยยอมให้รังสีคลื่นสั้นผ่านมายังผิวโลกได้ แต่กลับดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดที่แผ่ออกจากพื้นผิวโลกเอาไว้ จากนั้นจึงคลายพลังงานความร้อนให้กระจายอยู่ภายในชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลก โดยปกติบรรยากาศจะทำหน้าที่เสมือนกระจกที่ปกคลุมผิวโลกให้มีภาวะสมดุลทางอุณหภูมิและเหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตบนผิวโลก แต่ในปัจจุบันมีก๊าซบางชนิดสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศมากเกินสมดุล ก๊าซเหล่านี้สามารถดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดและคายพลังงานความร้อนได้ดี พื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศและสิ่งมีชีวิตบนโลกอย่างมาก ในภาวะปกติ ชั้นบรรยากาศของโลกจะประกอบด้วย โอโซน ไอน้ำ และก๊าซชนิดต่างๆ ซึ่งทำหน้าที่กรองรังสีคลื่นสั้นบางชนิดให้ผ่านมากระทบพื้นผิวโลกในปริมาณที่พอเหมาะ รังสีคลื่นสั้นที่กระทบพื้นผิวโลกนี้จะสะท้อนกลับออกนอกชั้นบรรยากาศและ

มีบางส่วนที่เหลืออยู่ที่พื้นผิวโลก หลัง จากนั้นก็จะคายพลังงานออกมาในรูปรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดแผ่กระจายขึ้น สู่ชั้นบรรยากาศและแผ่กระจายออกนอกชั้นบรรยากาศไปส่วนหนึ่ง ทำให้โลกสามารถรักษาสภาพสมดุลทางอุณหภูมิไว้ได้ และส่งผลให้วัฏจักรของน้ำ อากาศ และฤดูกาลต่างๆดำเนินไปอย่างสมดุล โลก จึงเปรียบเสมือนเรือนปลูกพืชขนาดใหญ่ที่มีไอน้ำและก๊าซต่างๆในชั้นบรรยากาศ เป็นเสมือนกรอบกระจกที่คอยควบคุมอุณหภูมิและวัฏจักรต่างๆให้เป็นไปอย่าง สมดุล

แต่ในปัจจุบัน ชั้นบรรยากาศของโลกมีปริมาณก๊าซบางชนิดมากเกินสมดุลของธรรมชาติ อันเป็นผลมาจากฝีมือมนุษย์ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ เป็นต้น ก๊าซเหล่านี้มีลักษณะพิเศษในการดูดกลืนและคายรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดได้ดีมาก ดังนั้น เมื่อพื้นผิวโลกคายรังสีอินฟราเรดขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ก๊าซเหล่านี้จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดเอาไว้ ต่อจากนั้นก็จะคลายความร้อนสะสมอยู่บริเวณพื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น พื้นผิวโลกจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซที่ทำให้เกิดภาวะนี้ เรียกว่าก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) นอกจากก๊าซเรือนกระจกจะทำให้อุณหภูมิของพื้นผิวโลกร้อนขึ้นแล้ว ยังส่งผลกระทบทางอ้อม กล่าวคือ จะทำปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซอื่นๆจนเกิดก๊าซเรือนกระจกชนิดใหม่ขึ้นมา หรือก๊าซเรือนกระจกบางชนิดอาจรวมตัวกับโอโซน ทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดน้อยลง ส่งผลให้รังสีคลื่นสั้นที่ส่องผ่านชั้นโอโซนลงมายังพื้นผิวโลกได้มากยิ่งขึ้น รวมทั้งปล่อยรังสีที่ทำอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตส่องผ่านลงมาทำอันตรายกับสิ่งมีชีวิตบนโลก ก๊าซเรือนกระจกนั้นมีหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีแหล่งกำเนิดและที่มาที่แตกต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศมีทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและฝีมือมนุษย์ กิจกรรมของมนุษย์หลายประการทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โดย เฉพาะอย่างยิ่งการตัดไม้ทำลายป่าที่มีมากในทวีปเอเชีย ซึ่งนับเป็นตัวการสำคัญที่สุดที่ปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ทั้งนี้ เนื่องจากต้นไม้และป่าไม้มีคุณสมบัติที่ดี คือ สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ก่อนที่จะลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ดังนั้น เมื่อพื้นที่ป่าลดน้อยลง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงขึ้นไปสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศได้มากขึ้น

2) ก๊าซมีเทน แหล่งกำเนิดของก๊าซมีเทนมีทั้งในธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น จากแหล่งนาข้าว จากการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ โดยเฉพาะการเผาไหม้ที่เกิดจากธรรมชาติ นอกจากนี้ การเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆยังสามารถทำให้เกิดก๊าซมีเทนในบรรยากาศสูงถึงร้อยละ 20 ของก๊าซมีเทนในชั้นบรรยากาศทั้งหมด

พื้นที่การเกษตรประเภทนาข้าวของประเทศต่างๆในทวีปเอเชียและโอเชียเนียมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสู่ชั้นบรรยากาศในปริมาณมาก และมีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละบริเวณขึ้นกับชนิดและคุณภาพของดินในแต่ละพื้นที่ แม้ว่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศจะมีมากกว่ากรณีของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ก๊าซมีเทนมีอายุสะสมเฉลี่ยประมาณ 11 ปี นับว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับคาร์บอนไดออกไซด์ จึงเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบโดยตรง ผลกระทบที่เกิดจากก๊าซมีเทนมีน้อยกว่าที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ อุตสาหกรรมที่ใช้กรดไนตริกในกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมผลิตเส้นใยไนลอน อุตสาหกรรมเคมีหรืออุตสาหกรรมพลาสติกบางชนิด นับเป็นอุตสาหกรรมที่ทำให้เกิดก๊าซไนตรัสออกไซด์ แม้ว่าก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่เกิดจากธรรมชาติจะมีอยู่มากในภาวะปกติก็ตาม แต่อัตราการเพิ่มปริมาณดังกล่าว จัดอยู่ในสภาวะที่สมดุลในธรรมชาติ ส่วนก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์นั้น มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเพิ่มพลังงานความร้อนสะสมบนพื้นผิวโลกประมาณ 0.14 วัตต์ต่อตารางเมตร นับตั้งแต่เริ่มมีอุตสาหกรรมเกิดขึ้นจนถึงปัจจุบัน

4) ก๊าซที่มีสารประกอบคลอโรฟลูออโรคาร์บอน ก๊าซที่มีสารประกอบพวกคลอโรฟลูออโรคาร์บอนกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรมและอุปกรณ์เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันต่างๆ แม้ว่าก๊าซประเภทนี้จะมีปริมาณลดลงร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับสิบกว่าปีก่อนหน้านี้ ตามมาตรการควบคุมโดย สนธิสัญญามอนทรีออล (Montreal Protocol) แต่ปริมาณก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอนนี้ยังมีสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ยังคงเป็นต้นเหตุหลักที่ทำให้เกิดพลังงานความร้อนสะสมบนพื้นผิวโลกประมาณ 0.28 วัตต์ต่อตารางเมตร นอกจากนี้ก๊าซชนิดนี้ยังทำให้เกิดอันตรายต่อบรรยากาศและสิ่งมีชีวิตบนพื้นผิวโลก โดยสามารถรวมตัวทางเคมีได้ดีกับโอโซน จึงทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดน้อยลงหรือเกิดรูรั่วในชั้นโอโซน อันเป็นสาเหตุให้รังสีคลื่น

สั้นซึ่งเป็นอันตรายส่องผ่านมายังพื้นโลกได้มากขึ้น และยังทำให้รังสีคลื่นสั้นผ่านมาตกกระทบผิวโลกในสัดส่วนที่มากเกินภาวะสมดุล

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นเป็นทั้งพระเอกและผู้ร้ายให้ทั้งคุณประโยชน์และโทษมหันต์ โลกที่เราอยู่ทุกวันนี้มีชั้นบรรยากาศห่อหุ้ม โดยมีส่วนประกอบของก๊าซไนโตรเจน (78%) ออกซิเจน (20.9%) และก๊าซอาร์กอน (0.93%) ตามสัดส่วนของปริมาตรของอากาศตามธรรมชาติ ก๊าซทั้งสามชนิดมีปฏิกิริยากับพลังงานแสงอาทิตย์และความร้อนที่เกิดจากโลกน้อยมาก แต่มีก๊าซอยู่ประเภทหนึ่ง ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ และก๊าซโอโซน มีคุณสมบัติในการกักเก็บและส่งผ่านรังสีความร้อนที่เกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์และความร้อนที่เกิดขึ้นจากโลกออกสู่อวกาศ โดยก๊าซกลุ่มนี้ถูกเรียกว่า ก๊าซเรือนกระจกหรือ Greenhouse gas (GHG) เนื่องจากมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับการที่กระจกกักเก็บความร้อนจากแสงแดดไว้ภายในอากาศ ก๊าซเรือนกระจกมีสัดส่วนน้อยกว่า 0.1% ของปริมาตรของอากาศตามธรรมชาติ ชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกอยู่นี้จะทำหน้าที่กักเก็บความร้อนส่วนหนึ่งไว้ไม่ให้ผ่านออกสู่อวกาศ ทำให้โลกมีอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สิ่งมีชีวิตจะอาศัยอยู่ได้

ในทศวรรษ 1890 มีนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดนชื่อว่า Svante Arrhenius ได้ศึกษาผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยของผิว โลกในกรณีที่ลดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศลงครึ่งหนึ่ง หลังจากคำนวณอย่างละเอียดเป็นเวลาหลายปี เขา ก็ได้ข้อสรุปว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศที่ลดลงครึ่งหนึ่ง จะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโลกครึ่งหนึ่งจะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวลด ลงถึง 5 C แต่นาย Svante มีวิสัยทัศน์มากกว่านั้น เขาพิจารณาว่าโลกได้เข้าสู่ช่วงเริ่มต้นของยุคอุตสาหกรรมแล้ว ในอนาคตปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศจะต้องเพิ่มขึ้นไม่ใช่ลดลง เนื่องจากการเผาไหม้ของถ่านหินและเชื้อเพลิงต่างๆและจะต้องมีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกเพิ่มสูงขึ้น โดยเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect) นั่นเอง จากการคำนวณของเขาพบว่าถ้าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้น บรรยากาศในขณะนั้นเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าจะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกเพิ่ม สูงขึ้น 6 C โดยอ้างอิงจากอัตราการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ในยุคที่ยังไม่พบแหล่งน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ ปรากฏการณ์ที่คาดคะเนนี้ต้องใช้เวลาถึง 2,000 ปี

ในช่วงก่อนยุคอุตสาหกรรมระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศวัดได้ประมาณ 280 ppmv ซึ่งเป็นระดับที่มีเสถียรภาพ อยู่เป็นเวลานานหลายพันปี แต่เมื่อสิ้น ค.ศ.2004 ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศได้เพิ่มขึ้นเป็น 375 ppmv หรือเพิ่มขึ้นถึงหนึ่งในสามของค่าก่อนยุคอุตสาหกรรมและถ้าอัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ ซึ่งทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังเป็นไปตามการใช้งานในปัจจุบันต่อจากนี้ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ตามที่นาย Svante คาดการณ์ไว้จะเกิดขึ้นภายในเวลา 200 ปีเท่านั้น เร็วกว่าเดิมถึง 10 เท่า และถ้ารวมปัจจัยจากการเร่งพัฒนาความเจริญของประเทศต่างๆ โดยวัดจากอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจหรือจีดีพีแล้วรวมถึงการเพิ่มขึ้นของประชากรเข้าไปด้วย ก็จะทำให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโลกเพิ่มขึ้นถึงสามเท่าของค่าก่อนยุคอุตสาหกรรมภายใน ค.ศ. 2100 หรือ ประมาณ 100 ปีนับจากนี้ และถ้าปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นจริง อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกจะสูงขึ้นเป็นทวีคูณ

เมื่อโลกร้อนขึ้นก็จะทำให้หลายส่วนของโลกเกิดภาวะแห้งแล้ง เกิดไฟป่าขึ้น รวมถึงมนุษย์บุกรุกทำลายป่าเพื่อแสวงหาที่ทำกินเพิ่มขึ้นทดแทนพื้นที่แห้งแล้งหรือขาดความอุดมสมบูรณ์ ทำ ให้ป่าไม้ที่เคยเป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเพิ่มออกซิเจนให้กับ โลกหรือเป็นปอดของโลกอย่างรวดเร็วไฟป่าที่เพิ่มขึ้นก็จะเผาผลาญป่าไม้ทำให้ เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นในชั้นบรรยากาศของโลก เป็นวงจรที่ไม่สิ้นสุดและยังทำให้พื้นดินบริเวณดังกล่าวแห้งแล้ง และอาจเปลี่ยนเป็นทะเลทรายได้อีกด้วย

เมื่อโลกร้อนขึ้นจะทำให้น้ำแข็งละลายในปริมาณที่มากขึ้นเรื่อยๆและมีน้ำแข็งเหลืออยู่ในฤดูหนาวน้อยลง ก็จะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูหนาวสูงขึ้น เกิดเป็นน้ำแข็งใหม่น้อยลง ทำให้เป็นไปได้ว่าในฤดูร้อนของปี ค.ศ.2030 บริเวณขั้วโลกเหนือจะไม่มีน้ำแข็งเหลืออยู่เลย ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดน้ำแข็งในฤดูหนาวอย่างแน่นอน

ปกติแล้วน้ำแข็งบนพื้นดินและในมหาสมุทรจะสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์กลับสู่อวกาศได้ถึง 90% แต่เมื่อโลกร้อนขึ้น น้ำแข็งก็จะละลายมากขึ้น และน้ำแข็งที่เหลืออยู่ก็จะสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์ได้น้อยลง เมื่อเป็นเช่นนี้อุณหภูมิของโลกก็จะสูงขึ้นไปอีก เกิดเป็นวัฏจักรที่น้ำแข็งละลายเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

เมื่อน้ำแข็งในบริเวณมหาสมุทรอาร์กติกและเกาะกรีนแลนด์ละลายมากขึ้นเนื่องจากภาวะโลกร้อน ทำให้ความเค็มของน้ำทะเลลดลง ความเข้มข้นของน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลง น้ำทะเลเบาขึ้นและลอยนิ่งอยู่ที่ผิวน้ำ ทำให้วัฏจักรของกระแสน้ำอุ่นแอตแลนติกให้ความอบอุ่นกับซีกโลกเหนืออาจจะหยุดไหลได้ และถ้าเหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นจริง ซีกโลกเหนือก็จะกลับสู่ยุคน้ำแข็งอีกครั้ง

เมื่อโลกร้อนขึ้น อัตราการระเหยของน้ำบนดินและในมหาสมุทรเพิ่มขึ้น ไอน้ำในชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งไอน้ำนี้เองก็มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับก๊าซเรือนกระจก ก็ยิ่งทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเพิ่มขึ้นอีก ทั้งหมดนี้มีผลต่อความกดอากาศของโลก ทำให้ในบางพื้นที่ที่แห้งแล้งก็เกิดฝนตก บางพื้นที่ที่เคยฝนตกก็เกิดภาวะแห้งแล้ง แม่น้ำลำน้ำแห้งผาก เปลี่ยนทิศทาง เกิดฤดูกาลที่ผิดปกติไปทั่วโลก

จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันจากเหตุผลดังกล่าว “สภาวะโลกร้อน” จึงเป็นสัญญาณเตือนภัยจากธรรมชาติก่อนโลกจะถึงกาลอวสาน เพราะนับวันความแปรปรวนจากภูมิอากาศและภัยพิบัติจะรุนแรงมากขึ้นทุกขณะในทั่วภูมิภาคของโลก ภาวะแห้งแล้งยาวนานในแถบแอฟริกาเหนือ การเกิดคลื่นความร้อนในทวีปยุโรป ฝนตกหนัก น้ำท่วมหนัก พายุเฮอริเคนในอเมริกา สภาวะอากาศเลวร้ายในประเทศจีน ฤดูกาลผิดปกติในหลายส่วนของโลก โดยเฉพาะปัญหาการเกิดพายุเฮอริเคนที่ทำลายเมืองนิวออร์ลีนของประเทศสหรัฐอเมริกาอย่างย่อยยับไปทั้งเมืองนั้น เป็นเรื่องที่ตลอดเวลาที่ผ่านมาไม่เคยเกิดขึ้น แม้กระทั่งประเทศไทยของเราที่โดนน้ำท่วมรุนแรงที่สุดในรอบหลายปี นี่จึงเป็นสิ่งที่พวกเราเหล่ามนุษย์โลกทั้งหลายต้องพึงระวังและเตรียมตัวไว้ให้พร้อม เพราะนี่คือสัญญาณเตือนภัยจากธรรมชาติได้ส่งมาถึงมนุษยชาติแล้วก่อนโลกจะถึงกาลอวสาน

ที่มา http://amnat19.multiply.com/journal/item/1 2544

บทความรู้ : คาร์บอนเครดิต ธุรกิจลดโลกร้อน

ปัจจุบัน ความกังวลในปัญหาภัยธรรมชาติได้เพิ่มระดับสูงขึ้นมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อโลกเผชิญกับภัยพิบัติของธรรมชาติต่อเนื่องกันในช่วงเกือบหนึ่งเดือนที่ผ่านมา เช่น พายุไซโคลนนาร์กิสถล่มประเทศพม่า และแผ่นดินไหวที่จีน ซึ่งทั้ง 2 เหตุการณ์มีผู้เสียชีวิตรวมกันมากกว่าหนึ่งแสนคน จำเลยหลักรายหนึ่งของ ภัยพิบัติธรรมชาติครั้งนี้ คือ “ปรากฏการณ์โลกร้อน ” (Global Warming) นอกจากนี้ ในช่วง 2-3 เดือน ก่อนหน้านั้น ก็เกิดภาวะข้าวยากหมากแพงไปทั่วทั้งโลก โดยจำเลยหลักที่ถูกกล่าวโทษคือ “ปรากฏการณ์ โลกร้อน ” ในฐานะที่เป็นเหตุให้ลมฟ้าอากาศแปรปรวนและก่อให้เกิดภาวะน้ำท่วม ภัยแล้ง พายุรูปแบบต่างๆ และส่งผลต่อเนื่องมาให้ผลผลิตข้าวและผลผลิตพืชผลการเกษตรอื่นๆแปรปรวนไปด้วย

ปรากฏการณ์โลกร้อนคืออะไร ในที่นี้ ผมอธิบายง่ายๆ โดยสรุปจาก wikipedia ภาคภาษาไทยว่า คือ ปรากฏการณ์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศใกล้พื้นผิวโลกและน้ำในมหาสมุทรในช่วง 100 ปีที่ผ่านมา ทั้งนี้ คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ของสหประชาชาติได้สรุปไว้ว่า “จากการสังเกตการณ์การเพิ่มอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกที่เกิดขึ้นตั้งแต่กลางคริสต์ศตวรรษที่ 20 (ประมาณตั้งแต่ พ.ศ. 2490) ค่อนข้างแน่ชัดว่าเกิดจากการเพิ่มความเข้มของแก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยกิจกรรมของมนุษย์ที่เป็นผลในรูปของปรากฏการณ์เรือนกระจก ” ดังนั้น จำเลยที่แท้จริงคือกิจกรรมของมนุษย์นี่เอง โดยเฉพาะกิจกรรมการผลิตภาคอุตสาหกรรม

อันที่จริง ชุมชนโลกเริ่มตื่นตัวจากภาวะโลกร้อนดังกล่าวพอสมควรนับตั้งแต่ปี 2549 ที่อดีต รองประธานาธิบดีสหรัฐฯ นาย อัล กอร์ ได้เดินสายปาฐกถาเรื่องปรากฏการณ์ดังกล่าวและออกภาพยนต์สารคดีเรื่อง “An Inconvenient Truth” ให้ชุมชนโลกตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว จนกระทั่งนายอัล กอร์ และคณะกรรมการ IPCC ของสหประชาชาติได้รับรางวัลโนเบลร่วมกันในสาขาสันติภาพประจำปี 2550 จากการกระตุ้นให้ชุมชนโลกเห็นว่า ปรากฏการณ์โลกร้อนเป็นปัญหาร่วมกันของชุมชนโลก ซึ่งส่งผลให้ชุมชนโลกมีความตื่นตัวพอสมควร ดังเช่นในกรณีของประเทศไทย เราก็ได้เห็นโครงการของภาครัฐและเอกชนที่กระตุ้นให้มีการใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก แต่นอกเหนือจากจิตสำนึกร่วมกันของชุมชนโลกในการลดภาวะโลกร้อนแล้ว ยังมีกลไกธุรกิจที่อาศัยแรงจูงใจทางผลตอบแทนของมนุษย์และหน่วยธุรกิจมาช่วยลดภาวะโลกร้อนเช่นกัน โดยส่วนตัว

ผมเชื่อว่ากลไกดังกล่าวนี้ จะเป็นส่วนหนึ่งในการลดภาวะโลกร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะสามารถหาจุดสมดุลของผลดีและผลเสียจากกิจกรรมการผลิตภาคอุตสาหกรรม กลไกดังกล่าวมีชื่อว่า “คาร์บอนเครดิต”

คาร์บอนเครดิต คือการซื้อขายสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยประเทศพัฒนาแล้วจะเป็นผู้ซื้อสิทธิ ส่วนประเทศกำลังพัฒนาจะเป็นผู้ขายสิทธิ โดยคาร์บอนเครดิตเกิดขึ้นจากข้อตกลงพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ซึ่งอยู่ภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีภาคีทั้งหมด 191 ประเทศ และมีผลบังคับใช้เมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2548 โดยสาระสำคัญของพิธีสารเกียวโตคือประเทศพัฒนาแล้ว หรือประเทศผู้ซื้อคาร์บอนเครดิตที่เป็นภาคีพิธีสารเกียวโต จำนวน 41 ประเทศ มีพันธกรณีในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (อาทิ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ เป็นต้น)ระหว่างปี 2551-2555ให้ได้ร้อยละ 5.2 จากปริมาณการปล่อยในปี 2533 ซึ่งหากไม่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามปริมาณที่กำหนดจะต้องถูกปรับ โดยค่าปรับในกรณีของประเทศในกลุ่มสหภาพ ยุโรประหว่างปี 2551-2555 สูงถึง 100 ยูโร (ประมาณ 5,000 บาท)ต่อ 1ตันคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ถ้าประเทศพัฒนาแล้วไม่ต้องการถูกปรับจะต้องซื้อสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งในส่วนนี้จะขยายความในย่อหน้าถัดไปและในแผนภาพที่ 2 ทั้งนี้ ภายใต้พิธีสารเกียวโต ประเทศกำลังพัฒนาหรือประเทศผู้ขายคาร์บอนเครดิต ที่เป็นภาคีพิธีสารเกียวโต จำนวน 150 ประเทศ เช่นประเทศไทย ไม่มีพันธกรณีให้ลดปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่สามารถช่วยประเทศพัฒนาแล้วลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการขายสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผ่าน กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism หรือ CDM)

ประเทศพัฒนาแล้วสามารถเข้ามาดำเนินการร่วมกับประเทศกำลังพัฒนาโดยการรับซื้อสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในปริมาณที่ประเทศพัฒนาแล้ว ปล่อยเกินกว่าข้อตกลงในพิธีสารเกียวโต โดยสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ประเทศกำลังพัฒนาสามารถขายได้ต้องเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้หลังเข้าโครงการ CDM และผ่านการตรวจวัดแล้วซึ่งจะถูกเรียกว่า Certified Emission Reduction (CERs) หรืออีกนัยหนึ่งคือ คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) ซึ่งมีหน่วยเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และซื้อขายกันในตลาดคาร์บอน (Carbon Market) โดยตลาดดังกล่าว

ประกอบไปด้วยผู้ซื้อ คือประเทศพัฒนาแล้ว ซึ่งถูกกำหนดให้ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผู้ขาย คือประเทศกำลังพัฒนา

ปัจจุบัน มูลค่าตลาดการซื้อขายคาร์บอนเครดิตในตลาดโลกขยายตัวเร็วมากโดยในปี 2549 ขยายตัวถึง 3 เท่าเมื่อเทียบกับปี 2548 ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 8,000 ล้านดอลลาร์ สรอ.และขยายตัวเป็น 25,000 ล้านดอลลาร์สรอ.ในปี 2549 สำหรับประเทศไทย ธุรกิจคาร์บอนเครดิตนับเป็นโอกาสทางธุรกิจที่น่าสนใจโดยเฉพาะธุรกิจเอกชนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมาก เช่น ธุรกิจโรงไฟฟ้า ธุรกิจโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โรงงานน้ำตาล เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบัน ภาครัฐเริ่มมาสนับสนุนมากขึ้นโดยได้มีการจัดตั้งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) เพื่อรับรองโครงการ CDM และสนับสนุนการพัฒนาโครงการ สำหรับในส่วนของการลงทุนนั้น เอกชนมีทางเลือกในการลงทุนอย่างน้อย 2 รูปแบบ คือ 1) การลงทุนด้วยตนเอง กล่าวคือเอกชนไทยลงทุนปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกด้วยตนเอง 2) การร่วมทุน ซึ่งรูปแบบนี้เหมาะกับธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมของไทย (SMEs) ที่มีเงินลงทุนต่ำและมีความรู้ในด้านนี้เล็กน้อย โดยรูปแบบการร่วมทุนมีหลายประเภท เช่นการร่วมทุนกับรัฐบาลประเทศในกลุ่มประเทศพัฒนาแล้ว หรือร่วมทุนกับกองทุนที่เกิดจากการรวมตัวกันของรัฐบาลหรือกลุ่มทุนเอกชนในประเทศพัฒนาแล้วที่ต้องการคาร์บอนเครดิต รวมทั้งการร่วมทุนกับบริษัทจัดการพลังงาน (Energy Service Company:ESCO) อย่างไรก็ตาม ต้นทุนการดำเนินงานสำหรับการเข้าร่วมโครงการ CDM ค่อนข้างสูง โดยอยู่ที่ประมาณ 4.5-6.5 ล้านบาท ในขณะที่ค่าใช้จ่ายลงทุนเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ลดก๊าซเรือนกระจกอาจจะสูงกว่านี้มากส่งผลให้ภาคธุรกิจที่จะลงทุนด้วยตนเองต้องประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนด้วยความระมัดระวัง

การที่ค่าปรับสำหรับประเทศพัฒนาแล้วที่ไม่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่กำหนดมีมูลค่าสูงมากถึงประมาณตันละ 5,000 บาทต่อตันคาร์บอนฯ เทียบกับราคาขายคาร์บอนเครดิตที่ประมาณ 854 บาท ต่อตันคาร์บอนฯ (ประเมินจากราคาขายคาร์บอนฯ ล่วงหน้าเฉลี่ยของปี 2551-2552 อยู่ที่ 17-17.35 ยูโรต่อ 1 ตันคาร์บอนฯ) ทำให้แนวโน้มราคาขายคาร์บอนเครดิตมีโอกาสจะปรับตัวสูงขึ้นไปกว่านี้ ซึ่งเป็นแรงจูงใจ ให้เอกชนและรัฐบาลประเทศพัฒนาแล้วแสวงหาความร่วมมือกับธุรกิจเอกชนไทยผ่านกลไก CDM มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังมีประเด็นความ

เสี่ยงจากการดำเนินโครงการ CDM ที่ต้องจับตามองดังนี้ การเปลี่ยนแปลงกฎระเบียบในโครงการ CDM ความล่าช้าของหน่วยงานภาครัฐที่ดูแลโครงการ ความผันผวนของราคาซื้อขายคาร์บอนเครดิต มูลค่าการลงทุนในโครงการ CDM ที่สูงเนื่องจากราคาสินค้าโภคภัณฑ์ปรับตัวขึ้นค่อนข้างมาก นอกจากนี้ ข้อตกลงใหม่ที่จะมาแทนพิธีสารเกียวโตอาจจะกำหนดให้ประเทศไทยต้องลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงเช่นเดียวกับประเทศพัฒนาแล้วซึ่งจะส่งผลกระทบให้ประเทศไทยมีต้นทุนสูงในการพัฒนาอุตสาหกรรมเพราะอาจจะต้องเป็นผู้ซื้อคาร์บอนเครดิตในอนาคต

กล่าวโดยสรุป ธุรกิจคาร์บอนเครดิต เป็นกลไกที่ตอบสนองต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมโลกผ่านกลไกที่มี แรงจูงใจด้วยผลตอบแทนทางการเงิน โดยเฉพาะกลไก CDM ซึ่งมีส่วนช่วยสนับสนุนประเทศกำลังพัฒนาให้มีความตื่นตัวในปัญหาภาวะโลกร้อนและส่งเสริมให้มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน ในส่วนของภาคธุรกิจ การเข้าร่วมโครงการดังกล่าวไม่เพียงแต่จะได้ผลตอบแทนทางการเงินเท่านั้น หากแต่ยังเป็นการแสดงถึงความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กร (CSR) และเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีขององค์กรในการที่จะเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน เรามาทำความรู้จักกับคาร์บอนเครดิต กันซักหน่อยแล้วกันนะคะ คาร์บอนเครดิต นั้นก็คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด หรือที่เรียกสั้นว่าๆ CDM (Clean Development Mechanism) ซึ่งคุณๆรู้กันมั้ยคะว่า กลุ่มประเทศพัฒนาแล้วเป็นตลาดที่ต้องการคาร์บอนเครดิตสูงมาก เนื่องจากมีพันธกรณีที่จะต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระหว่างปี 2551 – 2555 ตามที่ระบุไว้ในพิธีสารเกียวโต

ในยุคที่ซีเอสอาร์มาแรง กิจการทุกแห่ง มุ่งเน้นให้ความสำคัญกับกิจกรรม ความรับผิดชอบต่อสังคมเป็นอย่างมาก ขณะนี้ประเด็นด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมที่อยู่ ในใจผู้บริโภคทุกคนก็ไม่หนีเรื่องของภาวะโลกร้อน ซึ่งเกิดจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ฯลฯ ออกมามากจนเกินไป ทำให้อุณหภูมิบนโลกสูงขึ้น ก่อให้เกิดความแปรปรวนใน สภาพภูมิอากาศของโลกจนกระทบกับการดำรงชีพของมนุษย์นั่นเอง

เมื่อภยันตรายคืบคลานมาใกล้ตัวมากขึ้น ทำให้ชาติมหาอำนาจต้องหันหน้าเข้าหากัน และทำความตกลงใน "พิธีสารเกียวโต" (Kyoto Protocol) ซึ่งสัญญาร่วมกันว่าประเทศที่พัฒนาแล้ว

จะต้องร่วมแรงร่วมใจกันลดการปล่อย ปริมาณคาร์บอนลงประมาณ 5.2% ภายในปี 2555 หากประเทศใดไม่สามารถดำเนินการ ตามข้อตกลงได้ ก็จะมีค่าปรับถึงตันละประมาณกว่า 3,000 บาท ทีเดียว

คาร์บอนเครดิต หมายถึงสิ่งที่จะต้องจัดให้มีขึ้น เพื่อทดแทน การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเผาผลาญน้ำมันดิบ (Fossil Fuel) ให้เป็นพลังงานในการแปรรูปสินค้าอุตสาหกรรม หรือขับเคลื่อนยานยนต์ นอกจากนี้ยังมีก๊าซอื่นที่ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจก (Green House Gas: GHG) อันเป็นสาเหตุของสภาวะโลกร้อน (Global Warming) เช่นก๊าซมีเทน (CH4) ที่เกิดจากการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ (ก๊าซที่เกิดจากรากของต้นข้าว และการผายลมของสัตว์หรือ "ตดวัว")

คาร์บอนเครดิตที่สำคัญคือแหล่งดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ที่เรียกว่า คาร์บอนซิงค์ (Carbon Sink หรืออ่างกักเก็บคาร์บอนฯ) อันได้แก่ป่าไม้ธรรมชาติ โดยพื้นที่ป่าสมบูรณ์ 1 เอเคอร์ (ประมาณ 2.5 ไร่) สามารถกักเก็บคาร์บอนฯ ได้ประมาณ 2 ตัน นอกจากนี้ การใช้พลังงานทดแทน เช่นพลังงานแสงอาทิตย์ ก็อาจนำมาคำนวณเป็นเครดิตได้ โดยการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แทนน้ำมัน 1 หน่วย (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) จะได้เครดิตประมาณ 0.6 กิโลกรัม ซึ่งขณะนี้กำลังมีการพัฒนาประสิทธิภาพของเซลล์ แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ให้สูงขึ้น และใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น เช่น สามารถดัดงอได้ โดยนำเทคโนโลยีระดับโมเลกุล หรือ นาโนเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้

ปัจจุบันประเทศที่มีความจำเป็นต้องจัดหาหาคาร์บอนเครดิตมากที่สุด คือสหรัฐอเมริกา เนื่องจากเป็นพัฒนาแล้วที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2 Emission) ออกมามากที่สุด รองลงมาคือประเทศญี่ปุ่นและจีน ส่วนไทยนอกจากจะยังไม่จำเป็นต้อง จัดหาคาร์บอนเครดิตเพิ่มเติม (แต่อาจจะต้องเตรียมการลด GHG เช่นมีเทนจากนาข้าว) แล้ว ยังมีโอกาสได้รับประโยชน์จากกองทุนคาร์บอนเครดิต เช่นของธนาคารโลกและหน่วยงาน ระดับประเทศ

คาร์บอนเครดิตจะเข้ามามีบทบาทเสมือน หนึ่งเป็นตัวแทนที่จะบอกว่า กิจการใดที่ไม่รักษาสภาพแวดล้อม ไม่มีเทคโนโลยีที่สะอาด ขาดประสิทธิภาพในการจัดการกับสิ่งแวดล้อมที่ดี ทำให้ต้องปล่อยสารคาร์บอนออกมามากเกินไป จนทำให้เกิดมลพิษตามมาดังกล่าวข้างต้น ซึ่งกิจการนั้น

จะต้องโดนค่าปรับจำนวนมหาศาล ตามที่ตกลงกันไว้ เว้นแต่จะต้องไปหาคาร์บอนเครดิตเพิ่มเพื่อมาชดเชยกับการจัดการที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของตนนั่นเอง

กิจการเหล่านี้อาจจะไปตั้งโรงงานใหม่ที่มีเทคโนโลยีสะอาดเพื่อผลิตคาร์บอนเครดิตขึ้น มาเอง หรือไม่ก็ต้องไปติดต่อซื้อจากกิจการอื่นๆ ที่สามารถผลิตคาร์บอนเครดิตขึ้นมาเองได้ แต่ก็มิใช่ว่ากิจการใดๆ ก็จะมาเป็นผู้ผลิตคาร์บอนเครดิตได้นะครับ จะต้องผ่านกระบวนการต่างๆ อีกมากมายทีเดียว

เริ่มจากจะต้องพัฒนาเทคโนโลยีที่สะอาด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และต้องเข้าสู่ ระบบของทางสหประชาชาติก่อน นั่นคือต้อง ผ่านการตรวจสอบรับรองมาตรฐานซีดีเอ็ม (clean development mechanism) หรือโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

แล้วส่งเรื่องติดต่อไปยังองค์การสหประชาชาติเพื่อให้องค์กรกลางเข้ามาตรวจสอบ และให้คำรับรองมาตรฐานของระบบการปฏิบัติงานว่า เข้าข่ายการดำเนินงานที่เหมาะสมสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ จากนั้นองค์กรกลางจึงจะออกใบอนุญาตรับรองมาตรฐานให้ ที่มีชื่อเรียกว่า certified emission reductions (CER) แล้วจึงจะสามารถที่จะเป็นหนึ่งในผู้ผลิตคาร์บอนเครดิตได้ครับ

ปัจจุบันมีราคาซื้อขายคาร์บอนเครดิตนี้ประมาณตันละ 300 บาท ซึ่งคาดการณ์กันว่า ราคาน่าจะพุ่งสูงขึ้นได้อีก หากมีการกำหนด เป้าหมายที่ท้าทายยิ่งขึ้น และมีการบังคับใช้ สนธิสัญญาดังกล่าวในวงกว้างทั่วโลก และปัจจุบันคาร์บอนเครดิตยังเป็นที่ต้องการอยู่มาก โดยเฉพาะในประเทศอุตสาหกรรมยักษ์ใหญ่ของโลก ที่ยังคงมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนอยู่มาก และไม่สามารถลดได้อย่างที่ต้องการในเวลาอันสั้นครับ

หากพิจารณาจากสถิติที่ผ่านมาไม่นาน ประเทศผู้ที่ปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศมากที่สุดเรียงตามลำดับก็คือ สหรัฐอเมริกา ซึ่งปล่อยออกมาถึง 5.7 พันล้านตันเลยทีเดียว รองลงมาก็จะเป็นฝั่งเอเชีย ที่กำลังถูกจับตามองอยู่ก็คือ จีน ตามมาด้วยรัสเซีย ญี่ปุ่น และอังกฤษครับ ดังนั้นประเทศเหล่านี้จึงถือเป็นผู้รับซื้อคาร์บอนเครดิตรายใหญ่ทีเดียว

ส่วนบ้านเราก็ถือเป็นผู้ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนออกมามากรายหนึ่งครับ ปล่อยออกมาประมาณ 344 ล้านตัน หรือประมาณ 0.7% ของปริมาณการปล่อยคาร์บอนของทั้งโลก โดยภาคส่วนที่ปล่อยออกมามากที่สุด คือ ภาคการใช้พลังงาน ประมาณ 56% ตามมาด้วย ภาคการเกษตร 24.1% การทิ้งขยะและกากของเสีย 7.8% การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดิน 6.6% และภาคอุตสาหกรรมการผลิต 5.4%

จึงพอมองได้ไม่ยากว่า บ้านเราควรต้องมี การปรับปรุงพัฒนาทางด้านใดก่อนเพื่อน คงไม่หนีทางด้านของการกำจัด การทำไร่เลื่อนลอย การเผาป่า การกำจัดกากของเสียที่ไม่เหมาะสม การให้ความรู้ในการทำการเพาะปลูกที่ถูกวิธี รวมถึง การรณรงค์ใช้พลังงานที่สะอาด หากทุกโครงการมีการสนับสนุนให้เกิดได้อย่างชัดเจนก็น่าจะลด การปล่อยคาร์บอนไปได้มหาศาล และน่าจะเป็นผู้ผลิตคาร์บอนเครดิตรายใหญ่ให้กับโลกได้ เท่ากับว่าได้ทั้งเงิน ทั้งกล่อง เพราะยังจะช่วยให้สภาพแวดล้อมของประเทศและโลกดีขึ้น และยังอาจจะเป็นการสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศอีกทางหนึ่งด้วย มีการคาดการณ์กันว่า ประเทศไทยมีศักยภาพที่จะผลิตก๊าซชีวภาพได้มากถึงหนึ่งพันล้านคิวบิกเมตรต่อปีทีเดียว หากทำได้เต็มประสิทธิภาพก็จะลดการพึ่งพาพลังงานจากฟอสซิล เช่น น้ำมันดิบไปได้จำนวนมาก ทั้งยังลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน ทำให้ได้คาร์บอนเครดิตอีกจำนวนมหาศาล และในขณะนี้ทั่วโลกมีการผลิตคาร์บอนเครดิตประมาณ 150 ล้านตันต่อปี ซึ่งประเทศที่เป็นผู้นำการผลิตคาร์บอนเครดิต คือ จีน ประมาณ 43% อินเดีย 15% ที่เหลือก็เป็นประเทศอื่นๆ ที่กำลังพัฒนาศักยภาพของตน ไม่ว่าจะเป็นอินโดนีเซีย มาเลเซีย ซึ่งมีโครงการผ่านการรับรองมาตรฐานแล้วถึงกว่า 900 โครงการ แต่ในบ้านเราตอนนี้มีเพียงประมาณไม่ถึง 10 โครงการเท่านั้นที่ผ่านการอนุมัติเสนอไปยังสหประชาชาติแล้ว ก็ถือว่ายังน้อยอยู่มากเมื่อเปรียบเทียบคู่แข่งเพื่อนบ้าน

ดังนั้นทั้งภาครัฐและเอกชนบ้านเราคงต้อง เตรียมพร้อมเร่งพัฒนาศักยภาพก่อนที่จะสายเกินไป โดยหากจะรอถึงวันที่ประเทศไทยต้อง ถูกจำกัดโควตาด้วยแล้วอาจจะไม่ทันการ และคงทำให้ประเทศชาติได้รับผลกระทบอย่างมากทีเดียว

ที่มา http://guru.google.co.th/guru/thread?tid=6a6def3dae925918&pli=1 2800

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาน นครินทร์ ปัญญาใส

เกิดวัน พุธ ที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2528

เกิดที่ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

ที่อยู่ปัจจุบัน 91/2 หมู่ที่ 5 ตำบลน้ำชำ อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่

พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่

พ.ศ. 2550 สำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษา เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการพิมพ์ คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่

พ.ศ. 2551 เข้าทำงานที่ บริษัท จันวาณิชย์ ซีเคียวริตี้ พริ้นท์ติ้ง จำกัด กรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2554 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2556 Nakharin Panyasai, Aran Hansuebsai and Hirokazu Shimizu. "COMPARISON OF CARBON FOOTPRINT BETWEEN PRINTED PAPER-BOOK AND ELECTRONIC BOOK IN THAILAND" . Proceedings of 28th National Graduate Research Conference, Assumption University of Thailand, 28-29 June 2013: 909-916