DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

การประเมินการปล่อยการก๊าซเรือนกระจกจากอาคารสำนักงานในช่วงการก่อสร้าง โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต

ชัยวัฒน์ มั่นคงดี

การศึกษารายบุคคลนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปีการศึกษา 2565

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

AN ANALYSIS OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM OFFICE BUILDING DURING CONSTRUCTION USING LIFE CYCLE ASSESSMENT

CHAIWAT MANKONGDEE

An Individual Study Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of Master of Engineering
College of Innovative Technology and Engineering
Dhurakij Pundit University
Academic Year 2022

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ใบรับรองการศึกษารายบุคคล

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อการศึกษารายบุคคล การประเมินการปล่อยการก๊าซเรือนกระจกจากอาคารสำนักงานในช่วงการก่อสร้างโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต

เสนอโดย ชัยวัฒน์ มั่นคงดี

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล ดร.สมหญิง งามพรประเสริฐ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบการศึกษารายบุคคลแล้ว

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล

(ดร.สมหญิง งามพรประเสริฐ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

.....

(ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 20 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2564

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

หัวข้อการศึกษารายบุคคล	การประเมินการปล่อยการก๊าซเรือนกระจกจากอาคารสำนักงานในช่วงการก่อสร้างโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต
ชื่อผู้เขียน	ชัยวัฒน์ มั่นคงดี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สมหญิง งามพรประเสริฐ
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้างของอาคารสำนักงานแห่งหนึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีพื้นที่อาคารรวม 43,053 ตารางเมตร โดยใช้วิธี Life Cycle Analysis for Greenhouse Gas Emissions แบบ Gate to Gate งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานของวัสดุก่อสร้างที่นำมาใช้ในอาคาร ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้พลังงานในการขนส่งวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างและ ศึกษาการใช้พลังงานในการก่อสร้างอาคารที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยผลการศึกษานี้พบว่า อาคารสำนักงานที่ศึกษาปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นปริมาณรวมทั้งสิ้น 62,473,207.82 $kgCO_2eq$ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุโครงสร้างอาคารคิดเป็นสัดส่วนมากที่สุด คือ 67.69% ปริมาณก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อพื้นที่ของอาคารนี้คิดเป็น 1,451.08 $kgCO_2eq/m^2$ ซึ่งอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง

คำสำคัญ: การประเมินวัฏจักรชีวิต, การปล่อยก๊าซเรือนกระจก, อาคารสำนักงาน

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

Individual Study Title	AN ANALYSIS OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM OFFICE BUILDING DURING CONSTRUCTION USING LIFE CYCLE ASSESSMENT
Author	Chaiwat Mankongdee
Individual Study Advisor	Dr. Somying Ngarmpornprasert
Program	Master of Engineering Engineering Management
Academic Year	2022

ABSTRACT

This research studies greenhouse gas emissions in an office building construction by Life Cycle Analysis for Greenhouse Gas Emissions with gate to gate. approach This reinforced concrete building has a total area of 43,053 m2. The life cycle assessment in this study is divided into three stages. The first stage is the assessment of the greenhouse gas emissions of building materials. The second stage is the assessment of the greenhouse gas emissions from the energy used for transportation. The last stage is the assessment of the greenhouse gas emissions from energy usage for on-site construction. The results show that the total greenhouse gas emissions from the studied building are 62,473,207.82 kgCO2eq. The greenhouse gas emissions from structural materials account for 67.69% of the total greenhouse gas emissions. The greenhouse gas emission intensity of this building is 1,451.08 kgCO2eq/m2, which is at a high level.

Keywords: Life cycle assessment, GHG emissions, Office building

Somying Ngarmpornprasert

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษารายบุคคลฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ผู้จัดทำใคร่ขอกราบขอบพระคุณท่านที่มีส่วนช่วยเหลือและแนะนำ ดังนี้ รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำ การค้นคว้าหาข้อมูล และการช่วยในตรวจสอบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องและชี้แนะเกี่ยวกับการศึกษาวิจัยที่เป็นประโยชน์ กราบขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์ อาจารย์และผู้อำนวยการหลักสูตรสำหรับการสอนและข้อแนะนำแนวทางการทำหัวข้อการศึกษารายบุคคลให้สำเร็จลุล่วงภายในเวลาที่กำหนด และขอขอบคุณ คุณวัชรพงษ์ ตันธวัฒน์ บริษัท แทรคเทเบล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด นักศึกษาปริญญาเอก ที่ให้ความช่วยเหลือและแนะนำในการเขียนสารนิพนธ์ รวมทั้งการค้นคว้าหาข้อมูลและแนวทางการนำเสนอจนสำเร็จลุล่วง

ขอบขอบคุณคณะกรรมการตรวจสอบการศึกษารายบุคคล ที่ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเนื้อหาอันเป็นประโยชน์ของการค้นคว้าของผู้จัดทำ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านและเลขาคณะฯ ที่ช่วยเหลือมาตลอดระยะเวลาของการศึกษา

ชัยวัฒน์ มั่นคงดี

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญภาพ..... ญ
บทที่
1. บทนำ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย..... 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 19
2.3 การศึกษาบทความทีเกี่ยวข้องเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก..... 22
3. ระเบียบวิธีวิจัย..... 24
3.1 แผนผังแสดงระเบียบที่ใช้ในการวิจัย..... 24
3.2 กำหนดขอบเขตและแนวทาง..... 25
3.3 การจำแนกการเก็บข้อมูล..... 25
3.4 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก..... 26
3.5 แหล่งที่มาของข้อมูล..... 26
3.6 รายละเอียดของอาคารที่นำมาใช้ในงานวิจัย..... 27
3.7 ขั้นตอนก่อสร้าง..... 27
3.8 สมการการคำนวณพลังงานสะสม..... 28
4. ผลการวิจัย..... 29
4.1 พลังงานสะสมในอาคาร (Embodied Energy) 29

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคารที่ศึกษา..... 30
4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากงานโครงสร้างอาคาร..... 31
4.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากงานสถาปัตยกรรม..... 32
4.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งวัสดุและพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้าง..... 32
4.6 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภทงานที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้างอาคาร..... 33
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 35
5.1 สรุปผลวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย..... 35
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 35
บรรณานุกรม..... 37
ประวัติผู้เขียน..... 40

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงศักยภาพก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดปริมาณกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า. 5

2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง..... 17

2.3 แสดงข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการก่อสร้างอาคารวันปักกิ่ง..... 20

2.4 แสดงปริมาณวัสดุก่อสร้างและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในวัสดุก่อสร้างจากการใช้พลังงาน ในการผลิตวัสดุก่อสร้าง และขนส่งมายังสถานที่ก่อสร้าง..... 20

2.5 แสดงผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุก่อสร้างโดยเฉพาะในการก่อสร้างอาคารวันปักกิ่ง..... 21

4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง..... 30

4.2 แสดงปริมาณ GHG emission factors ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการก่อสร้างอาคาร..... 31

4.3 แสดงปริมาณ GHG emission ของงานโครงสร้างอาคาร..... 31

4.4 แสดงปริมาณ GHG emission ของงานสถาปัตยกรรมอาคาร..... 32

4.5 แสดงปริมาณ GHG emission การขนส่งวัสดุและพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้าง..... 32

4.6 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภทงานที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้างอาคาร. 33

4.7 เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการก่อสร้างอาคารของงานวิจัยที่ผ่านมา..... 33

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 แสดงขอบเขตการวิเคราะห์ LCA..... 1
1.2 แสดงขอบเขตของกระบวนการที่ใช้ในการวิจัยสำหรับการก่อสร้างอาคารสำนักงาน..... 4
2.1 รูปแสดงการเกิดก๊าซเรือนกระจก..... 7
2.2 กราฟแสดงอุณหภูมิพื้นผิวโลกตั้งปีค.ศ.1880 – 2022..... 8
2.3 แสดงลักษณะของวัฏจักรการวิเคราะห์ Life Cycle Analysis..... 11
2.4 การจำแนกสารตามประเภทต่างๆของผลกระทบ..... 12
2.5 แสดงวัฏจักรของการวิเคราะห์ Life Cycle แบบ Cradle to Grave..... 13
2.6 แสดงวัฏจักรของการวิเคราะห์ Life Cycle แบบ Cradle to Gate..... 14
2.7 แสดงวัฏจักรของการวิเคราะห์ Life Cycle แบบ Cradle to Cradle..... 14
2.8 แสดงวัฏจักรของการวิเคราะห์ Life Cycle แบบ Gate to Gate..... 15
2.9 แสดงวัฏจักรของการวิเคราะห์ Life Cycle แบบ Well to Wheel..... 16
2.10 แสดงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในวัสดุก่อสร้างจากการใช้พลังงานในการผลิตวัสดุก่อสร้างก่อนขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง..... 22
2.11 แสดงเปอร์เซ็นต์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารวันปักกิ่ง..... 23
2.12 แสดงแหล่งงานวิจัยที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการก่อสร้างอาคารซึ่งรวมอยู่ในการศึกษาก่อนหน้านี้..... 24
3.1 แสดงแผนผังแสดงระเบียบที่ใช้ในการวิจัย..... 25
3.2 แสดงอาคารที่ใช้ในการวิจัย..... 27
4.1 พลังงานสะสมในอาคาร (Embodied Energy) 29

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันโลกประสบปัญหาด้านสภาพภูมิอากาศอันเนื่องมาจากการใช้พลังงาน ปัญหาสภาพภูมิอากาศนั้นถือเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิที่สูงขึ้น ปัญหาภัยแล้งหรือระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นล้วนเกิดจากผลกระทบของของสภาวะโลกร้อน ซึ่งสภาวะโลกร้อนนั้นเกิดจากกลุ่มก๊าซ 6 ชนิด ซึ่งอ้างอิงตามพิธีสารเกียวโต ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), มีเทน (CH_4), ไนตรัสออกไซด์ (N_2O), ไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (HFCs), เพอฟลูโอโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออไรด์ (SF_6) สามารถเรียกรวมๆว่าก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas: GHG) ปกคลุมโลกทำให้โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงขึ้น

ในปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยในฐานะเจ้าภาพจัดงานระดับนานาชาติ (เอเปค) หรือ ความร่วมมือทางเศรษฐกิจในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก (Asia-Pacific Economic Cooperation : APEC)

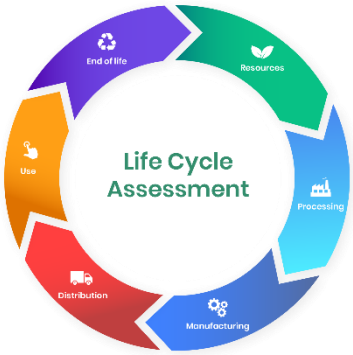
เอเปค คือ เวทีความร่วมมือทางเศรษฐกิจในภูมิภาคเอเชีย-แปซิฟิก ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี 2532 โดยมีเป้าหมายหลักคือ การส่งเสริมการเปิดเสรีการค้าการลงทุน รวมถึงความร่วมมือในด้านมิติสังคมและการพัฒนาด้านอื่น ๆ อาทิ ความร่วมมือด้านการเกษตร การส่งเสริมบทบาทสตรีในเศรษฐกิจ การลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ และการพัฒนาด้านสาธารณสุข เพื่อนำไปสู่การสร้างความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ครอบคลุมความมั่งคั่งและยั่งยืนของประชาชนในภูมิภาค

ในช่วงหลังเกิดโรคระบาดโควิด-19 (Covid-19) ประเทศไทยให้ความสำคัญกับการฟื้นฟูเศรษฐกิจเป็นอันดับแรก จึงตั้งใจส่งเสริมแนวคิด “เปิดกว้างสัมพันธ์ เชื่อมโยงกัน สู่สมดุล” หรือ Open. Connect. Balance.” เป็นเสาหลักของการประชุมเอเปค 2565 ในครั้งนี้ ประเทศไทยในฐานะเจ้าภาพเล็งเห็นถึงช่องทางเพิ่มโอกาสด้านการค้าและการลงทุนที่เชื่อมโยงในทุกมิติเพื่อฟื้นฟูการเดินทางอย่างปลอดภัย และสนับสนุนการเติบโตอย่างยั่งยืนผ่านการดำเนินธุรกิจอย่างมีความรับผิดชอบต่อสังคม เน้นสร้างสมดุลมากกว่าสร้างผลกำไร โดยมีแนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ - เศรษฐกิจหมุนเวียน- เศรษฐกิจสีเขียว หรือ Bio-Circular- Green-Economy Model (BCG) เป็นพื้นฐานสำคัญที่สอดคล้องต่อธีมของเอเปค 2565 สาเหตุที่เป็นแนวคิด BCG หลังจากการแพร่ระบาดของโควิด-19 หลายประเทศต่างพากันหาวิธีฟื้นฟูเศรษฐกิจของประเทศตัวเอง แต่ด้วยการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว (Disruption) สะท้อนให้เห็นถึงผลเสียจากการพัฒนาที่ไม่ทั่วถึงและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกปล่อยปละละเลย เพราะเหตุนี้ นโยบายเศรษฐกิจ BCG จึงได้ถูกนำเสนอมาขับเคลื่อนเอเปค 2565 เพื่อตอบโจทย์การฟื้นฟูเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน ครอบคลุม และสมดุล โดยเน้นการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาช่วยเหลือผู้ประกอบการธุรกิจ เพิ่มมูลค่า ลดความสูญเสีย และคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมให้มากยิ่งขึ้น สิ่งที่ไทยมุ่งผลักดันเป็นหลักคือการ “สร้างความสมดุลในทุกด้าน” หรือ Balance โดยนำแผนงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาอย่างยั่งยืนในเอเปคมาบูรณาการการทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของภูมิภาคในระยะยาว

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ในปัจจุบันมีจำนวนประชากรเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมาก จึงทำให้มีการขยายพื้นที่ที่อยู่อาศัยและการพัฒนาชุมชนเมืองนั้นส่งผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม อุตสาหกรรมอย่างไม่หยุดยั้ง การผลิตสินค้าปรับเปลี่ยนจากการผลิตระดับครัวเรือนไปสู่ระดับอุตสาหกรรมเพื่อให้พอเพียงแก่ความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้น ทำให้ระบบการคมนาคมขนส่งเข้ามามีบทบาทมากขึ้น นอกจากการคมนาคมขนส่งแล้วยังมีการใช้พลังงานที่ได้จากธรรมชาติทำกิจกรรมอื่นๆ อีกมากมาย เช่นการใช้พลังงานยังเอื้ออำนวยความสะดวกสบายในด้านการคมนาคมขนส่ง อุตสาหกรรม เกษตรกรรม อาคารพาณิชย์ ที่อยู่อาศัยล้วนต้องพึ่งพาพลังงานทั้งสิ้น โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้า

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าในประเทศไทยหรือแม้แต่ในโลกนี้ก็มีการใช้พลังงานทั้งสิ้น ซึ่งการใช้พลังงานนั้นย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อโลกเป็นอย่างมาก โดยส่วนใหญ่แล้วการใช้พลังงานต่างๆเพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆขึ้นมาและการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นได้มีการนำเครื่องมือชนิดหนึ่งที่เรียกว่าการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่างๆของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การใช้งานตลอดจนการทำลายหรือการจัดการซาก เพื่อนำมาใช้จัดการปรับปรุงกระบวนการต่างๆ ให้เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 1.1 แสดงขอบเขตการวิเคราะห์ LCA

จากภาพที่ 1.1 เป็นการขอบเขตของวิเคราะห์ของ LCA ซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งานและการจัดการซากของผลิตภัณฑ์ ขอบเขตของการวิเคราะห์นั้นในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกัน 5 รูปแบบได้แก่ Cradle-to-grave, Cradle-to-gate, Cradle-to-cradle, Gate-to-gate และ Well-to-wheel การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้นมีขั้นตอนการวิเคราะห์อยู่ 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)
2. การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment: LCA)

4. การตีความและการวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม (Interpretation and Improvement Analysis)

นอกจากการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว LCA ยังสามารถประยุกต์ใช้ในการการวิเคราะห์ได้อีกหลายประเภท เช่น การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic input–output life cycle assessment) หรือ การวิเคราะห์ทางด้านการใช้พลังงาน (Life cycle energy analysis) การวิเคราะห์การใช้พลังงานหรือ Life Cycle Energy Analysis: LCE เป็นการวิเคราะห์เฉพาะการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นของการผลิตภัณฑ์โดยหลักการคล้ายกับ LCA คือการวิเคราะห์การใช้พลังงานตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การใช้พลังงานในช่วงการผลิต การใช้พลังงานในการขนส่ง การใช้พลังงานในช่วงของการใช้งานและการใช้พลังงานในช่วงของการกำจัดซาก ซึ่งการใช้พลังงานในแต่ละช่วงนั้นจะมีค่าการใช้พลังงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์นั้นๆ การวิเคราะห์ LCE นั้นจะทำให้ทราบถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ นอกจากจะทราบถึงผลของการใช้พลังงานแล้วยังสามารถคำนวณให้ออกมาอยู่ในรูปแบบของปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG) ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) ในหน่วยของ $kgCO_2eq$ จะสามารถบอกถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของก๊าซเรือนกระจกทั้ง 6 ชนิดที่ได้กล่าวไปข้างต้น ประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), มีเทน (CH_4), ไนตรัสออกไซด์ (N_2O), ไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (HFC), เพอฟลูโอโรคาร์บอน (PFC_s) และซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออไรด์ (SF_6) หลังจากที่ได้ทราบผลกระทบของการใช้พลังงานแล้วก็จะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เพื่อกำหนดแนวทางเพื่อการปรับปรุงกระบวนการต่างๆเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย มีดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานของวัสดุก่อสร้างที่นำมาใช้ในอาคาร

1.2.2 เพื่อศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้พลังงานในการขนส่งวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง

1.2.3 เพื่อศึกษาการใช้พลังงานในการก่อสร้างอาคารที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

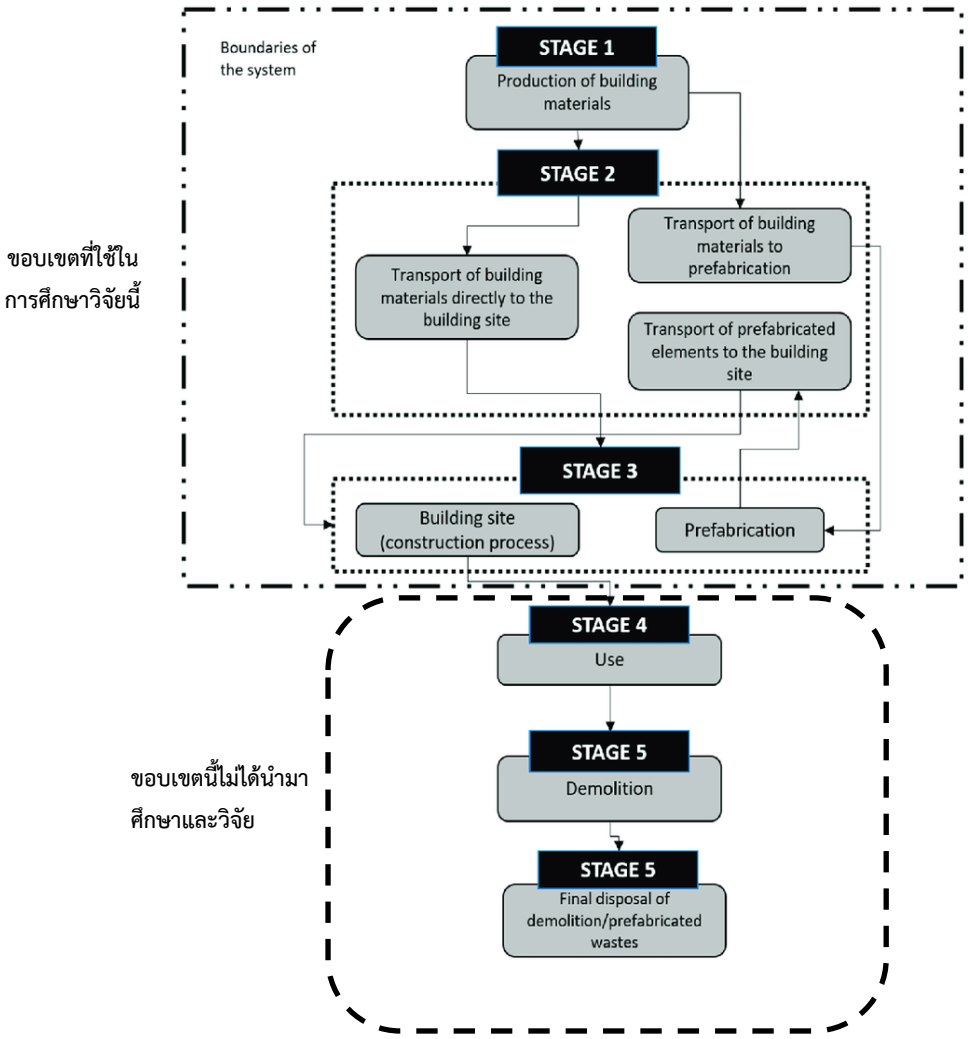
1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้พลังงานของการก่อสร้างอาคารจนถึงอาคารสร้างเสร็จและพร้อมใช้งาน (Gate to gate)

1.3.2 งานวิจัยนี้ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉพาะวัสดุก่อสร้างเท่านั้น ไม่ได้รวมถึงอุปกรณ์อำนวยความสะดวกและอุปกรณ์ตกแต่งของอาคารอเนกประสงค์

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

1.3.3 งานวิจัยนี้จะศึกษาวัสดุก่อสร้างที่เป็นเฉพาะโครงสร้างของอาคารเท่านั้น ไม่ได้รวมถึงระบบประปา ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ภายในอาคาร



ภาพที่ 1.2 แสดงขอบเขตของกระบวนการที่ใช้ในการวิจัยสำหรับการก่อสร้างอาคารสำนักงาน

ที่มา: อ้างอิงจาก Padilla-Rivera et al. (2018).

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ผลจากการศึกษานี้จะทำให้ทราบถึงปริมาณพลังงานสะสมในวัสดุของอาคารสำนักงาน

1.4.2 ผลจากการศึกษาทำให้ทราบถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกอันเกิดจากการก่อสร้างอาคารสำนักงาน เพื่อหาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไป

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ซึ่งจะอธิบายความหมายและทฤษฎีเบื้องต้นเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจถึงเนื้อหา โดยมีหัวข้อดังนี้

2.1.1 สภาวะโลกร้อน (Global Warming)

2.1.2 ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect)

2.1.3 การประเมินวัฏจักรวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCA)

2.1.4 การวิเคราะห์การใช้พลังงานงานในแง่ของวัฏจักรวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCE)

2.1.5 การวิเคราะห์การใช้พลังงานงานในแง่ของวัฏจักรวงจรชีวิตของการก่อสร้าง (Energy Life Cycle Analysis of Construction)

2.1.6 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุ (Emission Factor of Material)

2.1.7 การคำนวณก๊าซเรือนกระจก

2.1.1 สภาวะโลกร้อน (Global Warming)

สภาวะโลกร้อนเกิดจากกลุ่มก๊าซ 6 ชนิดซึ่งอ้างอิงตามพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) หรือเรียกโดยรวมว่าก๊าซเรือนกระจก (GHG) ที่สรุปข้อมูลโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกประกอบก๊าซประเภทต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงศักยภาพก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดปริมาณกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ก๊าซเรือนกระจก	**อายุในชั้นบรรยากาศ (ปี)**	**ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ($kgCO_2eq$)**
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	200-450	1
มีเทน (CH_4)	9-15	23
ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	120	296
ไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน(HFCs)	100	10,600
เพอฟลูโอโรคาร์บอน (PFCs)	3,200	22,000
ซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออไรด์ (SF_6)	50,000	5,700

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

(1) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

เกิดจากการกระทำของมนุษย์และก็รวมไปถึงธรรมชาติด้วย เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ การตัดไม้ทำลายป่า การเผาขยะ การระเบิดของภูเขาไฟ เป็นต้น จากผลการศึกษาของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) พบว่า การตัดไม้ทำลายป่าเพื่อการก่อสร้างหรือทำการเกษตรนั้นมีประมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 1.6 ตันคาร์บอนต่อปีและปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดจากการเผาไหม้นั้นมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่สะสมพลังงานความร้อนมากกว่าก๊าซชนิดอื่นๆ จึงส่งผลให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นตามรายงานของพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ได้ระบุว่ามีอายุในชั้นบรรยากาศประมาณ 200-450 ปี

(2) ก๊าซมีเทน (CH_4)

ก๊าซมีเทน (Methane) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นแก๊สไม่มีสี ติดไฟได้ เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของแก๊สธรรมชาติแก๊สมีเทนอาจได้มาจากการหมักมูลสัตว์และนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงราคาถูก ก๊าซมีเทนอาจพบได้ในชั้นถ่านหิน (Coal Bed Methane) โดยจากกระบวนการเกิดถ่านหินทำให้ก๊าซสะสมตัวและกักเก็บอยู่ในช่องว่างในเนื้อถ่านหิน ก๊าซมีเทนนั้นมีศักยภาพที่จะทำให้โลกร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 23 เท่าแต่มีอายุอยู่ในชั้นบรรยากาศเพียง 11 ปี

(3) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

มีแหล่งกำเนิดก๊าซ คือ อุตสาหกรรมที่ใช้กรดไนตริกในขบวนการผลิต ตัวอย่างเช่นอุตสาหกรรมผลิตเส้นใยไนลอน อุตสาหกรรมเคมี หรืออุตสาหกรรมพลาสติกบางชนิด เป็นต้น แม้ว่าก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่เกิดจากธรรมชาติจะมีอยู่มากในภาวะปกติก็ตาม แต่อัตราการเพิ่มปริมาณดังกล่าวก็จัดอยู่ในภาวะที่สมดุลในธรรมชาติส่วนก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากฝีมือมนุษย์นั้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเพิ่มพลังงานความร้อน ก๊าซไนตรัสออกไซด์นั้นมีศักยภาพที่จะทำให้โลกร้อนถึง 296 เท่าเมื่อเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีอายุประมาณ 120 ปี

(4) ไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (HFCs)

เป็นสารสังเคราะห์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมซึ่งเป็นสารที่ทำลายชั้นบรรยากาศโอโซนเป็นสาเหตุทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นเนื่องจากมีศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 20,000 เท่ามีอายุในชั้นบรรยากาศสูงสุดถึง 260 ปีซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เครื่องทำความเย็นในตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ โฟม กระป๋องสเปรย์ สารดับเพลิง สารชะล้าง ในอุตสาหกรรมอิเล็คทรอนิคส์ก๊าซไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอนจะมีอายุอยู่ในชั้นบรรยากาศเพียง 9-12 ปีแต่มีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 12-12,000 เท่า

(5) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์(SF_6)

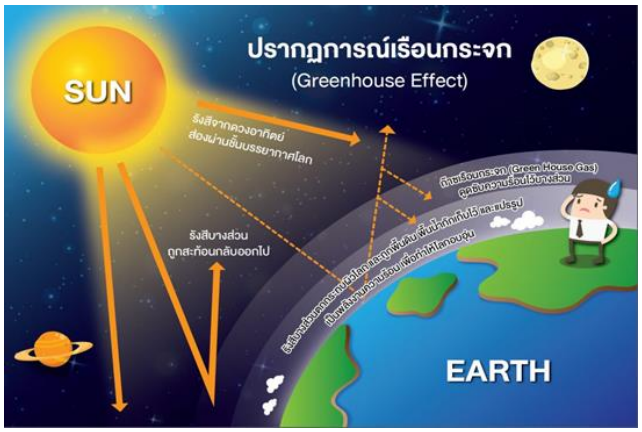
DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์เป็นสารประกอบอนินทรีย์ เป็นก๊าซโพพิแลนต์ไม่มีกลิ่น ไม่มีพิษ ไม่ไวต่อปฏิกิริยา มีความหนาแน่น 6.13 G/L ที่ระดับน้ำทะเลมากกว่าอากาศ 6 เท่า ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลาย นิยมใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะในการผลิตเซอร์กิตเบรกเกอร์ และสวิตช์เกียร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแรงสูง ก๊าซชนิดนี้มีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 22,000 เท่าและมีอายุอยู่ในชั้นบรรยากาศถึง 3,200 ปี

(6) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC_S)

เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ 5,700 ถึง 10,000 เท่า และมีอายุในบรรยากาศสูงสุด 50,000 ปี เพอร์ฟลูออโรคาร์บอนเป็นผลิตผลพลอยได้ของการหลอมอะลูมิเนียม นอกจากนี้ยังใช้ในการผลิตสารกึ่งตัวนำไฟฟ้าและใช้แทนสารเคมีที่ทำลายชั้นโอโซนต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามเพอร์ฟลูออโรคาร์บอนก็ยังถือเป็นก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ซึ่งก๊าซเหล่านี้เมื่อถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศแล้วก็จะไปห่อหุ้มโลกเอาไว้ เนื่องจากกลุ่มก๊าซเหล่านี้มีคุณสมบัติในการดูดซับรังสีอินฟาเรด ดังนั้นเมื่อมีก๊าซเหล่านี้มากขึ้นก็จะทำให้มีการดูดซับรังสีที่ถูกส่งมาจากดวงอาทิตย์มากขึ้นและเมื่อดูดเข้ามาในปริมาณที่มากแล้วก็จะทำให้โลกของเรามีอุณหภูมิที่สูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากความร้อนของดวงอาทิตย์ที่ส่งเข้ามาไม่สามารถทะลุออกไปได้ทั้งหมดจึงทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในโลกซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 รูปแสดงการเกิดก๊าซเรือนกระจก

ที่มา: https://www.pea.co.th

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

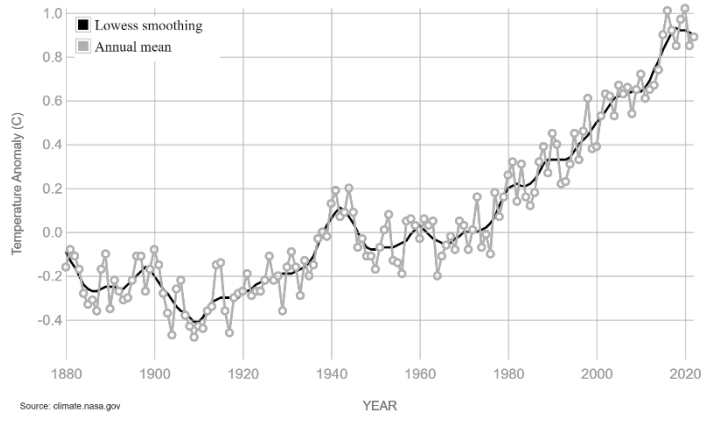
2.1.2 ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect)

ปรากฏการณ์เรือนกระจก คือ กระบวนการดูดซับรังสีอินฟาเรดโดยก๊าซเรือนกระจกไว้ภายในชั้นบรรยากาศโลก ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกมีความอบอุ่น ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Resources Canada, 2007)

(1) ความหมายของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซที่ห่อหุ้มโลก มีคุณสมบัติยอมให้แสงจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้าในชั้นบรรยากาศ แต่จะเก็บรังสีอินฟาเรดไว้ไม่ให้สะท้อนกลับออกไป ซึ่งช่วยให้อากาศบนโลกอบอุ่น โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศที่พอเหมาะ จะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยบนผิวโลกอยู่ในระดับที่เหมาะสมประมาณ 15 องศาเซียลเซียส โดย ก๊าซเรือนกระจกประกอบด้วยสารประกอบตามที่ได้อธิบายไว้ในตารางที่ 2.1 โดยก๊าซเหล่านี้ตามธรรมชาติมีปริมาณรวมกันไม่ถึงร้อยละ 1 ของบรรยากาศ แต่หากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นอย่างมหาศาลในปัจจุบันเกิดจากการกระทำของมนุษย์ตลอดยุคสมัยใหม่ ทำให้รังสีอินฟาเรดถูกดูดซับโดยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มมากขึ้นเกินสมดุล ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น และทำให้เกิดการปลียนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลก (Climate Change) อีกทั้งทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Global Warming Potential: GWP)

รายงานของ IPCC ระบุว่าพลังงานความร้อนสะสมโดยรวมเฉลี่ยอันเกิดจากผลกระทบโดยตรงของก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่เริ่มอุตสาหกรรมเกิดขึ้นบนโลกมีค่าประมาณ 2.45 วัตต์ต่อตารางกิโลเมตร ในขณะที่ผลกระทบทางอ้อมที่มีต่อโอโซนมีค่าประมาณ 0.5 วัตต์ต่อตารางกิโลเมตร ซึ่งผลกระทบจากก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อมนี้มีมากกว่าผลกระทบจากตัวการอื่นๆ หลายเท่าตัว สอดคล้องกับรายงานผลการตรวจวัดอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วพื้นผิวโลก ดังภาพที่ 2.2 ที่เป็นสาเหตุทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น



ภาพที่ 2.2 กราฟแสดงอุณหภูมิพื้นผิวโลกตั้งปีค.ศ.1880 – 2022

ที่มา: www.climate.nasa.gov

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2.1.3 การประเมินวัฏจักรวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCA)

(1) ความหมายและหลักการของการประเมินวัฏจักรชีวิต

ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่ / แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือที่สามารถประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นการสนับสนุนการตัดสินใจด้านสิ่งแวดล้อม

การประเมินวัฏจักรชีวิต เป็นกระบวนการที่มีวัตถุประสงค์ในการประเมินภาระด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์, กระบวนการหรือ กิจกรรม โดยการระบุพลังงาน, วัสดุที่ใช้, ของเสียที่เกิดขึ้นและ การปล่อยมลพิษที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อประเมินโอกาสที่จะเกิดการปรับปรุงสิ่งแวดล้อม (SETAC, 1991)

วัตถุประสงค์สำคัญของการดำเนินการ LCA ตามที่ SETAC (1993, p.7) คือ

- เพื่อให้เห็นภาพสมบูรณ์ของความเป็นไปได้ของการมีปฏิสัมพันธ์ของ กิจกรรมกับสิ่งแวดล้อม
- เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจในธรรมชาติโดยรวมและความเกี่ยวเนื่องกันของผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมของมนุษย์นั้น
- เพื่อให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจ ตัดใจสินใจด้วยข้อมูล ที่กำหนดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมเหล่านี้และระบุโอกาสในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อม

องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตราฐาน (International Organization for Standardization :ISO) ได้นิยามความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ไว้ในอนุกรมมาตราฐาน ISO 14040 ว่าเป็น “เทคนิคการประเมินลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อม (Environmental Aspects) และโอกาสของการเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Potential Environmental Impacts) ของผลิตภัณฑ์ โดยการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้าและสารขาออก ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ รวมถึงการแปลผลของการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Inventory Analysis) และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment)

(2) ที่มาของการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA)

ความเป็นมาของการศึกษา LCA นั้น เป็นผลสืบเนื่องมาจากนโยบายการประหยัดพลังงานของประเทศต่างๆ ที่พัฒนาหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อวิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานสำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมแต่ละประเภทอย่างละเอียด ตั้งแต่ปี ค.ศ.1970 จากนั้นได้มีการขยายผลไปสู่การวิเคราะห์ทรัพยากรและผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารมลพิษตลอดจนของเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากภาครัฐของประเทศต่างๆ เริ่ม

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

นำผลการศึกษา LCA ไปใช้มากขึ้น ตั้งแต่ปี ค.ศ.1980 และมีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณผลกระทบ (เช่น การทำให้โลกร้อนขึ้นและการลดลงของทรัพยากร เป็นต้น) ของผลิตภัณฑ์สำหรับเปรียบเทียบความรุนแรงของปัญหาที่แตกต่างกัน ทำให้การศึกษาวิจัยด้าน LCA เริ่มเป็นที่สนใจมากขึ้นและมีการใช้อย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม จากการที่มีการใช้วิธีการข้อมูลและตีความที่ต่างกันจึงต้องมีการกำหนดมาตราฐานในการรายงานผล ซึ่งหลังจากได้มีการจัดประชุมระดับนานาชาติเกี่ยวกับวิธีการต่างๆ และหลักเกณฑ์การปฏิบัติสำหรับการจัดทำ LCA ขึ้น ปัจจุบันอยู่ภายใต้การดูแลของสมาคม Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)

ความรู้เรื่อง LCA ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และเป็นที่ยอมรับมากขึ้น มีการนำมาใช้ในการกำหนดกลยุทธ์และนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม เช่น โครงการด้านสิ่งแวดล้อมของสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme: UNEP) มีการส่งเสริมการจัดทำ LCA ภายใต้โครงการ Lift Cycle Initiative นอกจากนี้ บริษัทผู้ประกอบการในยุโรปกลุ่มหนึ่งได้ร่วมกันจัดตั้งองค์กรเอกชนในนามของ Society for the Promotion of Life Cycle Development (SPOLD) เพื่อส่งเสริมการนำแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาถึงผลกระทบตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตนอกจากนี้ องค์กรมาตรฐานสากล (International Standards Organization: ISO) ได้จัดทำอนุกรมมาตรฐานการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ชุด ISO 14040 เพื่อกำหนดรูปแบบ วิธีการ และขั้นตอน เพื่อเป็นมาตรฐานให้นักวิจัยด้าน LCA ได้ใช้ในการศึกษาต่อไป

(3) อนุกรมมาตราฐาน ISO 14040

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป็นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์หรือหน้าที่การใช้งานของผลิตภัณฑ์ ซึ่งช่วยสนับสนุนการตัดสินใจทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยเน้นผลเชิงปริมาณที่ชัดเจนการศึกษา LCA จึงมีความซับซ้อน เพราะต้องทำการวิเคราะห์ตั้งแต่แหล่งกำเนิดของทรัพยากรที่นำมาใช้ไปจนถึงการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนสุดท้ายในทุกประเด็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งจากการใช้ทรัพยากร และสารมลพิษที่ถูกปล่อยออกมา โดยมองผลกระทบในภาพรวมที่เกิดต่อโลกเช่น การทำให้เกิดฝนกรดให้โลกร้อนขึ้น เป็นต้นนับเป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมอีกหนึ่งประเภทที่อยู่ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14000 ทั้งนี้มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับ LCA มีทั้งหมด 7 ฉบับ ได้แก่

(1) ISO 14040 – Life Cycle Assessment – Principles and Framework เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงหลักการ นิยามศัพท์ และกรอบการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

(2) ISO 14041 – Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Life Cycle Inventory Analysis เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการกำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขต การวิเคราะห์และจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (LCI)

(3) ISO 14042 - Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

(4) ISO 14043 - Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการแปลผลข้อมูลที่ได้จากการทำ LCI และ LCIA

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

(5) ISO/TR 14047 - Life Cycle Assessment – Illustrative examples on how to apply ISO 14042 – Life Cycle Impact Assessment เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14042 สำหรับวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

(6) ISO/TR 14048 - Life Cycle Assessment – LCA Data Documentation Format เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างรูปแบบเอกสารของข้อมูลด้าน LCA

(7) ISO/TR 14049 - Life Cycle Assessment – Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตราฐาน ISO 14041 สำหรับจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (International Organization for Standardization, 1998)

2.1.4 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในแง่ของวัฏจักรวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Energy Life Cycle Analysis)

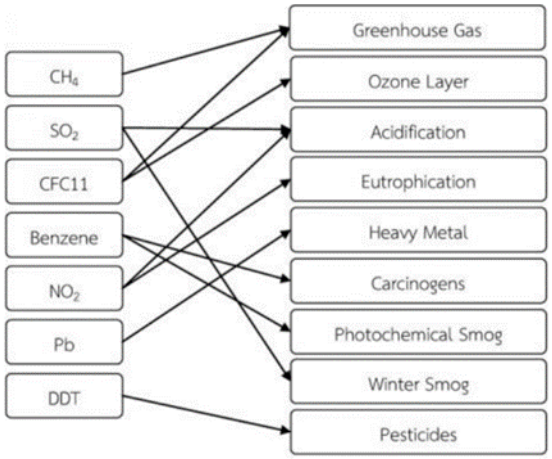
การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) เป็นการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตในช่วงอายุของผลิตภัณฑ์ต่างๆโดยเริ่มตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบต่างๆตลอดจนการกำจัดซากหลังการใช้งานเพื่อให้ได้ค่าที่ต้องการในรูปแบบต่างๆ จากภาพที่ 2.3 แสดงหลักการและขอบเขตของการวิเคราะห์ Life Cycle Analysis ซึ่งจะเห็นได้ว่าในการวิเคราะห์นั้นจะเริ่มต้นจากในส่วนของการจัดหาวัตถุดิบ ผลิตวัตถุดิบ ผลิตวัสดุ ขนส่ง ใช้งาน และการรีไซเคิลหรือการกำจัดซาก ในแต่ละช่วงนั้นจะมีการใช้พลังงานหรือสิ่งที่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งการวิเคราะห์ Life Cycle Analysis นั้นจากการศึกษางานวิจัยต่างๆ สามารถสรุปได้ว่าปัจจุบันได้มีการแบ่งการวิเคราะห์หลักๆ ออกเป็น 3 ประเภทได้แก่

ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะของวัฏจักรการวิเคราะห์ Life Cycle Analysis

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

(1) Life Cycle Assessment

เป็นการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ต่างๆตลอดทั้งวัฏจักร ตั้งแต่การสกัด การผลิต การประกอบ การใช้งาน การบำบัด ตลอดจนการกำจัดซากภายหลังการใช้งาน โดยในงานวิจัยจะมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน โดย จุดประสงค์ของการวิเคราะห์เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ซึ่งการวิเคราะห์ Life Cycle Assessment นั้นจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลของสารขาเข้าและสารขาออกแล้วจัดกลุ่มของผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นโดยแบ่งได้ดังนี้



ภาพที่ 2.4 การจำแนกสารตามประเภทต่างๆของผลกระทบ

ที่มา: อ้างอิงจาก Goedkoop et al.,1996

(2) Life Cycle Energy Analysis

เป็นการประเมินการใช้พลังงานต่างๆที่เกิดขึ้นโดยตรงตลอดทั้งวัฏจักรของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เพื่อหาค่าการใช้พลังงานต่างๆของผลิตภัณฑ์และปรับปรุงการใช้พลังงานนั้นให้มีการใช้พลังงานได้ อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการวิเคราะห์ Life Cycle Energy Analysis หรือ LCEA นั้นจะมีรูปแบบการวิเคราะห์ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับ LCA คือจะวิเคราะห์กระบวนการ ต่างๆ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งานตลอดจนการกำจัดซากแต่จะวิเคราะห์ เพียงแต่เฉพาะในส่วนของการใช้พลังงานเท่านั้น ซึ่งพลังงานที่มีการนำมาวิเคราะห์ประกอบไปด้วย ไฟฟ้า เชื้อเพลิงและน้ำประปา พลังงานนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่พลังงานที่ตัวผลิตภัณฑ์กักเก็บไว้และพลังงานงานที่เกิดจากการใช้งานของผลิตภัณฑ์ พลังงานที่ผลิตภัณฑ์สะสมไว้หรือ Embodied Energy คือพลังงานที่เกิดจากการผลิตวัสดุและการนำวัสดุมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ พลังงานที่เกิดจากการใช้งานหรือ Operation Energy คือพลังงานที่เกิดจากการใช้งานผลิตภัณฑ์

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

นั้น สำหรับอาคารจะมีการพลังงานสะสมหรือ Embodied Energy ที่เกิดขึ้นคือตัววัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารรวมถึงการใช้พลังงานในช่วงของการก่อสร้างอาคาร ส่วนพลังงานที่เกิดจากการใช้งาน หรือ Operation Energy ของอาคารคือพลังงานที่เกิดขึ้นในช่วงของการใช้งานอาคารนั่นเอง

(3) Life Cycle Economic Input – Output Analysis

เป็นการวิเคราะห์อุปสงค์ อุปทาน และเศรษฐศาสตร์ด้านอื่นๆโดยรวมของระบบโดยวิธีการนี้ จะวิเคราะห์ตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลต่างๆทางด้านเศรษฐศาสตร์ของผลิตภัณฑ์ และทำการวางแผนปรับปรุงต่อไป แต่ข้อเสียของวิธีนี้จะคำนึงถึงด้านอื่นๆนอกจากด้านเศรษฐศาสตร์ เท่านั้น จึงทำให้บางครั้งผลที่ออกมาจากการวิเคราะห์ส่งกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก แต่หากจะลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้มีผลกระทบน้อยก็จะไม่คุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ในการวิเคราะห์ Life Cycle Analysis นั้นจะแบ่งขอบเขตในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันไป ตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่นำมาวิเคราะห์ ปัจจุบันการวิเคราะห์ Life Cycle มีการแบ่งขอบเขตการวิเคราะห์ได้ 5 รูปแบบดังนี้

1) Cradle to Grave

การวิเคราะห์แบบ Cradle to Grave คือการวิเคราะห์ทั้งวัฏจักรโดยเริ่มตั้งแต่การผลิต วัตถุดิบ การผลิตวัสดุ การประกอบ การใช้งาน การจัดจำหน่าย การใช้งานตลอดจนการกำจัดซาก หรือการรีไซเคิลวัสดุหลังจากการใช้งานสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.5 การวิเคราะห์ลักษณะนี้ได้รับ ความนิยมอย่างมาก เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์แบบครบวัฏจักรทำให้ทราบแหล่งที่มาของสิ่งต่างๆได้อย่างชัดเจน

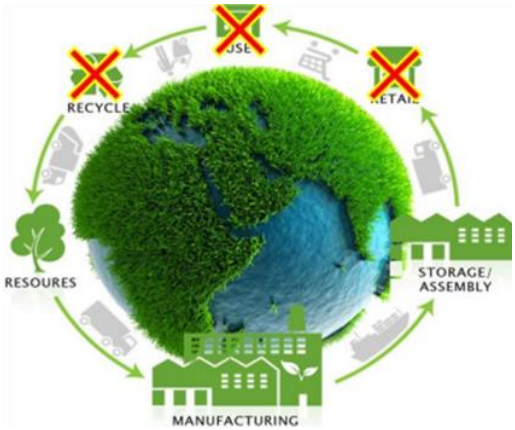
ภาพที่ 2.5 แสดงวัฏจักรของการวิเคราะห์ Life Cycle แบบ Cradle to Grave

2) Cradle to Gate

การวิเคราะห์แบบ Cradle to Gate เป็นการวิเคราะห์ตั้งแต่การผลิตวัตถุดิบ การผลิตวัสดุ การประกอบจนพร้อมใช้งานซึ่งไม่ได้รวมถึงการใช้งานและการกำจัดซากหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการวิเคราะห์เพียงครึ่งวัฏจักรของผลิตภัณฑ์เท่านั้น สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.6 การวิเคราะห์ลักษณะนี้ มักจะนิยมใช้กับ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

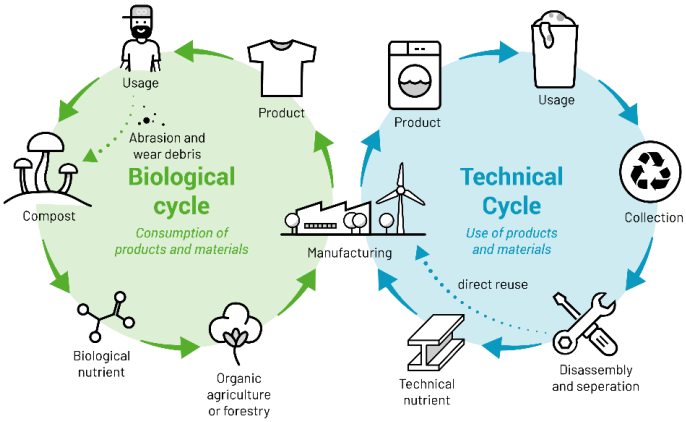
ผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานค่อนข้างยาวนานหรือไม่สามารถระบุได้ว่าจะใช้งาน เมื่อใดรวมถึงการบำรุงรักษาเมื่อใดบ้าง ตัวอย่างเช่น อาคาร เครื่องจักร รถยนต์ เป็นต้น เนื่องจากอนาคตนั้นอาจมีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ ในการ กำจัดซากเข้ามาใช้งาน



ภาพที่ 2.6 แสดงวัฏจักรของการวิเคราะห์ Life Cycle แบบ Cradle to Gate

3) Cradle to Cradle

การวิเคราะห์ลักษณะนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อที่จะนำส่วนที่เป็นของเหลือจากการใช้งานมาทำการ Recycle ทั้งหมดเพื่อให้ได้วัตถุดิบหรือวัสดุใหม่ขึ้นมาเพื่อให้ของเหลือที่เกิดจากวัฏจักรของ ผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับศูนย์ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.7 ซึ่งการวิเคราะห์ลักษณะนี้เริ่มมีการวิเคราะห์ เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เช่น Peng Wang et al. (2017) ได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบความเป็นไปได้ของ การ Recycle เหล็กในรูปแบบต่างๆโดยคิดตามลักษณะ Cradle to Cradle และ Niero et al. (2016) ได้ทำการวิเคราะห์ Cradle to Cradle ของการใช้กระป๋องอลูมิเนียม เป็นต้น



ภาพที่ 2.7 แสดงวัฏจักรของการวิเคราะห์ Life Cycle แบบ Cradle to Cradle

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Cradle-to-cradle

4) Gate to Gate

เป็นการวิเคราะห์เฉพาะในส่วนของกระบวนการผลิตถึงพร้อมใช้งานเท่านั้นไม่ได้คำนวณในส่วนของการผลิตวัตถุดิบ การใช้งานและการกำจัดซาก ซึ่งโดยส่วนมากวิธีการลักษณะนี้มักนิยมใช้กับ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถระบุอายุการใช้งานและประเภทที่นำไปใช้งานได้ เช่น Buchanan et al. (1999) ได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบของการผลิตและแปรรูปไม้ที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งไม่ได้นับรวมถึงการใช้งานจะคิดแค่แปรรูปไม้เสร็จเท่านั้น สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 แสดงวัฏจักรของการวิเคราะห์ Life Cycle แบบ Gate to Gate

5) Well to Wheel

เป็นการวิเคราะห์เฉพาะในส่วนของการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงในการขนส่งตลอดทั้งวัฏจักรตั้งแต่การสกัดจนถึงการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ โดยส่วนใหญ่จะใช้การคำนวณนี้กับผลิตภัณฑ์ที่มีการ ขนส่งจำนวนมาก เช่น Rahman et al. (2015) ได้วิเคราะห์การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งน้ำมันดิบในอเมริกาเหนือ หรือ Bicer et al. (2016) ได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงในการ ขนส่งของยานพาหนะ โดยอาศัยรูปแบบการวิเคราะห์แบบ Well to Wheel สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.9

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 2.9 แสดงวัฏจักรของการวิเคราะห์ Life Cycle แบบ Well to Wheel

2.1.5 การวิเคราะห์การใช้พลังงานงานในแง่ของวัฏจักรวงจรชีวิตของการก่อสร้าง (Energy Life Cycle Analysis of Construction)

ในงานวิจัยของ Panagiotis et al.(2016), Xining Yang et al.(2018) และ Luisa F.Cabeza et al.(2014) ได้ระบุตรงกันว่าในการวิเคราะห์การใช้พลังงานในแง่ของวัฏจักรวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ของการก่อสร้างนั้นจะเป็นการวิเคราะห์ตั้งแต่เริ่มผลิตวัสดุก่อสร้างไม่ว่าจะเป็นการระเบิดภูเขาเพื่อให้ ได้ปูน การถลุงแร่เพื่อให้ได้เหล็ก การตัดไม้เพื่อมาทำไม้แบบ ฯลฯ ต่อมาก็จะเป็นในส่วนของการแปร รูปวัสดุเช่น การหลอมเหล็ก โม่ปูน หรือขึ้นรูปพลาสติก หลังจากที่ได้ผลิตภัณฑ์แล้วก็จะเป็นในส่วน ของการเริ่มก่อสร้างที่จะต้องมีการใช้พลังงานที่ค่อนข้างสูง ภายหลังจากการสร้างเสร็จแล้วก็จะเกิด การใช้พลังงานในช่วงของการใช้งานอาคารซึ่งจากการศึกษางานวิจัยอื่นๆพบว่าเป็นช่วงที่มีการใช้ พลังงานมากที่สุดเนื่องจากเป็นช่วงที่มีการใช้งานค่อนข้างนานจึงทำให้มีการพลังงานที่ใช้สะสมไว้เป็นปริมาณมาก เมื่อสิ้นสุดการใช้งานก็จะเป็นในส่วนของการทำลายหรือการกำจัดซากโดยการกำจัดซาก ก็จะมีการใช้พลังงานในส่วนของการรื้อถอนและการกำจัดซากโดยการรื้อถอนก็จะมีการใช้พลังงานใน การรื้อถอน ส่วนการกำจัดซากนั้นอาจนำไปรีไซเคิลหรืออาจนำไปฝังกลบนั้นต้องพิจารณาต่อไป

นอกจากการใช้พลังงานจากอาคารทั้งวัฏจักรที่กล่าวไปข้างต้นแล้วยังมีอีกส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการในวัฏจักรนั่นคือการขนส่งและการซ่อมแซมบำรุงรักษาในการขนส่ง ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงนั้นจะขึ้นอยู่กับหลากหลายปัจจัย เช่น ระยะทาง น้ำหนักที่บรรทุกรวมไปถึงประเภทรถที่ใช้ดังนั้นในส่วนของการขนส่งเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ จึงควรทำการเก็บข้อมูลจริงจากหน้างานเท่านั้น ในส่วนของการซ่อมแซมบำรุงรักษาอาคารนั้นมีการบำรุงรักษาที่แตกต่างกันการใช้งานก็แตกต่างกันดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากใน การเก็บข้อมูลจึงทำให้งานวิจัยส่วนใหญ่จึงมองข้ามในส่วนนี้ไป

2.1.6 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุ (Emission Factor of Material)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ในการก่อสร้างนั้นก็จะมีวัสดุที่หลากหลายที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างและวัสดุที่จะนำมาใช้แต่ ละประเภทก็จะมีค่าการใช้พลังงานต่างในการผลิตซึ่งในงานวิจัยนี้จะมองในมุมของการส่งผลกระทบ ต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเราสามารถนำเอาข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ University of Bath ซึ่งค้นคว้าโดย Hammond & Jones จากสถาบัน Institution of Civil Engineers (ICE) มาใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ในการก่อสร้างวัสดุหลักๆที่ใช้ในการก่อสร้างครั้งนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor: EF) ดังตารางที่ 2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งปรับปรุงล่าสุดเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน ค.ศ. 2019 เป็นเวอร์ชั่น 3.0

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

Materials	Unit	Embodied Energy (MJ/kg)	GHG emission ($kgCO_2eq/kg$)
Metal	kg	35.40	2.89
Concrete	kg	1.11	0.174
Sand	kg	0.081	0.0051
Wood	kg	10.00	0.31
PVC	kg	77.20	3.10
Glass	kg	15.00	0.91
Aluminum	kg	155	9.16
Stainless	kg	56.70	6.15
Brick	kg	3.00	0.24

ที่มา: อ้างอิงจาก Hammond & Jones (2019)

สำหรับค่าพลังงานสะสม (Embodied Energy: EE) นั้นคือค่าการใช้พลังงานต่างๆในช่วงผลิตผลิตภัณฑ์หรืออาจกล่าวได้ว่าพลังงานที่สะสมของผลิตภัณฑ์นั้นมาจากพลังงานที่มาจากการผลิต วัตถุดิบที่จะนำมาใช้สร้างผลิตภัณฑ์จึงถือได้ว่าเป็นพลังงานสะสมของผลิตภัณฑ์ซึ่งมีหน่วยเป็น MJ/kg (เมกกะจูนต่อกิโลกรัม) ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG) เป็นปริมาณก๊าซ เรือนกระจกที่มาจากวัสดุที่ใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์มีหน่วยเป็น $kgCO_2e/kg$ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัม)

ตารางข้างต้นจะเห็นได้ว่ากลุ่มวัสดุที่เป็นโลหะจะมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ค่อนข้างสูง หรือสามารถอธิบายอีกนัยหนึ่งได้ว่าในงานกลุ่มโลหะนั้นกว่าจะมาเป็นวัสดุที่พร้อมใช้งาน นั้นจะผ่านกระบวนการต่างๆที่มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูงจึงทำให้ตัวเลขต่างๆนั้นมีค่าสูงดั่งที่แสดงไว้ ในตารางข้างต้น

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2.1.7 การคำนวณก๊าซเรือนกระจก

สูตรในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประประเภทนั้นสามารถใช้สูตรคำนวณ ได้ดังนี้

(1) การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุก่อสร้าง ใช้สูตรดังนี้

(1) $E_i = \Sigma M_j^i \times f_j^i \ / \ 1000$ **(1.)**

เมื่อ E_i คือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของอาคารทั้งหมดจากวัสดุ (หน่วยเป็นตัน CO_2-e) (CO_2-e: เทียบเท่ากับ CO_2)

M_j^i คือจำนวนผลรวมของวัสดุก่อสร้าง (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

f_j^i คือปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับวัสดุก่อสร้าง (หน่วยเป็น kg.CO_2-e/kg.) CO_2

(2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งวัสดุก่อสร้าง ใช้สูตรดังนี้

$$E_{ii} = \sum M_j^{ii} x \left(T_j^l \times f_l^{ii} + T_j^s \times f_s^{ii}\right)/1000 \qquad \textbf{(2.)}$$

เมื่อ E_{ii} คือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของการขนส่งวัสดุก่อสร้างทั้งหมด(หน่วยเป็นตัน CO_2-e) (CO_2-e: เทียบเท่ากับ CO_2)

m_j^{ii} คือจำนวนวัสดุก่อสร้าง (หน่วยเป็นตัน)

T_j^l คือเป็นระยะทางรวมของการขนส่งวัสดุก่อสร้างทางบก (หน่วยเป็นกิโลเมตร)

f_l^{ii} คือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการขนส่งทางบก (หน่วยเป็นตัน CO_2-e / กม.)

T_j^s คือเป็นระยะทางรวมของการขนส่งวัสดุก่อสร้างทางทะเล (หน่วยเป็นกิโลเมตร)

f_s^{ii} คือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการขนส่งทางทะเล (หน่วยเป็นตัน CO_2-e /กม.)

(3) สูตรที่ใช้ในคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของอุปกรณ์และเครื่องจักรในการก่อสร้าง ใช้สูตรดังนี้

$$E_{iii} = \Sigma F_l^{iii} \times f_l^{iii} \ / \ 1000 \qquad \textbf{(3.)}$$

เมื่อ E_{iii} คือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของอุปกรณ์ก่อสร้าง(หน่วยเป็นตัน CO2-e)

F_l^{iii} คือปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการก่อสร้าง (หน่วยเป็นลิตร)

f_l^{iii} คือปริมาณการปล่อยเชื้อเพลิงที่ใช้อุปกรณ์ก่อสร้าง (ในหน่วยเป็นกิโลกรัม *CO_2-e* / ลิตร)

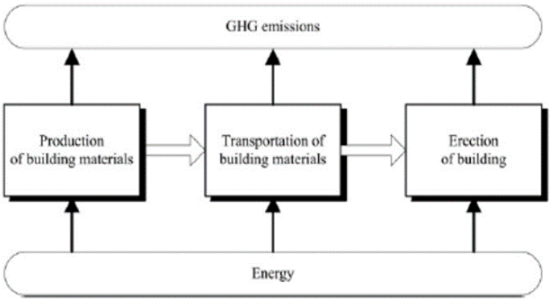
DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ผู้ทำวิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาของหลายๆ งานวิจัยที่มีการทำวิจัยเกี่ยวกับ เรื่องที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ซึ่งในส่วนของหัวข้องานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่ได้ศึกษา มาบางส่วน เพื่อให้เห็นแนวทางและเปรียบเทียบของงานวิจัยที่จะทำ เช่น ในงานวิจัยของ Hui Yan et al.(2010) ได้ทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานของการก่อสร้างอาคาร One Peking โดยศึกษาในแง่ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในฮ่องกง โดยในงานวิจัยดังกล่าวได้จัดทำการศึกษาในรูปแบบ LCA โดยขอบเขตของการศึกษานี้จะใช้ขอบเขตแบบ Cradle to Gate คือการศึกษาการใช้พลังงานเพียงแค่ตึกสร้างเสร็จ

2.2.1 ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตของระบบกระบวนการที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารคือการผลิตวัสดุก่อสร้าง (รวมถึงการได้มาซึ่งวัตถุดิบวัสดุและการผลิตวัสดุก่อสร้าง) การขนส่งของวัสดุก่อสร้างไปยังสถานที่ก่อสร้าง และการก่อสร้างอาคาร (รวมถึงการกำจัดของเสียและวัสดุเสริมที่เกิดขึ้นด้วยงานก่อสร้าง) ขอบเขตของระบบการศึกษานี้คือจำกัดเฉพาะกระบวนการข้างต้น และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีสาเหตุมาจากการใช้พลังงานในกระบวนการเหล่านี้ ดังแสดงในภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 แสดงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในวัสดุก่อสร้างจากการใช้พลังงานในการผลิตวัสดุก่อสร้างก่อนขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง

ที่มา: อ้างอิงจาก Hong,J.et al.,2010

2.2.2 กรณีศึกษาอาคาร One Peking

อาคารวันปักกิ่ง (One Peking) เป็นอาคารพาณิชย์ในฮ่องกง โดยเริ่มก่อสร้างในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2544 และสร้างเสร็จในเดือนเมษายน พ.ศ. 2546 และอาคารหลังนี้เป็นอาคารสูงที่ประสบความสำเร็จตามมาตราฐาน HK-BEAM อยู่ในมาตราอาคารระดับดีเยี่ยม ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับกายภาพอาคารวันปักกิ่ง (One Peking) แสดงในตารางที่ 2.3 และวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารวันปักกิ่ง

ตารางที่ 2.3 แสดงข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการก่อสร้างอาคารวันปักกิ่ง

Items	Value
Scope of work	Office + retail
Structure	RC (Reinforced Concrete)
Storeys	F30
CFA	43,210 m^2
Contract value	HK$ 550 million

ที่มา: อ้างอิงจาก Hong,J.et al.,2010

มีปริมาณการนำเข้าวัตถุดิบจากประเทศต้นทางถึงฮ่องกงในปี พ.ศ.2545 หารด้วยปริมาณนำเข้าทั้งหมดคูณปริมาณทั้งหมดของวัสดุก่อสร้างทั้งหมด ยกเว้น คอนกรีตผสมเสร็จและเหล็กเส้น เท่ากับ 21,547.8 ตัน ดังแสดงในตารางที่ 2.

ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณวัสดุก่อสร้างและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในวัสดุก่อสร้างจากการใช้พลังงาน ในการผลิตวัสดุก่อสร้าง และขนส่งมายังสถานที่ก่อสร้าง

Materials[a]	Country of origin[b]	Distance from site (km)[b]		Quantity (ton)[d]	Specific element	CO_2 emission factor (kg CO_2/kg)[e]	GHG emission factor (kg CO_2-e/kg)[g]
		Land	Sea				
Ready mix concrete	HK	20.0[c]	0	59,628.0[b]	Concrete, 30 MPa	0.159	0.170
Sand				19,674.1	Sand	0.0069	0.0074
Reinforcement bars				6,089.0[b]	Steel, reinforced, recycled	0.352	0.377
					Steel, reinforced, virgin	1.242	1.330
Lintel				1,445.9	Concrete, 30 MPa	0.159	0.170
Glass and glazing				190.3	Glass, float	1.735	1.858
Door frames/panels	China	250.0	150.0	96.2	Timber, glulam	−1.141	−1.141
Windows frames				65.7	Aluminum, recycled	0.622	0.666
					Aluminum, virgin	8.000	8.566
Stainless steel fire rated door				36.3	Steel, stainless	5.457	5.843
Cement				2.7	Cement, dry	0.967	1.035
Stainless steel cat ladder/Balustrade				0.3	Steel, stainless	5.457	5.843
Granite	India	3077.9	6797.0	35.1	Artificial stone	0.0404[f]	0.043
Aluminum suspended ceiling	UK	877.9	18240.0	0.6	Aluminum, recycled	0.622	0.666
					Aluminum, virgin	8.000	8.566
Aluminum suspended ceiling	USA	5463.4	18753.3	0.4	Aluminum, recycled	0.622	0.666
					Aluminum, virgin	8.000	8.566
Curtain walling	Singapore	4511.1	2496.7	0.2	Glass, float	1.735	1.858
Total				87,264.8[b]			

ที่มา: อ้างอิงจาก Hong,J.et al.,2010

ปริมาณการนำเข้ากระจกจากจีนไปยังฮ่องกงในปี พ.ศ. 2545 มีจำนวน 73,706,150 ตันและปริมาณนำเข้าทั้งหมดของวัสดุทั้งหมดที่ระบุไว้ในตารางที่ 2.4 ในปี พ.ศ. 2545 คือ 8,344,141,627 ตัน ดังนั้นสัดส่วนของกระจกคือ 0.88% (73,706,150 / 8,344,141,627) แล้วคูณปริมาณรวมของวัสดุก่อสร้างทั้งหมด

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ยกเว้นคอนกรีตผสมเสร็จ และเหล็กเส้น (21,547.8 ตัน) จะได้ปริมาณกระจก (190.3 ตัน) ในตารางที่ 2.4 ปัจจัยการปล่อย CO_2 และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปัจจัยถูกปรับโดยการคำนวณใน CH_4 และ N_2O โดยใช้ข้อมูลสถิติใน EEA (European Economic Area) หรือเขตเศรษฐกิจยุโรป สำหรับ 28 ประเทศในยุโรป สำหรับไฟฟ้ากระบวนการผลิตและหมวดการขนส่งทางถนน CH_4 และ N_2O คิดเป็น 0.0144% และ 0.0219% ของ CO_2 และศักยภาพโลกร้อนของ CH_4 และ N_2O คือ 21 และ 310 แต่สำหรับไม้ เนื่องจากข้อมูลสัดส่วนการปล่อย CO_2 จากการผลิตไม้และการดูดซึมระหว่างการเจริญเติบโตของไม้ไม่ทราบปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไม้จนครบกำหนด

ส่วนผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุก่อสร้างโดยเฉพาะในการก่อสร้างอาคารวันปักกิ่ง ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุก่อสร้างโดยเฉพาะในการก่อสร้าง อาคารวันปักกิ่ง

Specific element	Quantity (tons)	GHG (recycled materials) (tons CO_2-e)	Percentage	GHG (virgin materials) (tons CO_2-e)	Percentage
Concrete, 30 MPa	61,073.9	10,382.56	77.89%	10,382.56	52.81%
Steel, reinforced	6089.0	2295.55	17.22%	8098.37	41.19%
Glass, float	190.5	353.95	2.66%	353.95	1.80%
Steel, stainless	36.6	213.85	1.60%	213.85	1.09%
Sand	19,674.1	145.59	1.09%	145.59	0.74%
Aluminum	66.7	44.42	0.33%	571.35	2.91%
Cement, dry	2.7	2.79	0.02%	2.79	0.01%
Artificial stone	35.1	1.51	0.01%	1.51	0.01%
Timber, glulam	96.2	−109.76	−0.82%	−109.76	−0.56%
Total	87,264.8	13,330.47	100.00%	19,660.22	100.00%

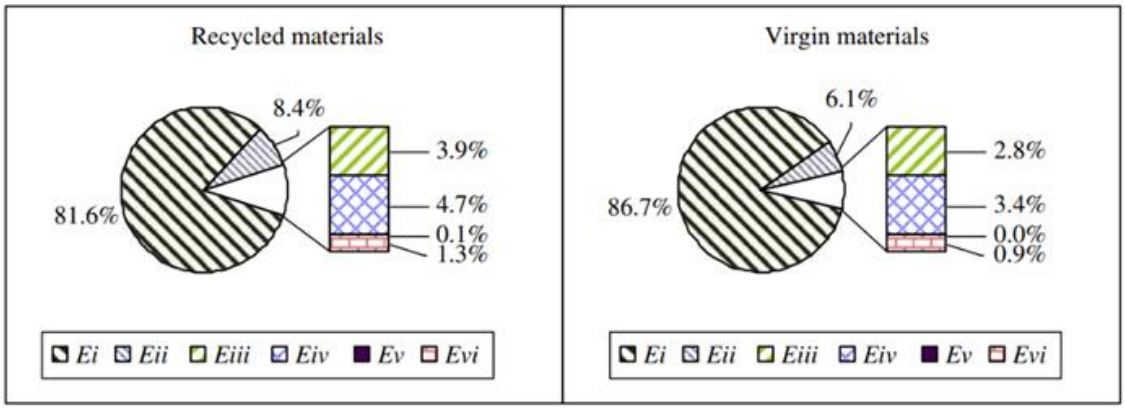
ที่มา: อ้างอิงจาก Hong,J.et al.,2010

2.2.3 บทสรุปการวิเคราะห์การปล่อยมลพิษในกรณีศึกษานี้

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารวันปักกิ่งจากภาพแสดงที่ 2.11 เราจะเห็นว่าสำหรับใช้เหล็กและอะลูมิเนียมเสริมแรงแบบรีไซเคิล 90.0% ของทั้งหมดเป็นการปล่อยมลพิษที่เกิดจากการผลิตและการขนส่งของอาคารวัสดุ 81.6% มาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ 8.4% มาจากการขนส่ง 8.6% จาก

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

การใช้พลังงานของอุปกรณ์ก่อสร้างเกี่ยวกับ1.3% เกิดจากการกำจัดของเสียจากการก่อสร้าง และมีเพียง 0.1% เกิดจากการใช้พลังงานสำหรับทรัพยากรการประมวลผล สำหรับการใช้งานเหล็กและอะลูมิเนียม เสริมแรงบริสุทธิ์ 92.8% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเกิดจากการผลิตและการขนส่งวัสดุวัสดุก่อสร้าง โดย 86.7% มาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในตัว และ 6.1% มาจากการขนส่ง 6.2% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจะครบกำหนดต่อการใช้พลังงานของอุปกรณ์ก่อสร้างประมาณ 0.9% คือ เนื่องจากการกำจัดของเสียจากการก่อสร้าง และมีเพียงน้อยกว่า 0.1% เนื่องจากการใช้พลังงานสำหรับทรัพยากรการประมวลผล



ภาพที่ 2.11 แสดงเปอร์เซ็นต์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารวันปักกิ่ง

ที่มา: อ้างอิงจาก Hong,J.et al.,2010

ผลลัพธ์บ่งชี้ว่าไม่ว่าจะใช้วัสดุรีไซเคิลหรือวัสดุบริสุทธิ์การผลิต (E_i) และการขนส่งวัสดุก่อสร้าง (E_{ii}) และการใช้พลังงานเชื้อเพลิง(E_{iii}) และไฟฟ้า(E_{iV}) ของเครื่องมือและอุปกรณ์ก่อสร้าง(E_{iii}) มีส่วนร่วมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในการก่อสร้างอาคารนอกจากนี้ การใช้วัสดุรีไซเคิลยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตวัสดุได้ 5.1% มากกว่าการใช้วัสดุบริสุทธิ์ ดังนั้นเราสามารถสรุปได้ว่า โดยการใช้วัสดุก่อสร้างที่รีไซเคิลและได้การขนส่งวัสดุก่อสร้างทางทะเลและการนำเทคโนโลยีการก่อสร้างมาช่วยในการการประหยัดพลังงาน เราสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้างอาคารได้

2.3 การศึกษาบทความทีเกี่ยวข้องเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

วิธีตามกระบวนการการจำลองกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หรือบริการโดยใช้ไดอะแกรมการไหลของกระบวนการ สำหรับทุกกิจกรรมทั้งกระบวนการ วัสดุ และพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในมีการระบุกระบวนการนั้นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการปล่อยมลพิษสามารถวัดได้ทางบัญชีสำหรับการผลิต

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ของวัสดุและการใช้พลังงานตัวอย่าง เช่น Gustavsson และ Sathre ตรวจสอบพลังงานการใช้วัสดุก่อสร้างจากไม้และคอนกรีต และคำนวณการปล่อย CO_2 จากพลังงานประเภทต่างๆ คำนวณการใช้พลังงานโดยใช้ตัวเป็นแปรความเข้มข้นของพลังงานสำหรับการผลิตวัสดุก่อสร้าง การขนส่งวัสดุก่อสร้าง และติดตั้งอาคารประเภทต่างๆ ส่วนประกอบ Gonza'lez และ Navarro และ Dimoudi และ Tompa คำนวณการปล่อย CO_2 เนื่องจากการผลิตวัสดุก่อสร้างโดยใช้ปัจจัยการปล่อย CO_2 ของอาคารแต่ละประเภทวัสดุ

Literature sources in chronological order	Included GHG emissions					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Reference **[1]**	✓					
Reference [3]	✓			✓		
Reference [4]	✓			✓		
Reference [5]		✓	✓	✓	✓	
Reference [6]	✓					
Reference [7]	✓			✓		
Reference [8]		✓	✓	✓		✓
Reference [9]	✓			✓		
Reference [10]	✓					
Reference [11]	✓					
Reference [12]	✓	✓	✓			
Reference [13]	✓	✓		✓		✓
Reference [14]				✓		

ภาพที่ 2.12 แสดงแหล่งงานวิจัยที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการก่อสร้างอาคารซึ่งรวมอยู่ในการศึกษาก่อนหน้านี้

ที่มา: อ้างอิงจาก Hong,J.et al.,2010

หมายเหตุ. (1) การผลิตวัสดุก่อสร้าง (2) การขนส่งสำหรับอาคารวัสดุ (3) การขนส่งอุปกรณ์ก่อสร้าง (4) การใช้พลังงานของอุปกรณ์ก่อสร้าง (5) การขนส่งคนงาน (6) การกำจัดขยะจากการก่อสร้าง

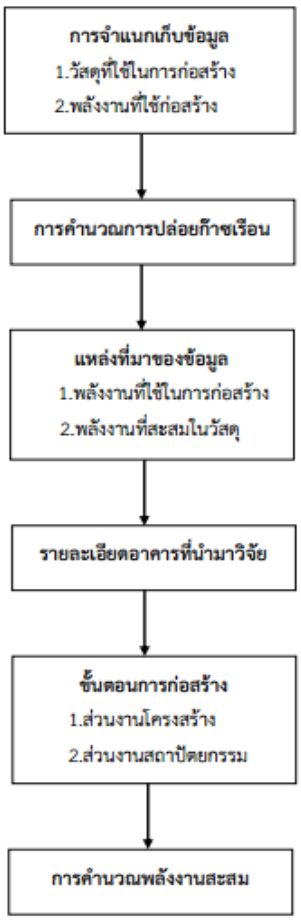
DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

ในการศึกษางานวิจัยนี้จะศึกษาการใช้พลังงานและค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการก่อสร้างอาคารและการใช้วัสดุก่อสร้างอาคารสำนักงาน-พาณิชย์ของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ซึ่งอาคารนี้มีขนาดความสูง 30 ชั้น ความสูง 132.45 เมตร มีจำนวนห้องชุดทั้งสิ้น 80 ห้อง มีพื้นที่อาคารรวม 43,053 ตารางเมตร ผนังกรอบอาคารภายนอกเป็นผนังหล่อสำเร็จรูป (Precast Panel) และกระจกหน้าต่างเป็นชนิด Laminated Tempered glass โครงสร้างอาคารชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) การขนส่งวัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่ใช้รถบรรทุก 6 ล้อและ 10 ล้อ มีต้นทางกระจายอยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยใช้วิธีในรูปแบบของ LCA เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างอาคารของงานวิจัยนี้

3.1 แผนผังแสดงระเบียบที่ใช้ในการวิจัย

การเก็บข้อมูลที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยมีขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แสดงแผนผังแสดงระเบียบที่ใช้ในการวิจัย

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.2 กำหนดขอบเขตและแนวทาง

ขอบเขตของงานวิจัยนี้เริ่มจากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยต่างๆเพื่อหาแนวทางที่จะนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลและทำวิจัย หลังจากที่ทำการศึกษางานวิจัยแล้วก็จะต้องทำการกำหนดขอบเขตของงานวิจัยเพื่อให้รู้ขอบเขตและแนวทางสำหรับงานที่จะทำในครั้งนี้ ในการทำวิจัยครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานในการก่อสร้างอาคารหรือ Energy Life Cycle of Construction โดยจะใช้รูปแบบ Gate to Gate มาใช้ในการวิเคราะห์โดยมีแหล่งพลังงาน *3* ส่วนได้แก่ พลังงานที่มาจากวัสดุ พลังงานจากการขนส่งและพลังงานจากการก่อสร้างที่ได้จากการเก็บข้อมูล หลังจากนั้นจะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้ตามสมการในหัวข้อที่ 3.7.1 และจัดทำการสรุปผลของการวิเคราะห์

3.3 การจำแนกการเก็บข้อมูล

การจำแนกการเก็บข้อมูลนั้นหลังจากที่ได้กำหนดขอบเขตและแนวทางแล้วก็จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือการวิเคราะห์การใช้พลังงานงานและปริมาณก๊าซเรือนกระจก ซึ่งพลังงานและก๊าซเรือนกระจกจะมีแหล่งที่มาจาก 2 แหล่งที่ได้แก่วัสดุก่อสร้างและในกระบวนการระหว่างการก่อสร้างอาคาร

3.3.1 วัสดุ

ในการก่อสร้างจำเป็นที่จะต้องมีการใช้วัสดุซึ่งในการก่อสร้างแต่ละครั้งนั้นก็จะมีการใช้วัสดุเป็นจำนวนมากซึ่งค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุแต่ละชนิดก็จะมีการปล่อยปริมาณก๊าซเรือน กระจกที่แตกต่างกัน ซึ่งจะต้องมีการคัดแยกประเภทซึ่งวัสดุหลักมีการใช้ในอาคารนี้สามารถแสดงได้ ดังตารางที่ 2.2 จากตารางดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเมื่อเทียบต่อกิโลกรัมแล้ววัสดุที่มีค่าการปล่อยก๊าซมาก ที่สุดคือวัสดุจำพวกโลหะ เช่น อลูมิเนียม สแตนเลส เหล็ก เนื่องจากในการผลิตวัสดุเหล่านี้จะต้องผ่าน กระบวนการที่มีใช้พลังงานในระหว่างการผลิตค่อนข้างสูง เมื่อมีการใช้พลังงานในการผลิตที่สูงขึ้น เช่น ไฟฟ้า น้ำประปาและเชื้อเพลิง จึงทำให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้นด้วย วัสดุถัดมาที่ น่าสนใจคือวัสดุจำพวกพลาสติกหรือ PVC ด้วยเหตุผลเดียวกับการผลิตโลหะแต่จะแตกต่างกันตรงที่ โลหะสามารถหาได้จากธรรมชาติและถลุงเพื่อให้ได้แร่เหล็กแต่พลาสติกหรือ PVC นั้นเกิดจากการเรซิ่นผสมสารเคมีต่างๆเพื่อให้เกิดเป็นวัตถุดิบแล้วผ่านกระบวนการใช้ความร้อน และเมื่อมีการใช้ สารเคมีจึงทำให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูง ส่วนวัสดุที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อยที่สุด คือทราย เนื่องจากทรายนั้นเป็นวัสดุที่ได้จากธรรมชาติและไม่ต้องผ่านกระบวนการที่ใช้พลังงานสูงจะ มีเพียงการดูดและขนส่งเท่านั้น จึงทำให้ไม้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อยกว่าวัสดุอื่นๆหลายเท่า ในการคำนวณหาปริมาณการใช้วัสดุของการก่อสร้างอาคารดังกล่าวจะทำการคำนวณโดยการประมาณการวัสดุของผู้รับเหมามาใช้ในการคำนวณโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของ G. Hammond et al [2019] ต่อไป

3.3.2 พลังงาน

ในการก่อสร้างนั้นนอกจากการใช้วัสดุที่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว พลังงานที่ใช้ในการก่อสร้างก็เป็นปัจจัยหลักอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อาคารต่างๆมีค่าการปล่อยก๊าซเรือน กระจกที่สูงเนื่องจากในการ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ก่อสร้างนั้นจะต้องมีการใช้พลังงาน เช่น ไฟฟ้า เชื้อเพลิงและน้ำมัน ซึ่งการใช้พลังงานต่างๆก็จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในตัว ซึ่งพลังงานหลักที่ใช้ในการก่อสร้างจะมีอยู่ 2 ชนิดดังนี้

(1) ไฟฟ้า

การใช้ไฟฟ้าในการก่อสร้างนั้นในปัจจุบันถือเป็นพลังงานหลักที่มีการใช้มากที่สุดทำให้พลังงานนี้เป็นที่น่าสนใจซึ่งจากหลายๆงานวิจัยที่ศึกษามาได้มีการศึกษาหาวิธีลดใช้พลังงานเหล่านี้ พลังงานที่ใช้ในการก่อสร้างนั้นโดยส่วนมากจะใช้ในเครื่องมือเครื่องจักรเป็นส่วนมาก

(2) เชื้อเพลิง

การใช้เชื้อเพลิงในการก่อสร้างนั้นเป็นอีกพลังงานหนึ่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากในการใช้งานนั้นจะต้องมีการเผาไหม้โดยตรง โดยการใช้เชื้อเพลิงในการก่อสร้างนั้นจะมีการใช้หลักๆอยู่ 2 ส่วน คือการขนส่งและการใช้ในเครื่องจักร การใช้ในการขนส่งนั้นจะเป็นการขนส่งเครื่องจักรและอุปกรณ์ วัสดุก่อสร้างตลอดจนการขนส่งคนงานที่จะมาก่อสร้างส่วนการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรนั้นก็จะมาในส่วนของการใช้เครื่องจักรหนัก เช่น ปั้นจั่นตอกเสาเข็ม เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้เชื้อเพลิงในการปรับพื้นที่หรือขุดเจาะต่างๆอีกด้วย ในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลในการขนส่งวัสดุก่อสร้างด้วยเพื่อที่จะหาผลกระทบต่อก๊าซเรือนกระจกในการก่อสร้างอาคาร

3.4 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.1.7 ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกนั้นจะมีการนำค่าสัมประสิทธิ์หรือค่า GHG Emission Factor มาคำนวณผลกระทบ ในงานวิจัยนี้จะใช้สมการที่ 2.1.7-(1) ในหัวข้อดังกล่าวมาทำการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.5 แหล่งที่มาของข้อมูล

สำหรับแหล่งที่มาของข้อมูลนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ พลังงานที่ใช้ในการก่อสร้างและพลังงานที่สะสมในวัสดุ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 พลังงานที่ใช้ในการก่อสร้าง

พลังงานที่ใช้ในการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรและอุปกรณ์ การใช้ไฟฟ้าเพื่อแสงสว่าง หรือการใช้เชื้อเพลิงในการท างานของเครื่องจักรซึ่งรวมไปถึงการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งเครื่องจักรอุปกรณ์และวัสดุก่อสร้าง

3.5.2 พลังงานที่สะสมในวัสดุ

พลังงานที่สะสมในวัสดุก่อสร้างนั้นเกิดจากการใช้พลังงานต่างๆในช่วงของการผลิตวัสดุก่อสร้าง เช่น การใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องจักร การใช้ไฟฟ้าในการสกัด การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง เป็นต้น

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.6 รายละเอียดของอาคารที่นำมาใช้ในงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะใช้อาคารสำนักงาน-พาณิชย์ของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ซึ่งอาคารนี้มีขนาดความสูง 30 ชั้น ความสูง 132.45 เมตร มีจำนวนห้องชุดทั้งสิ้น 80 ห้อง มีพื้นที่อาคารรวม 43,053 ตารางเมตร ผนังกรอบอาคารภายนอกเป็นผนังหล่อสำเร็จรูป (Precast Panel) และกระจกหน้าต่างเป็นชนิด Laminated Tempered glass โครงสร้างอาคารชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) มาวิเคราะห์หาการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งอาคารนี้มีจำนวน ความสูง 132.45 เมตร มีจำนวนแบ่งเป็นพื้นที่สำนักเช่าทั้งสิ้น 80 ห้อง มีพื้นที่อาคารรวม 43,053 ตารางเมตร ดังแสดงตามภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 แสดงอาคารที่ใช้ในการวิจัย

3.7 ขั้นตอนก่อสร้าง

ในการก่อสร้างอาคารนั้นเริ่มต้นจากการรื้อถอน ปรับพื้นที่หลังจากนั้นเป็นการเริ่มทำส่วนของโครงสร้างของฐานราก ซึ่งประกอบด้วยการปรับระดับดินโดยใช้วิธีการถมอัด ซึ่งในการถมอัดนั้นจะเป็นการใช้รถบดกดทับดินให้ดินมีความแน่นซึ่งงานก่อนปรับพื้นดินนั้นอาจจะต้องมีการรื้อถอนสิ่งก่อสร้างเดิมหรือขุดรากไม้ที่มีขนาดใหญ่ออกก่อน ต่อมาเป็นการลงเสาเข็มซึ่งในอาคารนี้จะใช้วิธีการตอกเสาเข็มลงไปโดยอุปกรณ์ที่สำคัญในงานนี้คือปั้นจั่นตอกเสาเข็ม หลังจากลงเสาเข็มเสร็จก็จะเป็นการตัดหัวเสาเข็มและการทดสอบเสาเข็ม ต่อไปจะเป็นการหล่อตอม่อเพื่อรองรับเสาและคานตลอดจนงานถังกักเก็บน้ำใต้ดินรวมถึงงานฐานรากอื่นๆ และงานวางท่อระบบระบายน้ำรอบอาคาร สำหรับงานตอม่อและคานนี้ส่วนใหญ่จะใช้เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) เป็นวัสดุหลัก เมื่อทำส่วนงานฐานรากเสร็จแล้วถัดไปจะเป็นในส่วนของการทำพื้นและบันไดซึ่งตัวพื้นและบันไดจะต้องเชื่อมต่อกับเสา โดยเริ่มตั้งแต่ด้านล่างสุดไล่ขึ้นด้านบนเพื่อความสะดวกในการทำงานและการขนย้ายวัสดุและอุปกรณ์ หลังจากนั้นจะเป็นการทำงานในส่วนของโครงสร้าง เช่น การก่อผนัง ขอบประตู

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

หน้าต่าง ติดตั้งระบบท่อประปา ติดตั้งสายไฟ เมื่อทำถึงชั้นบนสุดแล้วจะเป็นการเทพื้นชั้นดาดฟ้าเพื่อกันแดดกันฝน ในงานข้างต้นจะเป็นการทำงานหลากหลายประเภทไปพร้อมๆกัน เมื่อทำพื้นชั้นดาดฟ้าเสร็จจึงจะทำการตกแต่งทาสี ทาน้ำยากันซึม หรืองานอื่นๆที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อตัวอาคาร เช่น ขัดพื้น ฉีดปลวก ซึ่งการก่อสร้างตัวอาคารนั้นงานวิจัยนี้สามารถแบ่งประเภทของงานออกเป็น 2 ส่วนตามรายการแสดงปริมาณงานและราคาวัสดุก่อสร้าง (BOQ = Bill of Quantities) ได้แก่

1. ส่วนงานโครงสร้าง โครงสร้างส่วนฐานราก งานดิน, งานถังเก็บน้ำใต้ดิน, Waste Water Treatment Tank, ช่องลิฟท์ คสล., เสา คสล., พื้น คสล., คาน คสล, งานโครงเหล็กหลังคา, งานบันได ST, งานโครงสร้างภายนอก, งานโครงสร้างอื่นๆ

2. ส่วนงานสถาปัตยกรรม งานพื้น, งานผนัง, งานฝ้าเพดาน, งานประตู, งานหน้าต่างอลูมิเนียม, งานสุขภัณฑ์, งานสี, งานบันได, งานบัวเชิงผนัง, งาน Built-in Furniture

3.8 สมการการคำนวณพลังงานสะสม

3.8.1 การคำนวณพลังงานสะสมของวัสดุ

การคำนวณพลังงานสะสมของวัสดุจะต้องใช้ปริมาณการใช้วัสดุแต่ละชนิดมาคำนวณ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$EE_M = Q_M \times ENF \qquad (1)$$

เมื่อ EE_M คือ ค่าพลังงานสะสมของวัสดุ

Q_M คือ ปริมาณวัสดุที่ใช้

ENF คือ ค่า Energy Factor ของวัสดุ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 4
ผลการวิจัย

หลังจากที่ได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้วัสดุ การใช้พลังงานในการก่อสร้างและการขนส่งต่างๆของการก่อสร้างอาคารสำนักงาน-พาณิชย์ของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร รูปแบบดังภาพที่ 4.1 และได้ทำการคำนวณเพื่อหาปริมาณการใช้พลังงานและค่าการปล่อยมลพิษของอาคารในแต่ละงาน

สำหรับอาคารสำนักงาน-พาณิชย์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้ถูกแบ่งขอบเขตของการศึกษาออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ส่วนงานโครงสร้าง โครงสร้างส่วนฐานราก งานดิน, งานถังเก็บน้ำใต้ดิน, Waste Water Treatment Tank, ช่องลิฟท์ คสล., เสา คสล., พื้น คสล., คาน คสล, งานโครงเหล็กหลังคา, งานบันได ST, งานโครงสร้างภายนอก, งานโครงสร้างอื่นๆ

2. ส่วนงานสถาปัตยกรรม งานพื้น, งานผนัง, งานฝ้าเพดาน, งานประตู, งานหน้าต่างอลูมิเนียม, งานสุขภัณฑ์, งานสี, งานบันได, งานบัวเชิงผนัง, งาน Built-in Furniture

ภาพที่ 4.1 อาคารที่ใช้ในการวิจัย

4.1 พลังงานสะสมในอาคาร (Embodied Energy)

สำหรับอาคารสำนักงาน-พาณิชย์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้แบ่งพลังงานที่อาคารได้มีการสะสมไว้ออกเป็น 3 ส่วนคือ

4.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตวัสดุก่อสร้าง เช่น เหล็กที่เริ่มตั้งแต่การถลุงเหล็ก หลอมเหล็กตลอดจนการขึ้นรูปจนได้เหล็กประเภทต่าง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

4.1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากพลังงานที่ใช้ในการขนส่ง เช่น การขนส่งวัสดุและเครื่องมือเครื่องจักรจากแหล่งผลิตมายังบริเวณก่อสร้าง

4.1.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานสำหรับการก่อสร้าง เช่น การตัดไม้ด้วยเลื่อยไฟฟ้า การเชื่อมเหล็กโครงสร้างด้วยเครื่องมือเชื่อม เป็นต้น

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง แสดงตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

Materials	Unit	Embodied Energy (MJ/kg)	GHG emission ($kgCO_2eq/kg$)
Metal	kg	35.40	2.89
Concrete	kg	1.11	0.174
Sand	kg	0.081	0.0051
Wood	kg	10.00	0.31
PVC	kg	77.20	3.10
Glass	kg	15.00	0.91
Aluminum	kg	155	9.16
Stainless	kg	56.70	6.15
Brick	kg	3.00	0.24

ที่มา: อ้างอิงจาก Hammond & Jones (2019)

4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคารที่ศึกษา

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุก่อสร้างจะคำนวณด้วยการถอดปริมาณวัสดุก่อสร้างจากแบบก่อสร้างของอาคาร เมื่อคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG emission factor) ของวัสดุก่อสร้างแต่ละประเภท ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ก็จะได้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการผลิตวัสดุแต่ละประเภทโดยรวม

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณ GHG emission factors ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการก่อสร้างอาคาร

Building material	GHG emission factor ($kgCO_2eq/kg$)
1	62,473,207.82

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งและการก่อสร้างจะคำนวณด้วยอัตรา 0.33% และ 0.68% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุตามลำดับ (Surachotivet, 2018)

4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากงานโครงสร้างอาคาร

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากงานโครงสร้างอาคารแต่ละประเภทนั้น แสดงตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณ GHG emission ของงานโครงสร้างอาคาร

ประเภทโครงสร้าง	GHG emissions ($kgCO_2eq$)
งานฐากราก	3,459,239.94
งานบ่อเก็บน้ำดีใต้ดิน	264,964.46
งานบ่อบำบัดน้ำเสีย	130,858.40
งานโครงสร้างช่องลิฟท์โดยสาร	3,813,262.52
งานเสา ค.ส.ล.	4,440,814.20
งานพื้น ค.ส.ล.	22,979,395.50
งานคาน ค.ส.ล.	5,398,591.64
งานโครงหลังคาเหล็ก	428,002.33
งานบันได	439,965.69
งานโครงสร้างภายนอก	725,658.65
งานโครงสร้างอื่นๆ	210,288.38
รวม	42,291,041.71

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

4.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากงานสถาปัตยกรรม

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากงานสถาปัตยกรรมแสดงตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณ GHG emission ของงานสถาปัตยกรรมอาคาร

ประเภทงาน	GHG emissions ($kgCO_2eq$)
งานพื้น	1,225,472.26
งานผนัง	16,084,757.12
งานฝ้าเพดาน	65,509.51
งานหน้าต่าง	713,071.93
งานสุขภัณฑ์	395,856.49
งานสี	20,969.51
งานตกแต่งบันได	18,063.93
งานบัวเชิงผนัง	34,713.90
งานเฟอร์นิเจอร์	23,331.43
งานตกแต่งอื่นๆ	859,181.50
รวม	19,558,622.36

4.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งวัสดุและพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้าง

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งวัสดุและพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้างแสดงตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณ GHG emission การขนส่งวัสดุและพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้าง

ประเภท	GHG emissions ($kgCO_2eq$)
งานขนส่งวัสดุก่อสร้าง	204,978.34
พลังงงานที่ใช้ในการก่อสร้าง	418,565.41

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

4.6 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภทงานที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้างอาคาร

สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภทในการก่อสร้างอาคารดังแสดงตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภทงานที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้างอาคาร

ประเภท	สัดส่วน (เปอร์เซ็นต์ %)
งานโครงสร้างอาคาร	67.69
งานสถาปัตยกรรม	31.31
งานขนส่ง	0.33
งานก่อสร้างอาคาร	0.67

อาคารสำนักงานที่ศึกษาปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณเฉลี่ยต่อพื้นที่คิดเป็น 1,451 $kgCO_2eq/m^2$ ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อพื้นที่ที่ปล่อยจากอาคารในการศึกษาอื่น ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการก่อสร้างอาคารของงานวิจัยที่ผ่านมา

No.	Reference	Year	Type	Country	GHG emission intensity ($kgCO_2eq/m^2$)
1	Nassen J et al.	2007	Resident	Sweden	72
2	Rossi et al.	2012	Resident	Belgiam	189
3	Salazar & Meil	2009	Resident	Canada	294
4	Konig & Cristofaro	2012	Resident	Germany	430
5	Yan et al.	2010	Commercial	Hong Kong	525
6	Blengini & Carlo	2010	Resident	Italy	770
7	Georgios Syngros et al	2017	Resident	Greece	777

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

No.	Reference	Year	Type	Country	GHG emission intensity ($kgCO_2eq/m^2$)
8	Wu et al.	2012	Office	China	803
9	Suzuki M et al.	1995	Resident	Japan	985
10	Suzuki M et al.	1998	Office	Japan	1,100
11	This study	2013	Office	Thailand	1,451

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจะเห็นได้ว่าอาคารสำนักงาน-พาณิชย์ ที่นำมาวิจัยในครั้งนี้ มีปริมาณพลังงานสะสมของอาคารค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารอื่นๆ อาคารสำนักงานที่ประเมินในงานวิจัยนี้ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคารรวมทั้งสิ้น 62,473,207.82 $kgCO_2eq$ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุโครงสร้างอาคารปริมาณรวม 42,291,041.71 $kgCO_2eq$ คิดเป็นสัดส่วนมากที่สุด คือ 67.69% ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากงานสถาปัตยกรรมรวม 19,588,622,36 $kgCO_2eq$ คิดเป็นสัดส่วน 31.31% ส่วนที่เหลือคือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งและการก่อสร้าง 0.33% และ 0.67% ตามลำดับ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อพื้นที่อาคารคิดเป็น 1,451.08 $kgCO_2eq/m^2$ จากผลการวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อพื้นที่พบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อพื้นที่ของอาคารสำนักงานที่ศึกษานั้นอยู่ในระดับที่สูง สาเหตุเนื่องมาจากปริมาณวัสดุหลักที่มากที่สุดที่ใช้ก่อสร้างอาคารคือ คอนกรีต ซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ค่อนข้างสูง พลังงานสะสมของวัสดุก่อสร้างของอาคารสำนักงาน-พาณิชย์ นั้นมีทั้งสิ้น 378,734,478.15 MJ

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าอาคารสำนักงาน-พาณิชย์ ที่นำมาศึกษาวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้างทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกและพลังงานสะสมของวัสดุไปในทิศทางที่สูงมาก ประเภทงานที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คืองานคอนกรีตเสริมเหล็ก เนื่องจากเป็นงานโครงสร้างหลักที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารสำนักงาน-พาณิชย์ ทำให้เกิดค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ค่อนข้างสูง

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณสูงนั้นเกิดการจากการเลือกใช้วัสดุที่นำมาใช้ก่อสร้างเป็นหลัก (ธีระชัย สุรโชติเวศย์, 2561) แนวทางการออกแบบการก่อสร้างอาคารใหม่จึงควรเลือกวัสดุโครงสร้างที่ผลิตด้วยเทคโนโลยีใหม่ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ต่ำ ซึ่งจะทำให้อาคารมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าการใช้วัสดุโครงสร้างแบบเดิม (นพพร โทณะวณิก, 2561) อาทิเช่น การใช้วัสดุไม้วิศวกรรม cross laminated timber (CLT) ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าวัสดุชนิดอื่นๆ มีความแข็งแรงทนทาน เหมาะแก่การใช้เป็นโครงสร้างของอาคารสูงที่ต้องรองรับน้ำหนักโครงสร้างทั้งหมดไว้ด้วยตัวเอง (Wazzadu, 2020) อาคารที่มีโครงสร้างเป็น CLT จะปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กถึง 70% (Chen et. al, 2020) ในปัจจุบัน มีการใช้ CLT สร้างอาคารสูงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในต่างประเทศ เช่น อาคาร Mjøstarnet ในประเทศนอร์เวย์ ที่มีขนาดความสูง 18 ชั้น ความสูง 85.4 เมตร เป็นต้น (World Construction Network, 2019)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ยังไม่ได้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการใช้งานอาคารซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปริมาณมากจากการใช้พลังงานไฟฟ้า (สุรชาติ ยาวิราช, 2560) หากการศึกษาในอนาคตอื่นๆ ศึกษาในประเด็นนี้จะเป็นประโยชน์ในการใช้เป็นแนวทางในการเสนอวิธีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคารต่อไป

วัสดุโครงสร้างเหล็กก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ซึ่งจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในระดับหนึ่ง โดยไม่ต้องใช้คอนกรีตมาเป็นวัสดุในการก่อสร้าง การออกแบบสถาปัตยกรรมโครงสร้างเหล็กที่สวยงาม จะช่วยลดการใช้วัสดุก่อสร้างทำให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อีกทางหนึ่ง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม

[1] ชลิตา สุวรรณ, และ ธณัฏฐ์ยศ สมใจ, “การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้างบ้านพักอาศัย: เปรียบเทียบระหว่างบ้านแบบทั่วไปกับบ้านบล็อกประสาน”,วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 30(4), 570–577,2563. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/kmutnb-journal/article/view/243018/165258

[2] ณัฐกานต์ สมตัว, “การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารที่พักอาศัยโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต”, (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต),มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา,ประเทศไทย,2553.

[3] ธีระชัย สุรโชติเวศย์, “การวิเคราะห์พลังงานจากวัฏจักรอาคาร กรณีศึกษาอาคารอนกประสงค์พระราชวังสนามจันทร์”,(วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต),มหาวิทยาลัยศิลปากร,กรุงเทพมหานคร,ประเทศไทย,2561.

[4] นพพร โทณะวณิก. การจัดการวัสดุก่อสร้างอย่างยั่งยืน. สืบค้น 30 มีนาคม 2566, จาก https://issuu.com/ganchanyawudhiwan/docs/__31410___module_08_____,2561.

[5] ประวีณ จิณานุกุล, และ ยุทธนา ทองท้วม,“การบูรณาการระหว่างเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ และการประเมินวัฏจักรชีวิตในการปรับปรุงกรอบอาคาร กรณีศึกษา อาคารผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลสารภี”,วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม, 15(1), 75-88,256.

[6] ปัญจ์ปพัชรภร บุญพร้อม, และ เพชราวลัย ถิระวณัฐพงศ์, “การประเมินวัฏจักรชีวิตเครื่องมือสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อม,วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 23(1), 232-240,2556.

[7] พิพัฒน์ ไทยประดิษฐ์, “การลดการปล่อยคาร์บอนจากอาคารโดยการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต),จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย,2560.

[8] สุรชาติ ยาวิราช,“ แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารมหาวิทยาลัย กรณีศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย”, (วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต),จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย,2560.

[9] อัจฉรียา ชัยยะสมุทร,“การประเมินวัฏจักรชีวิตและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุผนังทึบในอาคารบ้านพักอาศัย”, (วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต),จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย,2561.

[10] Chen, Z., Gu, H., Bergman. R. D., & Liang, S. , “*Comparative life-cycle assessment of a high-rise mass timber building with an equivalent reinforced concrete alternative using the Athena Impact Estimator for buildings*”, Sustainability, 12(4708), 1–15,2020. https://doi.org/10.3390/su12114708

[11] Wazzadu, “*Cross Laminate Timber Structure*”,Retrieved March 30, 2020,from https://www.wazzadu.com/article/4405,2023.

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

[12] WorldConstructionNetwork, "*Mjosa Tower (Mjøstarnet)*",Retrieved March 30, 2019. from https://www.worldconstructionnetwork.com/projects/mjosa-tower-mjostarnet2023

[13] Prof.Geoff Hammond & Craig Jones , "*Inventory of Carbon & Energy (ICE) Version 3.0*", University of Bath 2019, England (UK)

[14] Alejandro Padilla-Rivera, Ben Amor, Pierre Blanchet , *"Evaluating the Link Between Low Carbon Reductions Strategies and Its Performance in the Context of Climate Change: A Carbon Footprint of a Wood-Frame Residential Building in Quebec,Canada*, Canada ,2018.

[15] Hui Yan, et al, "*Greenhouse gas emissions in building construction: A case study of One Peking in Hong Kong*, Building and Environment, 949-955,2010.

[16] Panagiotis Chastas, Theodoros Theodosiou, and D.Bikas *,"Embodied energy in residential building-towards the nearly zero energy building: A literature review",* Building and Environment, Volume 105, 267-282,15 August 2016.

[17] Xining Yang,et al, *"Building-information-modeling enabled lift cycle assessment, a case study on carbon footprint accounting for a residential building in China",*Journal of Cleaner Production, Volume 183, 729-743,10 May 2018.

[18] Luisa FCabeza, et al, *"Investigating greenhouse challenge from growing trends of electricity consumption through home appliances in buildings"*,Renewable and Sustainable Energy Reviews, 188-193,2014.

[19] Gustavsson, L., K. Pingoud, and R Sathre, "*Carbon dioxide balance of wood substitution: comparing concrete- and wood-framed buildings*",Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 11(3),667-691,2006.

[20] Wang,P.,W.Li and S. Kara, " *Cradle-to-cradle modeling of the future steel flow in China"*,Resources,Conservation and Recycling, 45-57,2017.

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล ชัยวัฒน์ มั่นคงดี

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2547 ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี
สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

พ.ศ.2560 ผู้จัดการแผนกบริหารทรัพย์สิน
บริษัท ดับบลิว เอซ เอ เรียลเอสเตท แมนเนจเม้นท์ จำกัด