

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการปรับปรุงอาคาร

กรณีศึกษา : อาคาร วช.7 (สำนักงานวิจัยแห่งชาติ)

ASSESSING THE CARBON FOOTPRINT OF BUILDING RENOVATIONS
CASE STUDY: BUILDING 7 (NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THAILAND)



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะ และการออกแบบ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2567

KMITL-2024-AR-M-002-016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASSESSING THE CARBON FOOTPRINT OF BUILDING RENOVATIONS
CASE STUDY: BUILDING 7 (NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THAILAND)



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF ARCHITECTURE, ART AND DESIGN
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ KMITL-2024-AR-M-002-016 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2024

SCHOOL OF ARCHITECTURE, ART, AND DESIGN

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการปรับปรุงอาคาร กรณีศึกษา : อาคาร วช.7 (สำนักงานวิจัยแห่งชาติ)
นักศึกษา	นาย จักกาย ศรีวาณิชสกุลชัย
รหัสประจำตัว	66026006
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.โชติวิทย์ พงษ์เสริมผล

บทคัดย่อ

ภาวะโลกร้อน เกิดจากการที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนโลกสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ที่ทำให้ปริมาณ “ก๊าซเรือนกระจก” ในชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) หรือก๊าซคาร์บอน เป็นหนึ่งในกลุ่มก๊าซเรือนกระจก ส่งผลให้เกิดการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดยอุตสาหกรรมการก่อสร้างเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการปล่อยคาร์บอน โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ได้มีการคำนวณการปล่อยคาร์บอนในส่วนของการใช้อาคารเป็นหลัก แต่ขั้นตอนที่มีการปล่อยคาร์บอนมากที่สุดคือขั้นตอนระหว่างการก่อสร้าง ทำให้งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การประเมินการปล่อยคาร์บอนในช่วงของการก่อสร้าง และเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนระหว่างการปรับปรุงอาคารตามปกติและการปรับปรุงอาคารแบบควบคุมคาร์บอน ซึ่งสามารถคำนวณการปล่อยคาร์บอนได้จากมาตรฐานการตรวจสอบคาร์บอนขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. โดยแบ่งออกเป็น 3 ขอบเขต คือ การปล่อยคาร์บอนทางตรง การปล่อยคาร์บอนทางอ้อม และการปล่อยคาร์บอนในด้านอื่น ๆ โดยมีอาคาร วช.7 ซึ่งอยู่ภายใต้พื้นที่ของสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) เป็นอาคารกรณีศึกษา ซึ่งเป็นอาคารโครงสร้างคอนกรีต 5 ชั้น อายุ 40 ปี ที่มีแผนในการปรับปรุงอาคารบริเวณชั้นที่ 1 และ 2 เพื่อปรับเปลี่ยนพื้นที่ให้เป็นพื้นที่จัดนิทรรศการ จึงเหมาะที่จะนำมาเป็นอาคารกรณีศึกษาในการประเมินการปล่อยคาร์บอนของอาคาร โดยผลการปรับปรุงอาคารแบบควบคุมคาร์บอนสามารถลดการปล่อยคาร์บอนของ การขนส่งแรงงานและเศษวัสดุ การใช้พลังงานไฟฟ้า และวัสดุก่อสร้างลดลงไปได้เป็นสัดส่วนร้อยละ 7.44, 0.40 และ 52.94 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Study	Accessing the carbon footprint of building renovations Case Study : Building 7 (National Research Building of Thailand)
Student	Mister Jakkai Srivanichsakulchai
Student ID	66026006
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2024
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Chotewit Pongsermpol

ABSTRACT

Global warming is caused by the increase in the average temperature of the Earth's atmosphere, which is a result of human activities that increase the amount of “greenhouse gases” in the atmosphere. Carbon dioxide (CO₂) is one of the greenhouse gases that contribute to global warming. The construction industry is a major contributor to the release of carbon, with the highest emissions occurring during the construction phase. This research focuses on evaluating carbon emissions during the construction phase and comparing emissions between regular building renovations and carbon-controlled building renovations. Emissions can be calculated based on the greenhouse gas verification standards set by Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO), which categorize emissions into direct, indirect, and other emissions. A building under the National Research Council of Thailand (NRCT) called Building 7, a 40-year-old concrete structure, is being renovated on the first and second floors to convert the space into an exhibition area. This building is suitable as a case study for evaluating carbon emissions, as the results show that carbon-controlled building renovations can reduce emissions from transportation, energy use, and construction materials by 7.44%, 0.40%, and 52.94%, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.โชติวิทย์ พงษ์เสริมผล ที่ให้ความอนุเคราะห์รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำปรึกษาแนะนำ และให้การช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงสอนวิธีการทำงานที่ดีทำให้ผู้วิจัยรู้จักพัฒนาตนเองในด้านการงานให้ดียิ่งขึ้น ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำและแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณคณะอาจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่สั่งสอนวิชาความรู้ ถ่ายทอดประสบการณ์ต่าง ๆ และนำความรู้เหล่านั้นมาใช้ในการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณสำนักงานวิจัยแห่งชาติ ที่อนุญาตให้ทำวิจัย เก็บข้อมูลสถานที่ ให้ความร่วมมือในการสัมภาษณ์ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย ขอขอบคุณผู้รับเหมาและเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้างอาคาร ที่คอยมอบข้อมูลและคำแนะนำต่าง ๆ

สำหรับคุณประโยชน์และคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้บิดามารดาผู้เป็นที่รักและเคารพยิ่ง ครูอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้ามาตลอดจนถึงทุกวันนี้

จักกาย ศรีวานิชสกุลชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ III อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญภาพ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาโครงการ.....	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาโครงการ.....	2
1.4 ขอบเขตและวิธีการศึกษาโครงการ.....	2
1.5 นิยามศัพท์.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 การลดคาร์บอนในการปรับปรุงอาคาร.....	12
2.3 มาตรฐานการตรวจสอบและคำนวณการปล่อยคาร์บอน.....	16
2.4 สรุปกรอบแนวคิดจากการศึกษางานวิจัยและเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง.....	23
บทที่ 3 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
3.1 งานวิจัยเชิงเปรียบเทียบ.....	25
3.2 อาคารกรณีศึกษา : อาคาร วช.7.....	26
3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการเก็บข้อมูล.....	33
3.4 เครื่องมือในการเก็บข้อมูลงานวิจัย.....	34
3.5 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....	36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การดำเนินการและผลการวิเคราะห์.....	39
4.1 วิธีการดำเนินการและการเก็บข้อมูลการปรับปรุงอาคาร.....	39
4.2 ตารางการคำนวณปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการก่อสร้างทั่วไป.....	46
4.3 ผลการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการก่อสร้างทั่วไป.....	48
4.4 ตารางการคำนวณปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการควบคุมคาร์บอน..	52
4.5 ผลการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบควบคุมคาร์บอน.....	54
4.6 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนระหว่างการก่อสร้างปกติและการควบคุมคาร์บอน.....	58
4.7 การอภิปรายผลการปล่อยคาร์บอนระหว่างการก่อสร้างปกติและการควบคุมคาร์บอน.....	61
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	63
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	63
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	63
บรรณานุกรม.....	65
ภาคผนวก.....	67
ประวัติผู้เขียน.....	73

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แผนภูมิแยกประเภทงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.2 ขอบเขตของการศึกษาในงานวิจัย.....	10
2.3 แผนภาพการลดการปล่อยคาร์บอนในการก่อสร้าง.....	15
2.4 ตัวอย่างตารางแสดงข้อมูล ICE.....	20
2.5 ตัวอย่างตารางแสดงข้อมูล EFDB.....	21
2.6 ตัวอย่างตารางแสดงข้อมูล อบก.....	21
2.7 แผนภูมิการตรวจสอบและการคำนวณการปล่อยคาร์บอน.....	22
2.8 กรอบแนวคิดของการศึกษาวิจัย.....	23
3.1 พื้นที่ในการปรับปรุงอาคาร วช.7 ชั้น 1-2.....	26
3.2 แบบผังพื้นการปรับปรุงอาคาร วช.7 ชั้น 1.....	27
3.3 แบบผังพื้นการปรับปรุงอาคาร วช.7 ชั้น 2.....	27
3.4 ก่อนการปรับปรุงอาคาร ชั้นที่ 1.....	28
3.5 ก่อนการปรับปรุงอาคาร ชั้นที่ 2.....	28
3.6 ระหว่างการปรับปรุงอาคาร ชั้นที่ 1.....	29
3.7 ระหว่างการปรับปรุงอาคาร ชั้นที่ 2.....	29
3.8 อาคารปรับปรุงแล้วเสร็จ ชั้นที่ 1.....	30
3.9 อาคารปรับปรุงแล้วเสร็จ ชั้นที่ 2.....	30
3.10 ภาพการคำนวณการปล่อยคาร์บอนผ่านโปรแกรม Microsoft Excel.....	35
3.11 ภาพการขึ้นโมเดล 3 มิติอาคาร วช.7.....	36
4.1 ผังพื้นที่ชั้นที่ 1 อาคาร วช.7 เดิม.....	40
4.2 ผังพื้นที่ชั้นที่ 1 อาคาร วช.7 ใหม่.....	40
4.3 ภาพการปรับปรุงอาคาร การทុบผนังชั้นที่ 1.....	41
4.4 ภาพการปรับปรุงอาคาร การรื้อพื้น รื้อบันได และปรับระดับพื้นที่ชั้นที่ 1.....	41
4.5 ภาพการปรับปรุงอาคาร การปรับระดับพื้นที่ชั้น 1.....	42
4.6 ภาพการปรับปรุงอาคาร การทុบเสาก่ออิฐ และการถมพื้นโดยรอบอาคารด้วยเศษวัสดุ.....	42
4.7 ภาพการปรับปรุงอาคาร ชานพื้นไม้ยางพารา และบันไดใหม่.....	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 ผังพื้นที่ชั้นลอย อาคาร วช.7 เดิม.....	43
4.9 ผังพื้นที่ ชั้นที่ 2 อาคาร วช.7 เดิม.....	43
4.10 ผังพื้นที่ ชั้นที่ 2 อาคาร วช.7 ใหม่.....	43
4.11 ภาพการปรับปรุงอาคาร นำพื้นที่ชั้นลอยของชั้น 1 ออก.....	44
4.12 ภาพการปรับปรุงสถานที่ รื้อกระเบื้องยางและฝ้าเพดานบริเวณชั้น 2.....	44
4.13 ภาพการปรับปรุงสถานที่ ชัดพื้นที่บริเวณชั้น 2.....	45
4.14 ภาพการบันทึกข้อมูลจากผู้รับเหมา.....	45
4.15 การตรวจสอบมิเตอร์ไฟฟ้าบริเวณอาคาร วช.7.....	46
4.16 แผนภูมิแสดงตามสัดส่วนของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของการก่อสร้างแบบปกติ.....	49
4.17 แผนภูมิแสดงตามสัดส่วนของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของการก่อสร้างแบบปกติ (2).....	50
4.18 แผนภูมิแสดงตามสัดส่วนของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของการก่อสร้างแบบปกติ (3).....	51
4.19 แผนภูมิแสดงตามสัดส่วนของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของการก่อสร้างแบบควบคุม คาร์บอน.....	55
4.20 แผนภูมิแสดงตามสัดส่วนของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของการก่อสร้างแบบควบคุม คาร์บอน(2).....	56
4.21 แผนภูมิแสดงตามสัดส่วนของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของการก่อสร้างแบบควบคุม คาร์บอน(3).....	57
4.22 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนทั้งหมด.....	59
4.23 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนของวัสดุก่อสร้าง.....	60

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 มาตรฐานและที่มาของค่าคงตัวการปล่อยคาร์บอนที่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องยึดเป็นเกณฑ์.....	8
2.2 การแบ่งขอบเขตในการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานวิจัยในประเทศไทย.....	9
2.3 การแบ่งขอบเขตในการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานวิจัยในต่างประเทศ.....	9
2.4 ตารางสรุปขอบเขตงานของการนำเนื้องานของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
2.5 ตารางสรุปหัวข้อตามขอบเขตของแต่ละงานวิจัยตามขอบเขตที่ 1.....	11
2.6 ตารางสรุปหัวข้อตามขอบเขตของแต่ละงานวิจัยตามขอบเขตที่ 2.....	11
2.7 ตารางสรุปหัวข้อตามขอบเขตของแต่ละงานวิจัยตามขอบเขตที่ 3.....	11
3.1 แสดงงานที่ต้องการปรับปรุงในอาคาร วช.7 เพื่อลดการปล่อยคาร์บอน.....	32
3.2 ประเภทของขอบเขตและแหล่งกิจกรรมระหว่างการปรับปรุงอาคาร.....	34
3.3 ตารางเก็บข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลขอบเขตที่ 1 เรื่องการขนส่งแรงงาน.....	34
3.4 ตารางเก็บข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลขอบเขตที่ 1 เรื่องการขนส่งขยะ.....	35
3.5 ตารางเก็บข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลขอบเขตที่ 3 เรื่องวัสดุในการก่อสร้าง.....	35
3.6 ตารางการคำนวณของขอบเขตที่ 1 เรื่องขนส่งแรงงาน.....	37
3.7 ตารางการคำนวณของขอบเขตที่ 1 เรื่องขนส่งวัสดุ.....	37
3.8 ตารางการคำนวณของขอบเขตที่ 2.....	37
3.9 ตารางการคำนวณของขอบเขตที่ 3.....	39
4.1 ตารางการคำนวณคาร์บอนจากการปรับปรุงแบบปกติของอาคาร วช.7 การขนส่ง.....	47
4.2 ตารางการคำนวณคาร์บอนจากการปรับปรุงแบบปกติของอาคาร วช.7 พลังงานไฟฟ้า.....	47
4.3 ตารางการคำนวณคาร์บอนจากการปรับปรุงแบบปกติของอาคาร วช.7 วัสดุก่อสร้าง.....	47
4.4 ตารางการคำนวณการปล่อยคาร์บอนแบบการก่อสร้างทั่วไป.....	48
4.5 ตารางการคำนวณคาร์บอนจากการปรับปรุงแบบควบคุมคาร์บอนของอาคาร วช.7 การขนส่ง.....	52
4.6 ตารางการคำนวณคาร์บอนจากการปรับปรุงแบบควบคุมคาร์บอนของอาคาร วช.7 พลังงานไฟฟ้า.....	53
4.7 ตารางการคำนวณคาร์บอนจากการปรับปรุงแบบควบคุมคาร์บอนของอาคาร วช.7 วัสดุก่อสร้าง.....	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.8 ตารางการคำนวณการปล่อยคาร์บอนแบบการควบคุมคาร์บอน.....	54
4.9 ตารางการเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนแยกตามหมวดการทำงาน.....	60
6.1 ตารางแสดงค่าคงตัวของการปล่อยคาร์บอนที่ใช้ในการคำนวณจากอบก. กลุ่มวัสดุก่อสร้าง..	67
6.2 ตารางแสดงค่าคงตัวของการปล่อยคาร์บอนที่ใช้ในการคำนวณจากอบก. กลุ่มอุตสาหกรรม โรงเลื่อยและโรงอบไม้ยางพารา.....	67
6.3 ตารางแสดงค่าคงตัวของการปล่อยคาร์บอนที่ใช้ในการคำนวณจาก ICE.....	51



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ภาวะโลกร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สาเหตุหลักมาจากก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂), มีเทน (CH₄), ไนตรัสออกไซด์ (N₂O), ซีเอฟซี (CFCs), ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs), เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556) โดยมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มากที่สุด ซึ่งจะจำกัดการแผ่รังสีความร้อนที่มาจากโลกจากการถูกสะท้อนกลับ โดยสร้างความร้อนมากขึ้นในชั้นบรรยากาศของโลกแทนที่จะสะท้อนความร้อนออกไป โดยการเพิ่มอุณหภูมิโลกอาจส่งผลกระทบต่อโลกและสิ่งแวดล้อม จากรายงานของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ประเทศไทยก็เป็นหนึ่งในประเทศที่เข้าข่ายที่มีความเปราะบาง และมีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบรุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นำไปสู่การจัดทำแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศปี 2564-2573 (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560) ซึ่งในปัจจุบันนี้ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญเกี่ยวกับการออกแบบอาคารให้สามารถประหยัดพลังงานน้อยลง จะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานและการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) สำหรับประเทศไทยแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปีของประเทศ (National Energy Efficiency Plan: EEP) ซึ่งเป็นแผนแม่บทในการอนุรักษ์พลังงานที่มีเป้าหมายในการลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy Intensity; EI) ลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2579 ซึ่งมีส่วนช่วยในการประหยัดพลังงานและการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) สะสมในปีต่อ ๆ มาในระยะเวลา 20 ปี

อุตสาหกรรมก่อสร้างและการใช้งานในอาคารเป็นสาเหตุส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อมเป็นสาเหตุหนึ่งที่สำคัญ ดังนั้นการศึกษาปริมาณการควบคุมปริมาณของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้งานอาคารจึงเป็นสิ่งสำคัญ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เน้นศึกษาไปที่การใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงภายในอาคารเป็นหลัก แต่ในความเป็นจริงกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น เกิดขึ้นตั้งแต่ในช่วงก่อนการออกแบบอาคาร ขณะการก่อสร้างอาคาร และหลังการก่อสร้างอาคาร ซึ่งเมื่อพิจารณาในช่วงเวลาที่ทำการก่อสร้างอาคาร ประกอบด้วย การเริ่มงานก่อสร้าง การขนส่งวัสดุ การก่อสร้างอาคาร และการกำจัดขยะ ส่งผลให้ประเมินอาคารตั้งแต่ช่วงของการก่อสร้างและการปรับปรุงอาคาร จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อสร้างแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการก่อสร้างในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันและอนาคต (องค์การพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency), 2565) ในปัจจุบันมีอาคารเก่าคอนกรีตเสริมเหล็กมากมายในกรุงเทพมหานคร ที่จะต้องปรับปรุงตามสภาพของวงจรชีวิตอาคาร เพื่อการใช้งานต่อไป รวมทั้งอาคารของสถาบันหรือองค์การราชการมากมาย ซึ่งอาคาร วช.7 สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ก็เป็นอาคารหนึ่งที่อยู่ในประเด็นที่อยู่ในการศึกษานี้

อาคาร วช.7 เป็นกรณีศึกษานี้ได้อยู่ภายใต้พื้นที่ของสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)¹ และอาคาร วช.7 เป็นอาคารที่มีโครงสร้างหลักเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก มีอายุอยู่ที่ประมาณ 40 ปี ซึ่งมีแผนปรับปรุงเพื่อปรับเปลี่ยนเป็นอาคารเกี่ยวกับการเรียนรู้ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นอาคารกรณีศึกษาเกี่ยวกับการก่อสร้างเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อศึกษาและเก็บข้อมูลของพื้นที่ระหว่างก่อสร้างจริง จึงเป็นที่มาของหัวข้องานวิจัยนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาโครงการ

เพื่อประเมินและเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการปรับปรุงอาคาร กรณีศึกษา อาคาร วช.7 (สำนักงานวิจัยแห่งชาติ)

1.3 ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาโครงการ

1.3.1 เข้าใจเชิงเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคาร ของรูปแบบมาตรฐานทั่วไปและรูปแบบที่ควบคุมการปล่อยคาร์บอน

1.3.2 แนวทางในการปรับปรุงอาคารเก่าที่คำนึงถึงการควบคุมการปล่อยคาร์บอน

1.4 ขอบเขตและวิธีการศึกษาโครงการ

1.4.1 ศึกษาวิธีการก่อสร้าง และการจัดการกับวัสดุที่ใช้ในการปรับปรุงอาคาร วช.7 (สำนักงานวิจัยแห่งชาติ) บริเวณชั้นที่ 1-2

1.4.2 ศึกษาช่วงการเริ่มปรับปรุงอาคาร วช.7 (สำนักงานวิจัยแห่งชาติ) ตั้งแต่วันที่ 21 กรกฎาคม พ.ศ.2566 ถึง 19 กันยายน พ.ศ.2566

¹ เป็นส่วนราชการสังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มีอำนาจหน้าที่เกี่ยวกับการวิจัย และมีบทบาทเป็นหน่วยงานกลางในการทำหน้าที่เสนอแนะนโยบายและแผนการวิจัยทั้งด้านวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนข้อมูลไว้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 ศักยภาพของเขตของการจัดการ

- การขนส่งแรงงานและขยะ ไฟฟ้า และวัสดุ
- วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบในเรื่องของวัสดุ

1.5 นิยามศัพท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ปริมาณรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ เช่น ก๊าซมีเทน ก๊าซหัวเราะ เป็นต้น ที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์หรือบริการ (ตามข้อกำหนด ISO 14040) ตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งแหล่งกำเนิดของก๊าซดังกล่าวมาจากกิจกรรมต่าง ๆ (องค์กรอุตสาหกรรมป่าไม้, 2551)

ก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซที่เป็นองค์ประกอบของบรรยากาศโลกที่ห่อหุ้มโลกไว้เสมือนเรือนกระจก ก๊าซเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิของโลกให้คงที่ ซึ่งอาจแบ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกตามธรรมชาติและก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรม โดยองค์ประกอบที่สำคัญของก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂), มีเทน (CH₄), ไนตรัสออกไซด์ (N₂O), ซีเอฟซี (CFCs), ไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (HFCs), เพอร์ฟลูโอโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออไรด์ (SF₆) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556)

ภาวะโลกร้อน คือ การที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นจากภาวะเรือนกระจก หรือที่เรา รู้จักกันดีในชื่อว่า Green house effect ซึ่งมีต้นเหตุจากการที่มนุษย์ ได้เพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่าง ๆ การขนส่ง และการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556)

พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) คือ พลังงานที่ใช้แล้วไม่หมดไป สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากเป็นพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานที่เกิดขึ้นต่อเนื่อง เช่น แสงอาทิตย์ ลม น้ำ ความร้อนใต้พิภพ ชีวมวล และก๊าซชีวภาพ รวมถึงผลผลิตและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น แกลบ ใบ ลำต้นและขานอ้อย กากมันสำปะหลัง หรือมูลสัตว์ ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และสามารถสร้างขึ้นทดแทนได้ในระยะเวลาอันสั้น (สถาบันวิทยาการพลังงาน, 2564)

ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent : CO₂e) คือ ค่าแสดงความสามารถในการทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคำนวณได้จากมวลของก๊าซเรือนกระจกคูณด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2564)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

- 1) ชื่องานวิจัย : การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารเรียนในมหาวิทยาลัย
กรณีศึกษา คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้เขียน : สุรชาติ ยาวีราช และ อรรถจน์ เศรษฐบุตร

มหาวิทยาลัย : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื้อหา : การประเมินคาร์บอนด้วยวิธีการคำนวณโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับ (Emission Factor) ที่ยึดตามเกณฑ์ของ TGO, IPCC และ U.S. EPA เป็นหลัก โดยการแบ่งเป็น 3 ขอบเขตตาม อบก. ของอาคารเรียน พ ในระหว่างการใช้งานอาคาร (Operation) หลังจากรีโนเวท โดยขอบเขตตาม อบก. ประกอบด้วย

ขอบเขตที่ 1 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงทั้งหมด

ขอบเขตที่ 2 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เกิดจากการใช้หรือการซื้อไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำ

ขอบเขตที่ 3 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมแบบอื่นนอกขอบเขตที่กำหนด

- 2) ชื่องานวิจัย : การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง

ผู้เขียน : สิริกานตย์ นิธิศักดิ์ยานนท์ และ จิตรา ฐักิจการพาณิชย์

มหาวิทยาลัย : คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื้อหา : การประเมินคาร์บอนด้วยวิธีการคำนวณค่าคงตัวในการปล่อยคาร์บอน และ สูตรคำนวณค่าคาร์บอนรวมในแต่ละส่วนของการก่อสร้าง กับการประเมินงานโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง ผลการศึกษามีการคำนวณค่าคาร์บอนของวัสดุแต่ละประเภท และมีการนำไปเปรียบเทียบกับงานสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินกับประเทศฝรั่งเศส และประเทศไต้หวัน

- 3) ชื่องานวิจัย : การประเมินผลมาตรการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในอาคารสำนักงาน และคอนโดมิเนียมพักอาศัย ด้วยการประเมินต้นทุนส่วนเพิ่มสุทธิของการลดการปล่อยคาร์บอน

ผู้เขียน : กันทพงศ์ ศรีเมือง

มหาวิทยาลัย : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหา : การศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการลดก๊าซเรือนกระจก เพื่อประเมินความคุ้มค่าของมาตรการที่มีในปัจจุบัน โดยศึกษาจากฐานข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ICE Version 2 และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปี พ.ศ.2563 ของประเทศไทย จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

4) ชื่องานวิจัย : **คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา กองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า**

ผู้เขียน : การุณย์ ชัยวัฒน์

มหาวิทยาลัย : กองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

เนื้อหา : การประเมินคาร์บอนด้วยวิธีการคำนวณโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับ (Emission Factor) โดยการแบ่งเป็น 3 ขอบเขต ตาม อบก. โรงเรียนนายร้อยในระหว่างการใช้งานอาคาร (Operation)

5) ชื่องานวิจัย : **การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์การก่อสร้างอาคาร: กรณีศึกษางานก่อสร้างอาคารในพื้นที่ กรุงเทพมหานครในการควบคุมของกรมโยธาธิการและผังเมือง**

ผู้เขียน : นิตินัย พระไชยบุญ, วิชรินทร์ วิทยกุล และ ดิบุญ เมธากุลชาติ

มหาวิทยาลัย : ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื้อหา : ศึกษาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการก่อสร้างอาคาร 10 ชั้นในพื้นที่กรุงเทพมหานครภายใต้การควบคุมของกรมโยธาธิการและผังเมืองตามวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA)

2.1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

1) ชื่องานวิจัย : **GHG emissions from building renovation versus new-build: incentives from assessment methods**

ผู้เขียน : REGITZE KJÆR ZIMMERMANN

มหาวิทยาลัย : Department of the Built Environment, Aalborg University, Copenhagen, DK

เนื้อหา : การเปรียบเทียบของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างอาคารที่สร้างใหม่ อาคารรีโนเวทอาคารที่มีการรีโนเวทใน 3 ประเทศสวีเดน ประเทศฟินแลนด์ ประเทศเดนมาร์ก โดยเทียบกันตั้งแต่ค่าการปล่อยคาร์บอนของอาคาร และระยะเวลาในการใช้งานอาคาร 50 ปีว่าปล่อยคาร์บอนเท่าไรและแนวโน้มเป็นอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ชื่องานวิจัย : Life Cycle Building Carbon Emissions Assessment and Driving Factors Decomposition Analysis Based on LMDI—A Case Study of Wuhan City in China

ผู้เขียน : Yuanyuan Gong and Deyong Song

มหาวิทยาลัย : School of Economics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan

เนื้อหา : ประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนของพลังงานในวงจรชีวิตของอาคาร เพื่อหาว่าขั้นตอนตั้งแต่การก่อสร้าง การเลือกใช้วัสดุจนถึงการใช้งานอาคารจริง ว่าขั้นตอนไหนมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่ากันและเปรียบเทียบเป็นสัดส่วนให้เห็นภาพรวม โดยเปรียบเทียบตั้งแต่ ปี 2000-2012 ในเมืองหูอ๋าน (ขั้นตอนในการใช้งานอาคารจริงปล่อยคาร์บอนมากที่สุด) มีการยึดเกณฑ์ในการคำนวณด้วย IPCC

3) ชื่องานวิจัย : A Review of Carbon Footprint Reduction in Construction Industry, from Design to Operation

ผู้เขียน : Banu Sizerici

มหาวิทยาลัย : Department of Civil Infrastructure and Environmental Engineering, Khalifa University

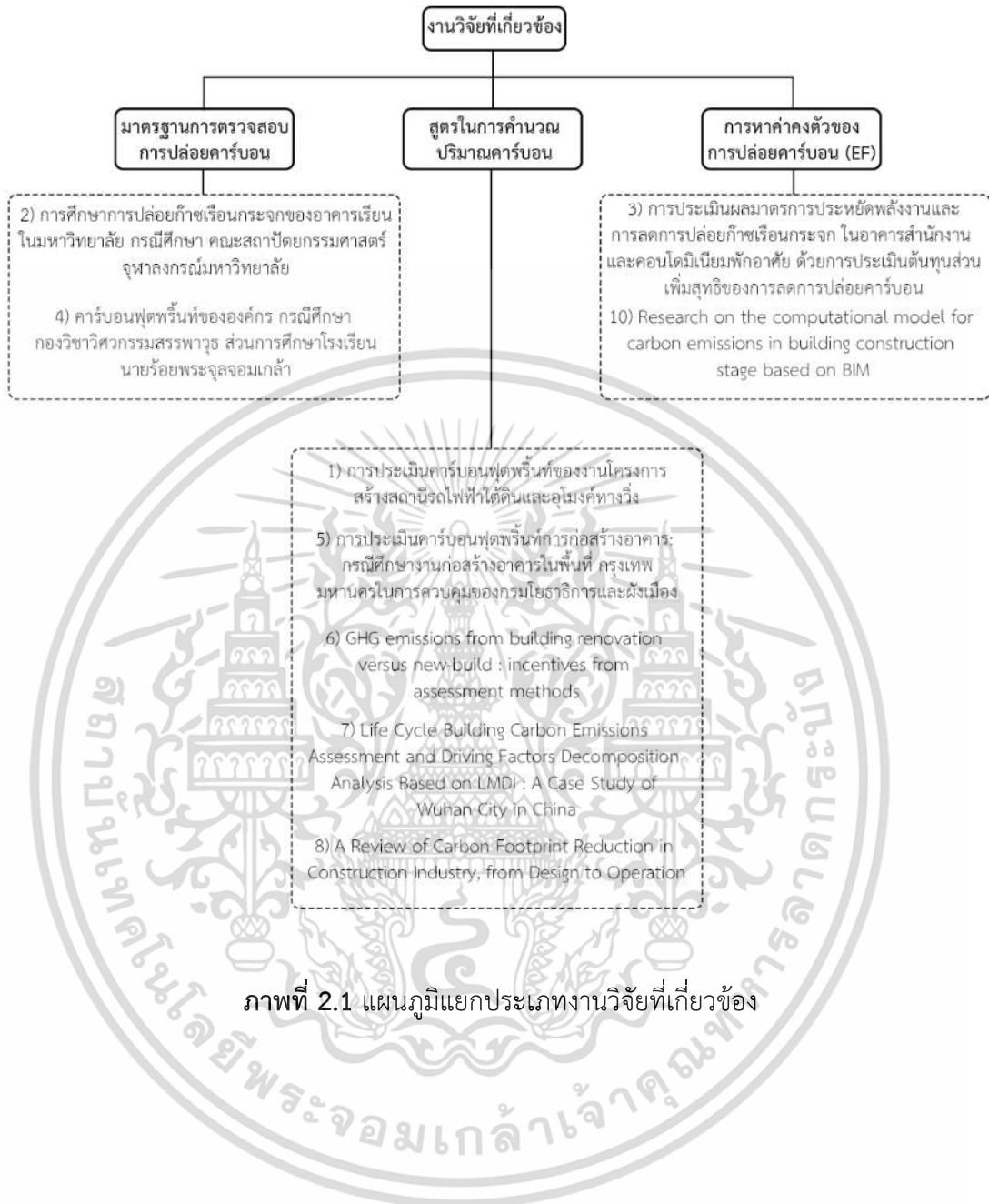
เนื้อหา : งานวิจัยเกี่ยวกับการลดการปล่อยคาร์บอนในการก่อสร้าง ตั้งแต่การเลือกวัสดุและขั้นตอนในการก่อสร้างจริง ส่งผลให้มีเทคนิค/ระบบลดคาร์บอนต่าง ๆ งานวิจัยสรุปว่าการทำเหมืองแร่เพื่อการผลิตวัสดุก่อสร้างและเคมีภัณฑ์มีส่วนทำให้มีการใช้พลังงานสูง และคิดเป็น 90% ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด

4) ชื่องานวิจัย : Research on the computational model for carbon emissions in building construction stage based on BIM

ผู้เขียน : Hua Zhong and Hanbin Luo

มหาวิทยาลัย : School of Civil Engineering & Mechanics, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan

เนื้อหา : รวบรวม factor จากแหล่งคาร์บอนและทำแบบจำลองการคำนวณเพื่อคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนของอาคารโดยใช้ BIM เข้ามาช่วยในการคำนวณค่าคาร์บอน มีเป้าหมายเพื่อนำ BIM เข้ามาช่วยในการคำนวณ ซึ่งสามารถทำให้ปริมาณการคำนวณแม่นยำขึ้น



ภาพที่ 2.1 แผนภูมิแยกประเภทงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานและที่มาของค่าคงตัวการปล่อยคาร์บอนที่เป็นหลักการของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่องานวิจัย	มาตรฐานที่ใช้	แหล่งการหาค่าคงตัว
1) การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง	ISO 14064, อบก.	อบก.
2) การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารเรียนในมหาวิทยาลัย กรณีศึกษา คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	GHG, IPCC, ISO 14064, อบก.	อบก.
3) การประเมินผลมาตรการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอาคารสำนักงาน และคอนโดมิเนียมพักอาศัย ด้วยการประเมินต้นทุนส่วนเพิ่มสุทธิของการลดการปล่อยคาร์บอน	ISO 14064, อบก.	ICE Version 2, อบก.
4) คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา กองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า	อบก.	IPCC, อบก.
5) การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์การก่อสร้างอาคาร: กรณีศึกษางานก่อสร้างอาคารในพื้นที่กรุงเทพมหานครในการควบคุมของกรมโยธาธิการและผังเมือง	อบก.	ICE Version 2, อบก.
6) GHG emissions from building renovation versus new-build: incentives from assessment methods	ISO 14064, IPCC	IPCC
7) Life Cycle Building Carbon Emissions Assessment and Driving Factors Decomposition Analysis Based on LMDI—A Case Study of Wuhan City in China	GHG, IPCC	IPCC
8) A Review of Carbon Footprint Reduction in Construction Industry, from Design to Operation	IPCC	IPCC
9) Research on the computational model for carbon emissions in building construction stage based on BIM	GHG, IPCC, ISO 14064	IPCC

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในต่างประเทศและในประเทศได้มีการใช้มาตรฐานการคำนวณมาจากเกณฑ์ IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, ISO 14064 Greenhouse gases - Part 1, Greenhouse Gas Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard และ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. (TGO) โดยถ้าหากเป็นงานวิจัยในประเทศทั้งหมดจะมีการยึดตามมาตรฐานของ อบก. ส่งผลให้ งานวิจัยนี้จะมีการใช้มาตรฐานของ อบก. เป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การแบ่งขอบเขตในการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานวิจัยในประเทศไทย

	งานวิจัยที่ 1	งานวิจัยที่ 2	งานวิจัยที่ 3	งานวิจัยที่ 4	งานวิจัยที่ 5
ขอบเขต 1	ส่งของเสียด้วย ยานพาหนะ	การใช้สารเคมี	-	การใช้เชื้อเพลิง ยานพาหนะ	-
		การใช้สารทำ ความเย็น		การใช้เชื้อเพลิง เครื่องตัดหญ้า	
		การบำบัดน้ำ เสีย		การใช้สารทำ ความเย็น	
ขอบเขต 2	อุปกรณ์ไฟฟ้า	การใช้พลังงาน ไฟฟ้า	-	การใช้พลังงาน ไฟฟ้า	การใช้พลังงาน ไฟฟ้า
	เครื่องจักร ก่อสร้าง	การใช้พลังงาน ไฟฟ้าที่ผลิตเอง			
ขอบเขต 3	วัสดุก่อสร้าง	การใช้กระดาษ	วัสดุก่อสร้าง	การใช้กระดาษ	วัสดุก่อสร้าง
	วัสดุสนับสนุน การก่อสร้าง	การกำจัดขยะ			

ตารางที่ 2.3 การแบ่งขอบเขตในการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานวิจัยในต่างประเทศ

	งานวิจัยที่ 6	งานวิจัยที่ 7	งานวิจัยที่ 8	งานวิจัยที่ 9
ขอบเขต 1	การใช้เชื้อเพลิง ยานพาหนะ	การใช้เชื้อเพลิง ยานพาหนะ	-	การใช้เชื้อเพลิง ยานพาหนะ
	ขนส่งของเสีย			
ขอบเขต 2	การใช้พลังงาน ไฟฟ้า	การใช้พลังงาน ไฟฟ้า	-	การใช้พลังงาน ไฟฟ้า
ขอบเขต 3	วัสดุก่อสร้าง	วัสดุก่อสร้าง	วัสดุก่อสร้าง	วัสดุก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

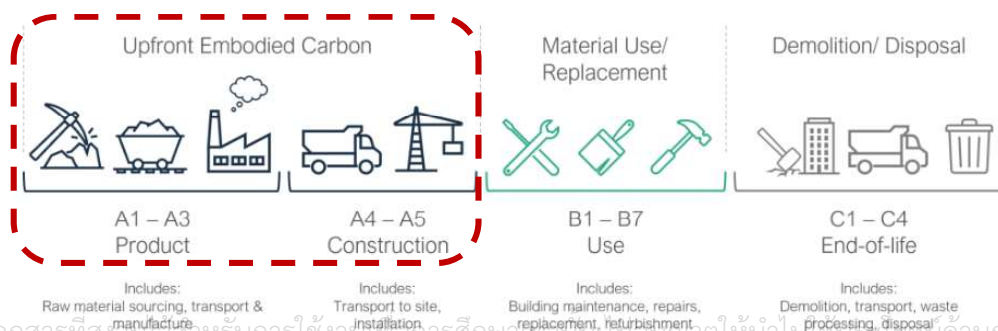
โดยจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะแสดงให้เห็นถึงประเภทต่าง ๆ ของข้อมูลในแต่ละขอบเขต แต่เนื่องจากระยะเวลาที่จำกัด จึงได้ทำการคัดเลือกประเด็นที่มีความซ้ำกันมากที่สุดของแต่ละขอบเขต โดยสรุปออกมาตามตาราง ดังนี้

ตารางที่ 2.4 ตารางสรุปขอบเขตงานของการดำเนินงานของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขอบเขต	ประเภทของข้อมูลที่สนใจ
ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง	เชื้อเพลิงที่ใช้ในยานพาหนะ
ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อม	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้
ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ	วัสดุก่อสร้าง

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ใช้เพื่อเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เป็นกระบวนการ วัดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการทั้งหมดของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment, LCA) รวมถึงกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบหรือการก่อสร้าง การดำเนินงาน และการจัดการหลังการใช้งานของเสียหรือผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุการใช้งาน การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะวิเคราะห์ตามรูปแบบของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.), 2558) และคาร์บอนฟุตพริ้นท์สามารถประมาณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจาก กิจกรรมขององค์กร และยังระบุสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ และหาวิธีลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (IPPC, 2006 และ ADB, 2010) อาจใช้เป็นคาร์บอนเครดิตเพื่อกำหนดมาตรฐานการชดเชยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมกับองค์กรอื่น ๆ

โดยทั่วไปใช้วิธี LCA สองประเภทในการวัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ มี Cradle-to-Grave (Business to Consumer, B2C) และ Cradle-to-Gate (Business to Business, B2B) (อบก., 2554 และ 2558) B2C มีสี่ขั้นตอน ได้แก่ การผลิตวัสดุ การก่อสร้าง การใช้งานและการบำรุงรักษา และการสิ้นสุดอายุการใช้งาน ในขณะที่ B2B จะพิจารณาเพียง 2 ขั้นตอนแรกเท่านั้น (Kong et. al., 2020) โดยงานวิจัยนี้จะมีการศึกษาการปล่อยคาร์บอนยึดตามหลักการ B2B ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ 2 และ 4 นั้นเป็นงานวิจัยที่มีการคำนวณคาร์บอนในช่วงของการใช้อาคารด้วยส่งผลให้มีการตัดการเปรียบเทียบข้อมูลของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ 2 และ 4 ออกจากตาราง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ภาพที่ 2.2 ขอบเขตของการศึกษาในงานวิจัย (THE FOOTPRINT COMPANY, 2566)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกพิมพ์ให้มีเหตุแต่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ตารางสรุปหัวข้อตามขอบเขตของแต่ละงานวิจัยตามขอบเขตที่ 1

ขอบเขตที่ 1	1	3	5	6	7	8	9	ระยะ ทาง	น้ำหนัก บรรทุก	EF
เชื้อเพลิงขนส่ง ของเสีย	●			●	●		●	●	●	0.0687
เชื้อเพลิงขนส่ง คนงาน	●							●	●	0.1840

ตารางที่ 2.6 ตารางสรุปหัวข้อตามขอบเขตของแต่ละงานวิจัยตามขอบเขตที่ 2

ขอบเขตที่ 2	1	3	5	6	7	8	9	EF
การใช้พลังงาน ไฟฟ้า	●		●	●	●		●	0.5986

ตารางที่ 2.7 ตารางสรุปหัวข้อตามขอบเขตของแต่ละงานวิจัยตามขอบเขตที่ 3

ขอบเขตที่ 3	1	3	5	6	7	8	9	ระยะ ทาง	น้ำหนัก บรรทุก	EF
เหล็ก	●			●	●	●	●	●	●	1.6382
คอนกรีต	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0.2420
ลวดผูกเหล็ก	●		●					●	●	1.6382
สีทาภายนอก		●						●	●	2.7200
สีทาภายใน		●						●	●	2.7200
ปูนฉาบ		●						●	●	0.9120
ฝ้ายปัมบอร์ด		●						●	●	0.3900
กระเบื้อง เซรามิก		●						●	●	0.0480
กระจก		●		●	●	●	●	●	●	1.2710
ไม้		●						●	●	0.2000

โดยจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในช่วงของการเริ่มการก่อสร้างอาคาร ส่งผลให้สามารถรู้ถึงกิจกรรมที่ต้องศึกษา และเก็บข้อมูลต่าง ๆ จากอาคารกรณีศึกษาตามขอบเขตของ อบก.

ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขอบเขตที่ 1 : จำนวนเที่ยวชน ประเภทรถยนต์ที่ขนส่ง และจำนวนคนงาน
 - ขอบเขตที่ 2 : พลังงานไฟฟ้าที่ใช้
 - ขอบเขตที่ 3 : ชนิดของวัสดุ ปริมาณวัสดุ จำนวนเที่ยวชน และประเภทรถยนต์ที่ขนส่ง
- ซึ่งจากการศึกษาประเด็นต่าง ๆ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงให้เห็นถึงประเด็นที่แตกต่างกันในแต่ละงานวิจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยคาร์บอนที่ไม่เท่ากัน โดยงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับช่วงเวลาของการก่อสร้างอาคาร จึงทำการศึกษาวิธีการปรับปรุงหรือก่อสร้างอาคารที่ช่วยในการลดคาร์บอนในการปรับปรุงอาคาร

2.2 การลดคาร์บอนในการปรับปรุงอาคาร

2.2.1 การเตรียมการในการปรับปรุงอาคาร

การปรับปรุงอาคารเก่าที่ให้ตรงกับความต้องการใหม่ ทั้งนี้สามารถอาศัยแนวทางการปรับปรุงอาคาร 5 ขั้นตอนต่อไปนี้ในการเตรียมตัวก่อนการปรับปรุงอาคาร (อิชญา แก้วประเสริฐ, 2558)

- 1) กำหนดวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงอาคาร เพื่อใช้ในการประเมินงบประมาณเบื้องต้น
 - ปรับปรุงอาคารทั้งหลังเนื่องจากสภาพเก่าทรุดโทรมมาก หรือมีความเสียหายหลายส่วน
 - จัดแบ่งพื้นที่ใช้สอยใหม่ให้มีความหลากหลายเพิ่มขึ้น
 - ซ่อมแซมบางส่วนที่เสียหาย โดยอาจถือโอกาสปรับปรุงสภาพให้ดียิ่งขึ้น
 - ปรับปรุงใหม่ให้ใช้งานดีขึ้นถึงแม้ไม่ได้มีอะไรเสียหาย แต่ปรับเพื่อแก้ปัญหาการใช้งาน
 - ปรับรูปลักษณะอาคารใหม่ตามลักษณะที่ต้องการ

- 2) รวบรวมข้อมูลและรูปแบบที่ต้องการ การตกแต่งห้องหรือพื้นที่ที่ประทับใจ รวมถึงวัสดุที่ใช้ ซึ่งอาจพบเห็นได้จากสื่อต่าง ๆ หรือสถานที่จริง ตลอดจนวิธีการในการปรับปรุงซ่อมแซมแต่ละส่วน เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง หรือเป็นข้อมูลในการออกแบบของสถาปนิกหรือมัณฑนากร และปรึกษาผู้เชี่ยวชาญต่าง ๆ

- 3) ตรวจสอบสภาพพื้นที่และกำหนดแนวทางในการปรับปรุง ควรตรวจสอบส่วนต่าง ๆ ของอาคาร หรือพื้นที่ที่กำลังจะปรับปรุงว่ามีส่วนใดยังใช้งานได้ดี หรือมีส่วนใดที่เสียหายต้องซ่อมแซมทั้งก่อนและขณะลงมือปรับปรุงอาคาร โดยการทำการตรวจสอบในแต่ละพื้นที่ตามประเภทงานต่าง ๆ แบ่งเป็นงานโครงสร้างงานสถาปัตยกรรม (วัสดุตกแต่งและปิดผิว) พื้นที่รอบบ้าน งานระบบไฟฟ้า งานระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในเชิงพาณิชย์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประปาและสุขาภิบาล รวมถึงระบบปรับอากาศ (ถ้ามี) ตลอดจนกำหนดแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขที่เหมาะสมในแต่ละงาน โดยอาจปรึกษาวิศวกร สถาปนิก หรือผู้เชี่ยวชาญเพิ่มเติม

- 4) **สรุปเนื้องานที่ต้องการปรับปรุง** โดยพิจารณางานปรับปรุงซ่อมแซมต่าง ๆ จากตารางตรวจสอบที่ทำไว้ และสรุปเนื้องานที่ต้องการปรับปรุงตามวัตถุประสงค์ เพื่อให้สอดคล้องกับงบประมาณที่ตั้งไว้
- 5) **จัดเตรียมงบประมาณในการปรับปรุงอาคาร** แบ่งได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้
 - ส่วนที่ 1 ค่าออกแบบโดยสถาปนิก วิศวกร วิศวกรโครงสร้าง และวิศวกรงานระบบ
 - ส่วนที่ 2 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง ได้แก่ ค่าวัสดุและค่าแรงก่อสร้าง ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า รวมถึงค่าดำเนินการต่าง ๆ ระหว่างการก่อสร้าง
 - ส่วนที่ 3 ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่น ค่าเช่าโกดังเก็บของ ค่าดำเนินการขออนุญาตปรับปรุงอาคารกับหน่วยงานราชการ (สำหรับกรณีที่เป็นต้องยื่นขออนุญาต) ค่าบริการที่ปรึกษาก่อสร้าง ฯลฯ

2.2.2 วิธีในการปรับปรุงอาคาร

หากเป็นการรีโนเวทอาคารทั้งหลัง หรือเป็นการต่อเติมปรับปรุงพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งจำเป็นต้องปรึกษาผู้ออกแบบหรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง สามารถเลือกได้ 2 วิธีดังนี้ (อิชฎา แก้วประเสริฐ, 2558)

- 1) **ผู้ออกแบบและผู้รับเหมาแยกกันคนละราย (Design-Bid-Built)** เป็นลักษณะที่ผู้ออกแบบและผู้รับเหมาแยกกันคนละราย เจ้าของบ้านสามารถตรวจสอบและปรับปรุงแบบให้ตรงตามความต้องการได้ค่อนข้างสมบูรณ์ ก่อนการดำเนินการก่อสร้างโดยผู้รับเหมา นอกจากนี้ผู้ออกแบบจะมีส่วนร่วมในฐานะที่ปรึกษาของเจ้าของบ้าน ตลอดจนร่วมตรวจสอบคุณภาพงานและวิธีแก้ปัญหาของผู้รับเหมาในระหว่างก่อสร้างด้วย ดังนั้นนอกเหนือจากประสบการณ์ด้านการออกแบบแล้ว ประสบการณ์ด้านการควบคุมงานและประสานงานก่อสร้างของผู้ออกแบบจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพราะอาจส่งผลต่อความล่าช้าและงบประมาณในการปรับปรุงบ้านได้
- 2) **ผู้ออกแบบและผู้รับเหมาคือรายเดียวกัน (Design & Build)** เป็นลักษณะที่ผู้ออกแบบและผู้รับเหมาคือรายเดียวกัน เป็นวิธีที่สะดวกต่อเจ้าของบ้าน เพราะจะติดต่อกับผู้ประสานงานรายเดียวตั้งแต่เริ่มออกแบบจนปรับปรุงบ้านแล้วเสร็จ ซึ่งควรกำหนดขอบเขตงานและรายละเอียดการก่อสร้างโดยระบุในสัญญาว่าจ้างให้ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อป้องกันข้อขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการปรับปรุง เนื่องจากไม่มีคนกลางในการประสานงาน

โดยข้อมูลจากองค์กรพลังงานระหว่างประเทศ IEA (International Energy Agency) และ Architecture 2030 แสดงให้เห็นถึงปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ทั้งอาคารที่สร้างใหม่และอาคารเก่าที่ต้องมีการปรับปรุง ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนการผลิต การขนส่ง การก่อสร้าง ล้วนส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกขั้นตอน ซึ่งในปัจจุบันการก่อสร้างโดยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้มากที่สุดจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง

2.2.3 การลดการปล่อยคาร์บอนในการก่อสร้าง

ปัญหาทั่วโลกของก๊าซเรือนกระจก และ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) การปล่อยมลพิษตามสถิติการใช้พลังงานในภาคส่วนต่าง ๆ เช่น การขนส่ง การก่อสร้าง การให้ความร้อน และการผลิต เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มนุษย์สร้างขึ้นที่ใหญ่ที่สุด โดยข้อมูลจากองค์กรพลังงานระหว่างประเทศ IEA (International Energy Agency) และ Architecture 2030 เปิดเผยว่า ในอุตสาหกรรม การก่อสร้างได้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละปีกว่า 27% ของทั้งโลก และถ้าหากรวมอุตสาหกรรมผลิตวัสดุก่อสร้างด้วย ก็จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกถึงกว่า 40%

อุตสาหกรรมการก่อสร้างได้เริ่มใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อลดระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่ผลิตออกมาหลายวิธี โดยวิธีที่อุตสาหกรรมการก่อสร้างสามารถช่วยให้เกิดการเกิดคาร์บอนทั่วทุกภาคส่วนมีดังนี้ (อรจัน เศรษฐบุตร, 2565)

- 1) **การใช้วัสดุที่ยั่งยืน** การปรับเปลี่ยนการใช้วัสดุที่ปล่อยมลพิษสูงด้วยการเลือกใช้วัสดุปล่อยมลพิษที่ต่ำกว่าก็สามารถช่วยลดรอยเท้าคาร์บอนของอุตสาหกรรมการก่อสร้างได้ ซึ่งสามารถทำได้ง่ายโดยการเลือกไม้ที่มีความยั่งยืนเป็นวัสดุก่อสร้างหลัก แทนที่จะเป็นวัสดุที่ปล่อยมลพิษสูง เช่น เหล็กโครงสร้างและคอนกรีต ความต้องการไม้ที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างจะส่งผลให้มีต้นไม้ที่ดูดซับคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น จากการศึกษาพบว่า ปัจจุบันกำลังมีการใช้คอนกรีต เหล็ก และวัสดุที่มีคาร์บอนสูงอื่น ๆ มากกว่าที่จำเป็น
- 2) **เครื่องจักรปล่อยมลพิษต่ำ** การเลือกเครื่องจักรที่ปล่อยมลพิษต่ำสามารถมีส่วนสำคัญในการลดการปล่อยมลพิษของอุตสาหกรรมก่อสร้าง รถยนต์ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงชีวภาพมีความนิยมมากขึ้นมากในปัจจุบัน และเป็นส่วนสำคัญในการช่วยลดคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)
- 3) **การจัดการของเสีย** เพิ่มการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ ลดการใช้ และการใช้ซ้ำ เป็นลำดับขั้นที่สำคัญที่ใช้ในการลดของเสียในการก่อสร้าง ช่วยลดคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(CO₂) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โครงการก่อสร้างหลายโครงการจบลงด้วยวัสดุเหลือใช้มากเกินไปเนื่องจากการสั่งซื้อมากเกินไปก่อนเริ่มโครงการ

- 4) การรีไซเคิลวัสดุก่อสร้างและส่วนประกอบ ในปัจจุบันขยะจากการก่อสร้าง และการรีไซเคิลทั้งหมด (รวมถึงอิฐ ไม้ แก้ว พลาสติก ยิปซัม โลหะ แร่ใยหิน และตัวทำละลาย) ถูกกำจัดโดยไม่มีวัสดุรีไซเคิล โดยมีส่วนทำให้เกิดขยะประมาณ 30% ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ของสหภาพยุโรป เพื่อลดของเสียและลดการปล่อยมลพิษที่เกิดจากการขุดและการผลิตวัสดุเหล่านี้ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับอุตสาหกรรมในการรีไซเคิล และนำวัสดุเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่ในโครงการในอนาคต การทำเช่นนี้จะสร้างผลกระทบต่ออุตสาหกรรม และอาคารจะต้องได้รับการออกแบบเพื่อให้สามารถรีไซเคิลได้ง่ายขึ้น
- 5) แหล่งพลังงานหมุนเวียน อีกวิธีหนึ่งในการลดการปล่อยคาร์บอนคือการซื้อ และใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนสำหรับอาคารทั่วไป ซึ่งสามารถทำได้โดยการสร้างพลังงานไฟฟ้าด้วยการผลิตพลังงานฟ้าในสถานที่ที่สามารถใช้พลังงานหมุนเวียนชนิดต่าง ๆ ได้
- 6) การเพิ่มพื้นที่สีเขียวภายในอาคาร “ต้นไม้” เป็นสิ่งที่ช่วยลดคาร์บอนไดออกไซด์ และเพิ่มออกซิเจนให้กับอากาศ ซึ่งเมื่อต้นไม้ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้ว จะนำคาร์บอนฯ ที่ได้ไปเก็บไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ไม่ว่าจะเป็นลำต้น กิ่ง ใบ หรือแม้กระทั่งราก โดย "ต้นไม้" 1 ต้นนั้น สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้เฉลี่ย 9-15 กิโลกรัม/ปี ทั้งยังช่วยดักจับฝุ่นและมลพิษในอากาศ ได้ 1.4 กิโลกรัม/ปี ซึ่งศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ นั้น ขึ้นอยู่กับอัตราการเติบโตของต้นไม้ และปัจจัยแวดล้อมโดยรอบ



ภาพที่ 2.3 แผนภาพการลดการปล่อยคาร์บอนในการก่อสร้าง

โดยการลดการปล่อยคาร์บอนในภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้างนั้นประกอบไปด้วยหลากหลายวิธีการ ซึ่งแต่ละวิธีการก็ล้วนมีส่วนช่วยในการลดการปล่อยคาร์บอนในภาคอุตสาหกรรม การก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถตรวจสอบค่าการปล่อยคาร์บอนได้ออกมาเป็นค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยการคำนวณด้วยสูตรการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ตามมาตรฐานสากล และมาตรฐานในประเทศ

2.3 มาตรฐานการตรวจสอบและคำนวณการปล่อยคาร์บอน

การประชุม COP ย่อมาจาก Conference of the Parties เป็นการประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญา สหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจัดขึ้นทุกปีในช่วง 28 ปีที่ผ่านมา และถือเป็นเครื่องมือที่จะช่วยนำปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไปสู่ระดับโลก เนื่องจากอุณหภูมิของโลกสูงขึ้นเร็วกว่าที่นักวิทยาศาสตร์คาดการณ์ไว้เมื่อก่อนหน้านี้ ในการประชุม COP21 เมื่อปี 2015 ณ กรุงปารีส 196 ประเทศได้ตกลงที่จะร่วมมือกันรักษาอุณหภูมิโลกไม่ให้ สูงขึ้นเกิน 2 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับระดับก่อนยุคอุตสาหกรรม โดยตั้งเป้าไว้ที่ 1.5 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้เกิดข้อตกลงปารีส (Paris Agreement) ขึ้น ภายใต้ข้อตกลงนี้ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกมุ่งมั่นที่จะสร้างการมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด (Nationally Determined Contributions หรือ NDCs) ซึ่งเป็นแผนปฏิบัติการลดการปล่อยมลพิษระดับชาติ โดยทุก ๆ 5 ปี ประเทศต่าง ๆ จะต้องกลับมาด้วยแผนการฉบับที่ปรับปรุงใหม่ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก็เป็นหนึ่งในมลพิษที่ต้องถูกตรวจสอบเช่นเดียวกัน (Greenpeace, 2566)

2.3.1 มาตรฐานสากลในการตรวจสอบการปล่อยคาร์บอน

มาตรฐานที่ใช้ในการหาค่าการปล่อยและดูดกลับของก๊าซเรือนกระจกที่ทั่วโลกใช้จะมีมาตรฐานดังต่อไปนี้ คือ มาตรฐาน IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, มาตรฐาน ISO 14064 Greenhouse gases - Part 1 และ มาตรฐาน Greenhouse Gas Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard โดยมาตรฐานแต่ละแบบได้มีการกำหนดข้อกำหนดไว้ ดังนี้

1) มาตรฐาน IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

ได้จัดทำแนวทางการคำนวณ และการรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกฉบับล่าสุด คือ ปี ค.ศ. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ได้แบ่งการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็น 4 ภาค ได้แก่

- ภาคพลังงาน (energy)
- ภาคอุตสาหกรรมการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ (Industrial Processes and Product Use: IPPU)
- ภาคเกษตรกรรม ป่าไม้ และการใช้ที่ดินอื่น ๆ (Agriculture, Forestry, and other land use: AFOLU)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาคของเสีย (waste)

2) มาตรฐาน ISO 14064 Greenhouse gases - Part 1

เป็นมาตรฐานที่มีการระบุหลักการและข้อกำหนดระดับองค์กรสำหรับการวัดปริมาณ และการรายงานผลการปลดปล่อย และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก รวมถึงข้อกำหนด สำหรับการออกแบบ การพัฒนา การจัดการ การรายงาน และการทวนสอบบัญชี รายการการปลดปล่อย และการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โดยมีการแบ่ง หัวข้อของการคิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนี้

- 1) การปล่อยและการกำจัดก๊าซเรือนกระจกโดยตรง
- 2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากพลังงานนำเข้า
- 3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการขนส่ง
- 4) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากผลิตภัณฑ์ที่องค์กรใช้
- 5) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ผลิตภัณฑ์จากองค์กร
- 6) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากแหล่งอื่น

3) มาตรฐาน Greenhouse Gas Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard

GHG Protocol เป็นมาตรฐานการทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกสำหรับภาครัฐและเอกชน ซึ่งพัฒนาโดย World Resource Institute (WRI) ร่วมกับ World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) แบ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง และทางอ้อมเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่

ขอบเขตที่ 1: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงทั้งหมด

ขอบเขตที่ 2: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เกิดจากการใช้หรือการซื้อไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำ

ขอบเขตที่ 3: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมแบบอื่นนอกขอบเขตที่กำหนด เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสกัดและการผลิตวัสดุและเชื้อเพลิงที่ผู้รายงานจัดซื้อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งโดยใช้น้ำมันพาหนะที่ไม่ได้ควบคุมโดยหรือเป็นของผู้รายงาน การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า ซึ่งขอบเขตที่ 2 ยังไม่ครอบคลุม

2.3.2 มาตรฐานประเทศไทยในการตรวจสอบการปล่อยคาร์บอน

เกณฑ์การประเมิน (Assessment) ในการจัดทำรายงานบัญชีก๊าซเรือนกระจก (GHG inventories) ที่นิยมใช้หรือมีการพัฒนามาจากเกณฑ์ IPCC Guidelines for National Greenhouse

Gas Inventories หรือ ISO 14064 Greenhouse gases - Part 1 หรือ Greenhouse Gas Protocol เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Corporate Accounting and Reporting Standard ซึ่งประเทศไทยมีแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเช่นเดียวกัน โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. (TGO) ได้พัฒนาเกณฑ์ขึ้นมาจากการปรับปรุงจากเกณฑ์ข้างต้นเพื่อให้เข้ากับบริบทของไทย

ในการกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational Boundary) ต้องระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยกลับและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2561)

ขอบเขตที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในองค์กร ดังนี้

1) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่ ตัวอย่างเช่น

1.1) การผลิตไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำ เพื่อใช้เองภายในองค์กร และ/หรือ เพื่อการส่งออก หรือแจกจ่ายให้แก่ผู้ใช้งานนอกขอบเขตองค์กรและการสูญเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำ

1.2) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากการใช้งานอุปกรณ์และ/หรือเครื่องจักรที่องค์กรเป็นเจ้าของ หรือเช่าเหมามาแต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง

1.3) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มภายในองค์กร โดยองค์กรเป็นผู้รับผิดชอบดำเนินงานดังกล่าว

1.4) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ

2) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น

2.1) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของ หรือเช่าเหมามาแต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง

2.2) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะที่องค์กรเช่าเหมามา แต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง

3) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลและอื่น (Fugitive emissions) ตัวอย่างเช่น

3.1) การรั่วซึมของก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศภายนอกที่เกิดขึ้น ณ บริเวณรอยเชื่อมข้อต่อของอุปกรณ์ที่ตั้งอยู่ภายในองค์กร

3.2) การรั่วซึมของก๊าซเรือนกระจกจากหน่วยผลิตย่อยภายในโรงงาน

3.3) การใช้อุปกรณ์ดับเพลิงประเภทที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้

3.4) ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียและหลุมฝังกลบของเสียที่มี

สารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5) ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ย หรือสารเคมีเพื่อการชักล้างหรือทำความสะอาดภายในองค์กร

3.6) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวล

ขอบเขตที่ 2 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือ ไออน้ำที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้งานในองค์กร

ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 องค์กรสามารถคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการขึ้นทะเบียนหรือให้รับรองข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่ อบก. กำหนด

2.3.3 การคำนวณการปล่อยคาร์บอน

เป็นการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมดมาคำนวณ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังสมการ

$$CFP = \sum_{i=1}^n GHG_i$$

$$GHG_i = \text{Activity Data}_i \times \text{Emission Factor}_i$$

โดยที่ CFP คือ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ มีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

GHG คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

Activity Data คือ ข้อมูลกิจกรรม

Emission Factor (EF) คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือน กระจก มีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อหน่วยข้อมูลกิจกรรม

n คือ จำนวนกิจกรรมทั้งหมดที่พิจารณา

i คือ กิจกรรมที่ i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 การหาค่าคงตัวของการปล่อยคาร์บอน (Emission Factor)

1) **Inventory of Carbon and Energy (ICE)** เป็นฐานข้อมูลด้านพลังงานและค่าการปล่อยคาร์บอนชั้นนำที่รวบรวมไว้สำหรับวัสดุก่อสร้าง โดยฐานข้อมูล ICE เวอร์ชันแรกถูกสร้างและพัฒนาขึ้นโดย แครก โจนส์ (Craig Jones) ผู้เชี่ยวชาญด้านความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมและผู้อำนวยการฝ่ายนิเวศวิทยา ในระหว่างที่เขาเคยดำรงตำแหน่งนักวิจัยที่มหาวิทยาลัยบาร์ท (University of Bath) ในขณะที่ทำงานร่วมกับศาสตราจารย์เจฟฟ์ แฮมมอนด์ (Geoff Hammond) ที่ทีมวิจัยพลังงานความยั่งยืน (Sustainable Energy Research Team (SERT)) เวอร์ชันแรกเปิดตัวในปี ค.ศ. 2548 หลังจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างกว้างขวาง และได้รับการอัปเดตข้อมูลเป็นระยะ และเน้นเก็บข้อมูลเกี่ยวกับภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นหลัก โดยในช่วงหลายเดือนที่ผ่านมาหลังจากได้รับเงินทุนจาก Environment Agency เป็นองค์กรเกี่ยวกับการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมของอังกฤษ, Heathrow สนามบินที่การจราจรหนาแน่นที่สุดในอังกฤษ และ Rail Safety Standards Board (RSSB) เป็นบริษัทประกันภัยเกี่ยวกับระบบขนส่งทางรางทั่วประเทศอังกฤษโดยเน้นด้านสุขภาพและคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งาน ซึ่ง ICE เป็นแหล่งข้อมูลที่นักวิจัยทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติให้การยอมรับ โดยในปัจจุบันมีเวอร์ชันล่าสุดคือ ICE V3.0 (Inventory of Carbon and Energy, 2554)

INVENTORY OF CARBON & ENERGY (ICE) SUMMARY				
Materials	Embodied Energy & Carbon Coefficients			Comments
	EE - MJ/kg	EC - kgCO ₂ /kg	EC - kgCO ₂ e/kg	
Aggregate				EE = Embodied Energy, EC = Embodied Carbon
General (Gravel or Crushed Rock)	0.083	0.0048	0.0052	Estimated from measured UK industrial fuel consumption data
Aluminium	Main data source: International Aluminium Institute (IAI) LCA studies (www.world-aluminium.org)			
General	155	8.24	9.16	Assumed (UK) ratio of 25.6% extrusions, 55.7% Rolled & 18.7% castings. Worldwide average recycled content of 33%.
Virgin	218	11.46	12.79	
Recycled	29.0	1.69	1.81	
Cast Products	159	8.28	9.22	Worldwide average recycled content of 33%.
Virgin	226	11.70	13.10	
Recycled	25.0	1.35	1.45	
Extruded	154	8.16	9.08	Worldwide average recycled content of 33%.
Virgin	214	11.20	12.50	
Recycled	34.0	1.98	2.12	
Rolled	155	8.26	9.18	Worldwide average recycled content of 33%.
Virgin	217	11.50	12.80	
Recycled	28	1.67	1.79	

ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างตารางแสดงข้อมูล ICE (Inventory of Carbon and Energy, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) IPCC Emission Factors Database (EFDB) ฐานข้อมูลปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นโครงการที่ได้รับการสนับสนุนจากโครงการคลังก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติ (NGGIP) ซึ่งบริหารงานโดยคณะกรรมการเฉพาะกิจด้านคลังก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติ (TFI) ของ IPCC โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลที่ได้รับการยอมรับ ซึ่งผู้ใช้สามารถค้นหาปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและพารามิเตอร์อื่น ๆ พร้อมเอกสารประกอบความเป็นมาหรือข้อมูลอ้างอิงทางเทคนิคที่สามารถใช้เพื่อประมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ (IPCC, 2556)

EF ID	IPCC 1996	IPCC 2006	Gas	Fuel	C pool	Type of parameter	Description	Technologies / Practices	Parameters / Conditions	Region / Regional Conditions	Abatement / Control Technologies	Other properties	Value	Unit
62639	6A - Solid Waste Disposal on Land	4 A - Solid Waste Disposal	METHANE			1996 IPCC default	Municipal Solid Waste (MSW) Generation Rate			United States of America			2.0	kg/cap/day
62640	6A - Solid Waste Disposal on Land	4 A - Solid Waste Disposal	METHANE			1996 IPCC default	Municipal Solid Waste (MSW) Generation Rate			Canada			1.81	kg/cap/day
62041	6A - Solid Waste Disposal on Land	4 A - Solid Waste Disposal	METHANE			1996 IPCC default	Municipal Solid Waste (MSW) Generation Rate			Australia			1.26	kg/cap/day

ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างตารางแสดงข้อมูล EFDB (IPCC, 2556)

3) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) จัดอยู่ภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีวัตถุประสงค์หลักในการวิเคราะห์ กลั่นกรอง และทำความเข้าใจเกี่ยวกับการให้คำรับรองโครงการที่ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด รวมทั้งติดตามประเมินผลโครงการที่ได้รับคำรับรอง ส่งเสริมการพัฒนาโครงการ และการตลาดซื้อขายปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง เป็นศูนย์กลางข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ดำเนินงานด้านก๊าซเรือนกระจก และจัดทำแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับค่า Carbon Emission ประเภทต่าง ๆ ไว้เพื่อประเมินการปล่อยคาร์บอนขององค์กรในแต่ละภาคส่วนของประเทศไทย โดยได้มีการอ้างอิงข้อมูลมาจากแหล่งข้อมูลของ IPCC (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Emission Factor แบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม

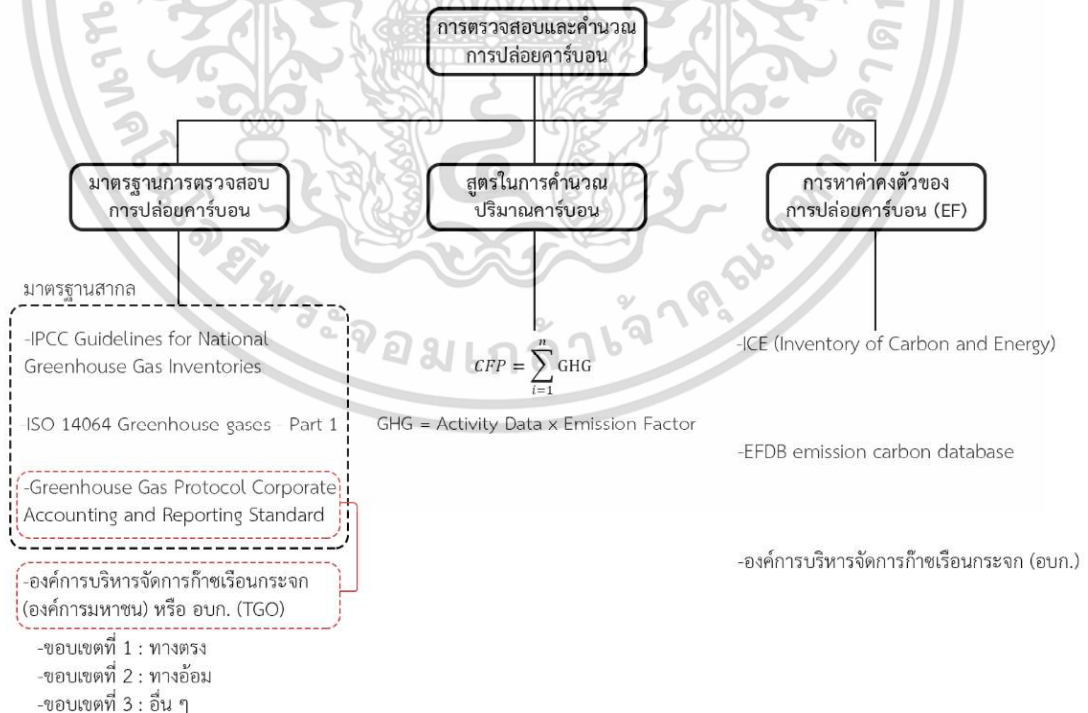
■ ตัวที่มีการเปลี่ยนแปลง

■ ตัวที่มีการเพิ่มเติม

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kgCO ₂ e/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัปเดต
1. กลุ่มปิโตรเคมี						
1.	Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)	ผลิตจากกระบวนการออลิเลชันของเมทิลเมทาครีเลตและเอทิลีน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	4.1597	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
2.	General Purposed Polystyrene (GPPS)	ผลิตจาก Styrene และ Ethylbenzene; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	3.2281	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
3.	High Density Polyethylene (HDPE)	ผลิตจาก Ethylene โดยมี 1-Butene และ Propylene เป็น Comonomer; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	6.7071	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
4.	High Impact Polystyrene (HIPS)	ผลิตจาก Styrene และ Polybutadiene rubber; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	3.6843	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
5.	Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)	ผลิตจากกระบวนการที่เป็น Solution phase และ Gas phase; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	2.1356	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_July2022
6.	Low Density Polyethylene (LDPE)	ผลิตจากกระบวนการที่เป็น Solution phase และ Gas phase; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	2.6258	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
7.	Polypropylene (PP)	ผลิตจากกระบวนการที่เป็น Liquid phase และ Gas phase; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.8814	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_July2022
8.	Ployvinyl Chloride (PVC)	ผลิตจากกระบวนการ Suspension และ Emulsion; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	2.1331	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
9.	P-xylene	ผลิตจากกระบวนการ PAREX / ISOMAR; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.9226	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
10.	Styrene Monomer (SM)	ผลิตจากกระบวนการออลิเลชันของเมทิลเมทาครีเลตและเอทิลีน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	2.3705	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
11.	Styrene Acrylonitrile (SAN)	ผลิตจากกระบวนการออลิเลชันของเมทิลเมทาครีเลตและเอทิลีน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	3.0008	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019

ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างตารางแสดงข้อมูล ออก. (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2561)

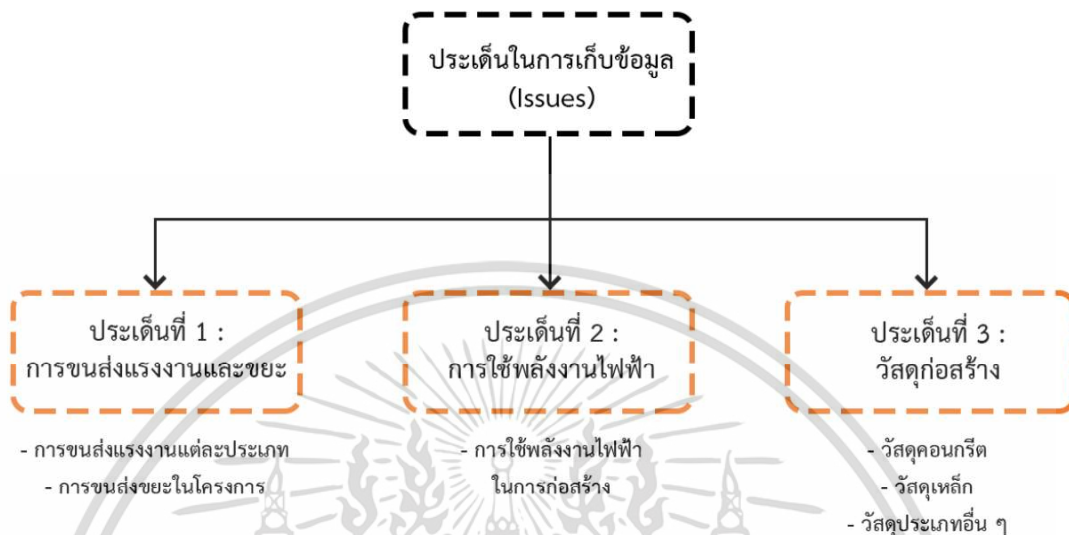
ซึ่งงานวิจัยนี้ได้มีการยึดค่าของ ค่าคงตัวทางคาร์บอน (Emission Factor) ของข้อมูลจาก 3 แหล่งนี้เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของอาคาร



ภาพที่ 2.7 แผนภูมิการตรวจสอบและการคำนวณการปล่อยคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สรุปกรอบแนวคิดจากการศึกษางานวิจัยและเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ 2.8 กรอบแนวคิดของการศึกษาในงานวิจัย

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยส่วนใหญ่งานวิจัยทั้งหมดจะศึกษาไปที่การเก็บข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงของการใช้อาคารจริง และบางส่วนที่ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงของการเริ่มก่อสร้างอาคาร แต่ยังไม่มียานวิจัยไหนที่มุ่งเน้นไปที่การศึกษาการรีโนเวทอาคารและเก็บข้อมูลจริงไปด้วยในระหว่างการรีโนเวทอาคาร ซึ่งนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างมากในการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการก่อสร้าง ทำให้ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การเก็บข้อมูลและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคาร วช.7 ในขณะที่มีการรีโนเวทอาคาร

โดยการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งในต่างประเทศ ได้มีการยึดมาตรฐานตามเกณฑ์ของ IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, มาตรฐาน ISO 14064 Greenhouse gases - Part 1 และ มาตรฐาน Greenhouse Gas Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard อย่างใดอย่างหนึ่งทุกงานวิจัย แต่งานวิจัยในประเทศไทย โดยส่วนใหญ่จะยึดเกณฑ์ของ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ซึ่งได้แบ่งขอบเขตของการดำเนินงานออกเป็น 3 ขอบเขตตามมาตรฐาน อบก.

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะมีการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงของการรีโนเวทอาคาร วช.7 ชั้นที่ 1-2 ของอาคาร โดยยึดตามมาตรฐานของ อบก. เป็นหลัก และอาจมีการเสริมด้วย มาตรฐานของ IPCC, ISO 14064 และ GHG Protocol เพื่อความครบถ้วนสมบูรณ์ของงานวิจัยมากยิ่งขึ้น โดยแบ่งขอบเขตของการดำเนินงานเป็น 3 ขอบเขต และมีการกำหนดค่า Carbon emission factor จากแหล่งข้อมูลของ ICE, IPCC และ อบก. ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งหมดในการรีโนเวทอาคาร ซึ่งจะทำการติดตามและขอข้อมูลจากผู้รับเหมาเพื่อเก็บข้อมูลของ จำนวนวัสดุ ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ และการขนส่งวัสดุและแรงงานทั้งหมดในช่วงการก่อสร้าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 งานวิจัยเชิงเปรียบเทียบ

กระบวนการสร้างเครื่องมือสำหรับรวบรวมข้อมูลการวิจัยเริ่มจากการนำวัตถุประสงค์ของการวิจัยเป็นแนวทางของการทบทวนวรรณกรรม เพื่อนำไปสู่การสร้างกรอบแนวคิดของการวิจัย จากนั้นจึงนำกรอบแนวคิดของการวิจัยเป็นแนวทางของการรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลของการศึกษาโดยทำการเก็บข้อมูลทางเอกสาร, ข้อมูลภาพถ่าย และข้อมูลแบบสถาปัตยกรรมและวัสดุก่อสร้าง โดยมีวิธีการเก็บรวบรวมดังต่อไปนี้

1) การสืบค้นข้อมูลจากเอกสาร (Documentary Data) หรือ การวิจัยเอกสาร (Documentary Research) ประกอบด้วยการทบทวนวรรณกรรมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งของไทยและต่างประเทศ และการสืบค้นข้อมูลจากสื่อสารสนเทศ

2) การรวบรวมข้อมูลจากภาคสนาม (Field Data) ประกอบด้วยการลงพื้นที่สำรวจอาคาร วช.7 เพื่อเก็บข้อมูลในช่วงเวลาในระหว่างการรื้อถอนและก่อสร้างอาคาร โดยทำการวัดระยะอาคาร เก็บข้อมูลภาพถ่าย และการสัมภาษณ์ผู้รับเหมา

3) การเปรียบเทียบข้อมูล (Data Comparison) การเปรียบเทียบข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจากการรวบรวมข้อมูลจากภาคสนาม เพื่อหาผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับระหว่างการก่อสร้างคาร์บอนต่ำและการก่อสร้างตามปกติ

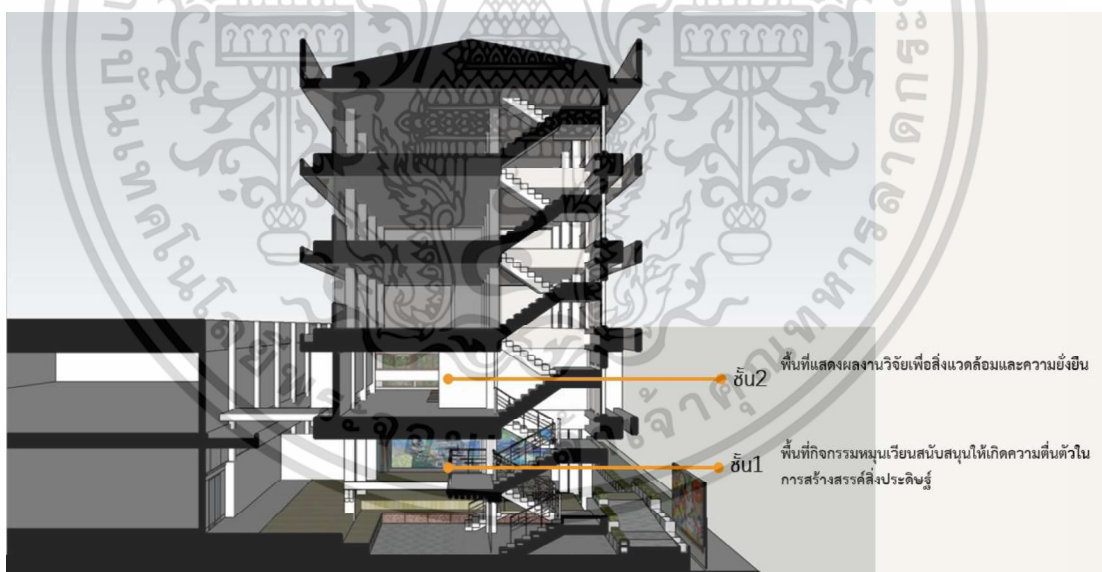
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อาคารกรณีศึกษา : อาคาร วช.7

3.2.1 ข้อมูลทั่วไปของอาคาร วช.7

อาคาร วช.7 ที่นำมาเป็นกรณีศึกษาเป็นอาคารที่มีโครงสร้างหลักเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก มีอายุอยู่ที่ประมาณ 40 ปี ซึ่งได้มีแผนปรับปรุงเพื่อปรับเปลี่ยนจากอาคารสำนักงานให้เป็นอาคารจัดกิจกรรมเกี่ยวกับการเรียนรู้ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นอาคารกรณีศึกษาเกี่ยวกับการก่อสร้างเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อศึกษาและเก็บข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ระหว่างการก่อสร้างจริง

การเตรียมพื้นที่อาคารเพื่อรองรับการจัดนิทรรศการ จำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมอาคารให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน โดยมีการพิจารณาส่วนสำคัญคือ การมีพื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่อเนกประสงค์ให้กับผู้ที่เข้ามาใช้อาคารและเข้าชมนิทรรศการ โดยมีการปรับปรุงในส่วนของพื้นอาคารและผนัง โดยใช้เป็นพื้นไม้ยางพาราในบริเวณทางเดิน และมีการทុบผนังบางส่วนของชั้น 1 ของอาคารเพื่อให้ลมและแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้ โดยในส่วนโครงสร้างของอาคารใช้โครงสร้างเดิม โดยมีการตรวจสอบความแข็งแรงเพื่อให้รองรับการใช้งานได้



ภาพที่ 3.1 พื้นที่ในการปรับปรุงอาคาร วช.7 ชั้น 1-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคาร วช.7 ก่อนที่จะมีการปรับปรุงเป็นพื้นที่เก็บของต่าง ๆ และพื้นที่พักผ่อนของเจ้าหน้าที่ทำความสะอาดของสถาบันการวิจัยแห่งชาติ (วช.)



ภาพที่ 3.4 ก่อนการปรับปรุงอาคาร ชั้นที่ 1



ภาพที่ 3.5 ก่อนการปรับปรุงอาคาร ชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 ระหว่างการปรับปรุงอาคาร ชั้นที่ 1

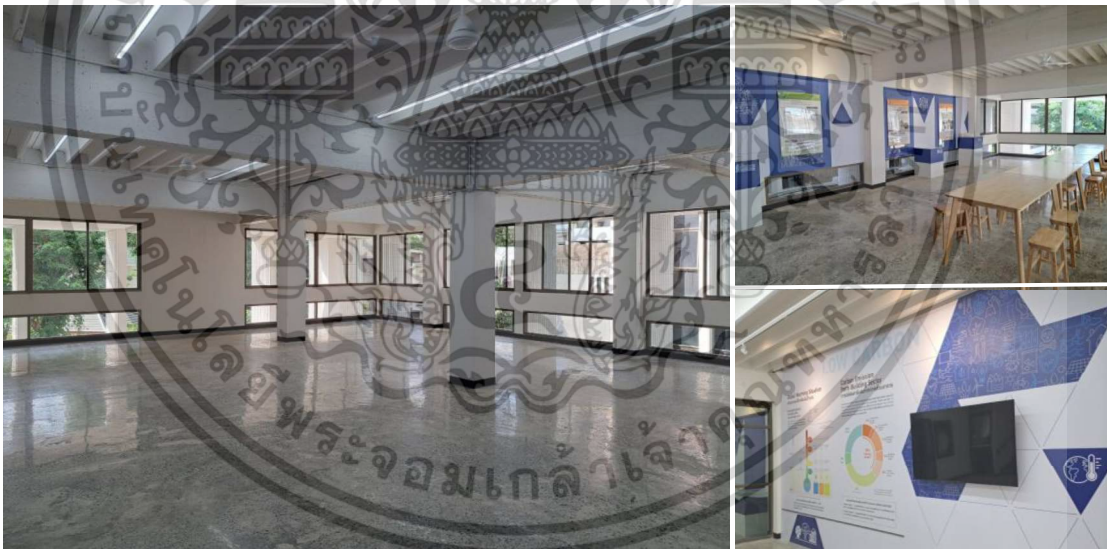


ภาพที่ 3.7 ระหว่างการปรับปรุงอาคาร ชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 อาคารปรับปรุงแล้วเสร็จ ชั้นที่ 1



ภาพที่ 3.9 อาคารปรับปรุงแล้วเสร็จ ชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 แนวทางการปรับปรุงของอาคาร วข.7

อาคาร วข.7 ก่อนที่จะมีการปรับปรุงอาคารต้องมีการสำรวจอาคารเดิมและรื้อถอนพื้นที่ของอาคารเดิมในบางส่วน ได้แก่ พื้น ผนัง และฝ้าเพดานเดิม แล้วจึงค่อยเริ่มการก่อสร้างอาคารตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งงานรื้อถอนประกอบไปด้วยขั้นตอน ดังนี้

1) การรื้อผนังเดิม

การรื้อผนังอาคารเดิมที่เป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนเป็นส่วนใหญ่ ทั้งในบริเวณชั้นที่ 1-2 ด้วยการทุบผนังก่ออิฐฉาบปูนออกแล้วนำเศษอิฐที่เหลือนำไปใช้ในบริเวณอื่น ๆ ของอาคาร และหน้าต่างกระจกที่ยังคงสมบูรณ์ไม่แตกหักจะมีการถอดการติดตั้งออกและนำไปใช้ใหม่

2) การรื้อพื้นเดิม

การรื้อพื้นกระเบื้องยางเดิมและกระเบื้องอิฐของอาคาร และนำเศษกระเบื้องที่เหลือใช้ไปทิ้งนอกโครงการ และการรื้อพื้นชั้นลอยออกให้หมดโดยการนำโครงสร้างเหล็กที่รับพื้นชั้นลอยที่เหลือจากการก่อสร้างพื้น ไปใช้ใหม่ในบริเวณพื้นใหม่ของอาคาร

3) การรื้อบันไดเดิมบางส่วน

การรื้อบันไดที่เชื่อมจากชั้นที่ 1 จนถึงชั้นลอยของอาคารออก เนื่องจากต้องการพื้นที่โถงที่เปิดโล่งของอาคาร โดยบันไดเป็นบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ หลังจากทุบจะมีการนำเศษคอนกรีตไปใช้ใหม่

4) การปรับระดับพื้นที่ชั้นที่ 1 ใหม่

การปรับระดับพื้นที่ชั้นที่ 1 ให้มีระดับที่หลากหลาย และรองรับการใช้งานใหม่ โดยการใช้โครงสร้างเหล็กเดิมของโครงการมาใช้ใหม่อีกครั้ง

5) การรื้อฝ้าเพดานเดิม

การรื้อฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ดบริเวณชั้นที่ 1-2 ของอาคารออก แล้วนำไปทิ้งนอกโครงการ

6) การปรับระดับพื้นที่โดยรอบอาคาร

การปรับระดับพื้นด้านนอกโดยรอบอาคารด้วยการนำเศษวัสดุคอนกรีตและวัสดุอิฐที่ได้จากการทุบพื้นและผนังเดิมของอาคาร มาถมพื้นที่โดยรอบเพื่อแทนดินปรับระดับที่ต้องนำเข้ามาใช้ในโครงการ

7) การสร้างบันไดหลักเพิ่ม

การสร้างบันไดหลักเพิ่มจากของเดิมเพื่อรองรับผู้คนที่เข้ามาใช้งานโครงการในอนาคตด้วยบันไดคอนกรีตเสริมเหล็กและบันไดโครงสร้างเหล็กในบางจุด

8) การขีดพื้นอาคารเดิม

หลังจากการรื้อกระเบื้องเดิมของอาคารออก ก็ทำการขีดพื้นคอนกรีตเพื่อที่จะได้ไม่ต้องทำการปูกระเบื้องใหม่ เป็นการลดการใช้วัสดุก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) การทาสีผนังอาคารใหม่

การทาสีผนังอาคารใหม่ทั้งด้านในและด้านนอกอาคาร โดยการไม่ติดกระเบื้องที่ผนังอาคาร เพื่อเป็นการลดการใช้วัสดุกระเบื้อง

10) การทาสีฝ้าเพดานใหม่

การทาสีฝ้าเพดานใหม่ทั้งบริเวณชั้นที่ 1-2 เป็นการทาสีไปที่บริเวณท้องพื้นของพื้นที่อยู่เหนือชั้นแต่ละชั้น เพื่อลดการใช้วัสดุฝ้าในการก่อสร้าง

11) การติดตั้งโซลาร์เซลล์บริเวณหลังคา

ทำการติดตั้งโซลาร์เซลล์บริเวณหลังคาใหม่ ที่เป็นหลังคาโครงสร้างเหล็กบริเวณชั้นที่ 3 เพื่อติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

3.2.3 การปรับปรุงอาคาร วช.7 ที่สัมพันธ์กับการลดการปล่อยคาร์บอน

การปรับปรุงอาคาร วช.7 มีการนำแนวคิดในการปรับปรุงอาคารด้วยการใช้วิธีการก่อสร้างที่มีการลดการปล่อยคาร์บอนในระหว่างการปรับปรุงอาคาร เพื่อเป็นการทดลองถึงผลลัพธ์ที่ได้ว่าจะสามารถลดคาร์บอนลงไปได้มากหรือน้อยเพียงใด โดยการเปรียบเทียบกับอาคารแบบปกติ

ตารางที่ 3.1 แสดงงานที่ต้องการปรับปรุงในอาคาร วช.7 เพื่อลดการปล่อยคาร์บอน

ประเด็น (Issue)	ประเภทงาน	การปรับปรุงอาคารแบบปกติ	การปรับปรุงอาคารแบบลดคาร์บอน
1	การใช้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ		
	ขนส่งแรงงาน	- การใช้จำนวนแรงงานตามประเภทงานที่ต้องทำ	- การลดประเภทงานบางส่วนเพื่อลดจำนวนแรงงาน
2	ขนส่งเศษวัสดุเหลือใช้	- การนำวัสดุที่เหลือจากการทុบอาคารเดิม ไปทิ้งภายนอกโครงการด้วยรถขยะที่เข้ามาในแต่ละวัน ไม่มีการนำเศษวัสดุกลับมาใช้ใหม่	- การนำวัสดุที่เหลือจากการทុบอาคารเดิม นำกลับมาใช้เพื่อลดจำนวนขยะ ได้แก่ โครงเหล็กของพื้นเดิม เศษอิฐและคอนกรีตจากบริเวณพื้นและผนังอาคาร
	การใช้พลังงานไฟฟ้า		
		- การใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง	- การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตเองจากแผงโซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1(ต่อ)

ประเด็น (Issue)	ประเภทงาน	การปรับปรุงอาคารแบบปกติ	การปรับปรุงอาคารแบบลดคาร์บอน
3	วัสดุก่อสร้าง		
	งานพื้น	<ul style="list-style-type: none"> - การรื้อพื้นกระเบื้องเดิมที่เสียหายของอาคาร และปูกระเบื้องใหม่ตามการออกแบบดั้งเดิม - การรื้อโครงสร้างพื้นชั้นลอยที่เป็นโครงสร้างเหล็ก และนำไปทิ้งนอกโครงการ - 	<ul style="list-style-type: none"> - การรื้อพื้นกระเบื้องเดิม ชัดพื้นคอนกรีตของอาคารเดิม เพื่อลดการใช้กระเบื้องปิดผิว - การรื้อโครงสร้างพื้นชั้นลอยที่เป็นโครงสร้างเหล็ก นำกลับไปใช้ใหม่ในบริเวณพื้นที่ใหม่ที่ชั้น 1
	งานบันได	<ul style="list-style-type: none"> - การทุบบันไดเดิม และนำเศษวัสดุไปทิ้งนอกโครงการ - การสร้างบันไดใหม่ด้วยการใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก 	<ul style="list-style-type: none"> - การทุบบันไดเดิม และนำเศษวัสดุคอนกรีตไปใช้ในบริเวณอื่น ๆ - การสร้างบันไดใหม่ด้วยการใช้โครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูป
	งานผนัง	<ul style="list-style-type: none"> - การทุบผนังเดิมบางส่วน และนำเศษวัสดุที่เหลือจากการทุบผนังไปทิ้งนอกโครงการ - การรื้อกระเบื้องกรุผนังเดิมออก และกรุกระเบื้องใหม่ตามการออกแบบเดิม 	<ul style="list-style-type: none"> - การทุบผนังเดิมบางส่วน แล้วนำเศษอิฐไปใช้ใหม่ในบริเวณโถงอาคาร - ใช้ผนังยิปซัมบอร์ดหรือผนังเบาแทนผนังก่ออิฐฉาบปูน - การใช้สีทาผนังบริเวณผนังภายในและภายนอกเดิม เพื่อลดการใช้กระเบื้อง
งานฝ้าเพดาน	<ul style="list-style-type: none"> - การรื้อฝ้าเพดานเดิม และเปลี่ยนเป็นฝ้ายิปซัมบอร์ดตามการออกแบบเดิม 	<ul style="list-style-type: none"> - การรื้อฝ้าเพดานเดิม ปรึบเป็นฝ้าห้องพื้นที่ภายใน 	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินงานเก็บข้อมูล

ขั้นตอนในการดำเนินงานเก็บข้อมูลหลังจากที่ได้ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการปล่อยคาร์บอน ก็เริ่มดำเนินการสำรวจพื้นที่ของอาคาร วช.7 เดิมก่อนที่จะมีการรื้อถอนด้วยการถ่ายรูปอาคารเดิม และวัดระยะต่าง ๆ โดยหลังจากที่เริ่มการรื้อถอนอาคารก็ทำการเข้าไปเก็บข้อมูลถ่ายรูปในระหว่างการก่อสร้างอาคาร และเริ่มสัมภาษณ์ผู้รับเหมาพร้อมกับการทำแบบสอบถามเกี่ยวกับวัสดุก่อสร้างให้กับผู้รับเหมาบันทึกในแต่ละเดือน เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณคาร์บอนที่ปล่อยออกมาจากการก่อสร้างอาคารต่อไป

โดยประเทศไทยมีแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. (TGO) โดยในการกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational Boundary) ต้องระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยกลับและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กรซึ่งสามารถแบ่งออกได้ทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอื่น ๆ

ตารางที่ 3.2 ประเภทของขอบเขตและแหล่งกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างการปรับปรุงอาคาร

ประเด็น (Issue)	กิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	ปล่อย/ดูดกลับ
1	การขนส่งแรงงาน/ขยะ	ปล่อย
2	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างการก่อสร้าง	ปล่อย
3	วัสดุก่อสร้าง	ปล่อย

3.4 เครื่องมือในการเก็บข้อมูลงานวิจัย

การเก็บข้อมูลจากผู้รับเหมาเป็นข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุทั้งหมดที่ใช้ในการรีโนเวทอาคาร ข้อมูลของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ข้อมูลการขนส่งวัสดุและการขนส่งแรงงานทั้งหมด โดยเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 21 กรกฎาคม พ.ศ.2566 ถึง 19 กันยายน พ.ศ.2566 ระยะเวลาทั้งหมดประมาณ 2 เดือน (65 วัน) โดยหัวข้อของกิจกรรมต่าง ๆ มาจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ตารางที่ 2.4) และมาตรฐาน อบก. โดยได้มีการใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) แบบสอบถามเพื่อให้ผู้รับเหมาบันทึกข้อมูล ดังนี้

ตารางที่ 3.3 ตารางเก็บข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลขอบเขตที่ 1 เรื่องการขนส่งแรงงาน

ประเภทช่าง	จำนวนช่าง	ระยะทาง(ไป-กลับ)	จำนวนเที่ยววน	ประเภทรถยนต์

ตารางที่ 3.4 ตารางเก็บข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลขอบเขตที่ 1 เรื่องการขนส่งขยะ

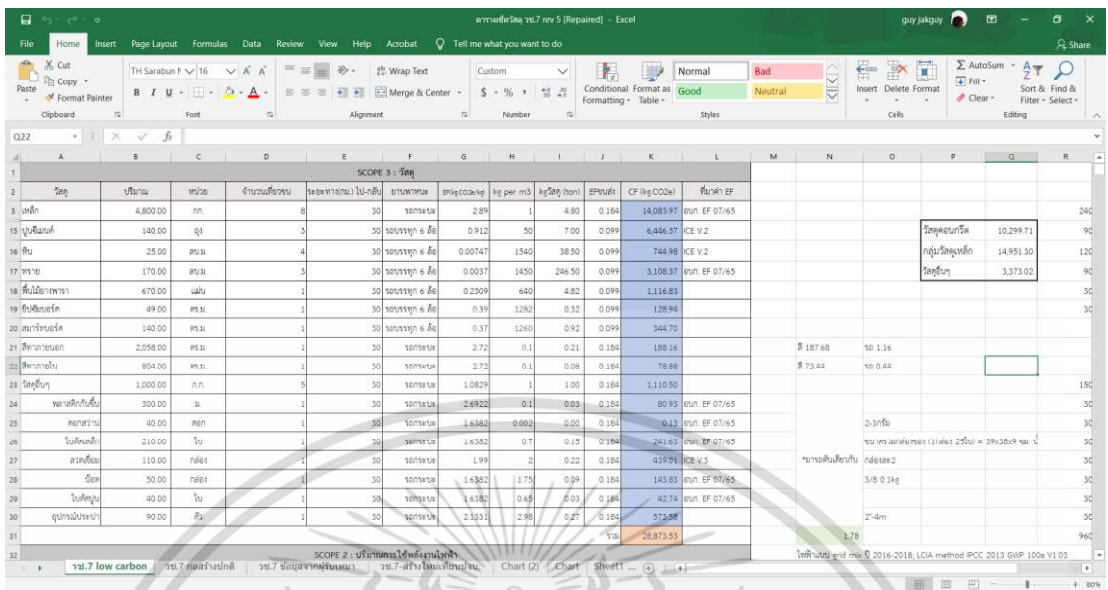
การขนขยะ	ระยะทาง(ไป-กลับ)	จำนวนเที่ยววน	ประเภทรถยนต์

ตารางที่ 3.5 ตารางเก็บข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลขอบเขตที่ 3 เรื่องวัสดุในการก่อสร้าง

ประเภทวัสดุ	จำนวน	ระยะทาง(ไป-กลับ)	จำนวนเที่ยววน	ประเภทรถยนต์

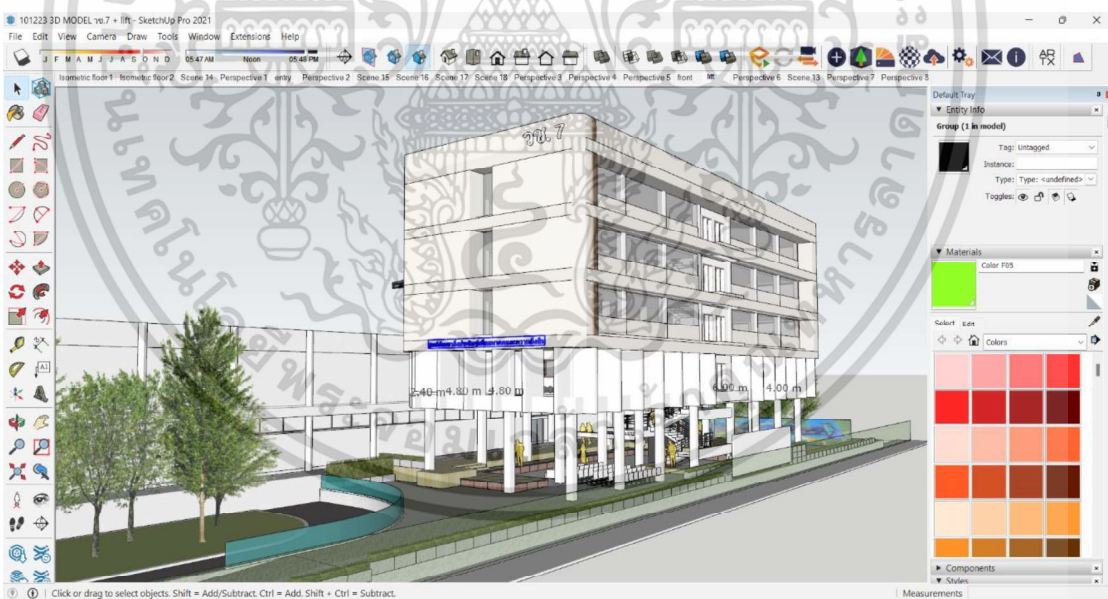
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) โปรแกรม Microsoft Excel



ภาพที่ 3.10 ภาพการคำนวณการปล่อยคาร์บอนผ่านโปรแกรม Microsoft Excel

3) โปรแกรม Sketch Up



ภาพที่ 3.11 ภาพการขึ้นโมเดล 3 มิติอาคาร วข.7

- 4) คอมพิวเตอร์/โน้ตบุ๊ก
- 5) โทรศัพท์มือถือ/อุปกรณ์ถ่ายภาพ
- 6) ตลับเมตร/เลเซอร์วัดระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

วิธีการหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใช้สมการการคำนวณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon Emission Factor) เนื่องจากเป็นวิธีที่เป็นที่นิยมและเป็นวิธีสากลมากที่สุด โดยการศึกษาจะทำการเก็บข้อมูลวัสดุต่าง ๆ การขนส่งแรงงาน การขนส่งขยะ และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากผู้รับเหมาของโครงการ ในช่วงระยะเวลาในการปรับปรุงอาคาร ตั้งแต่วันที่ 21 ก.ค. 2566 ถึง 19 ก.ย. 2566 (65 วัน) และรูปแบบสมการการคำนวณก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมยึดตามเกณฑ์ของ อบก. IPCC ISO 14064 และ มาตรฐาน Greenhouse Gas Protocol เป็นหลัก โดยผลลัพธ์รายงานในรูปแบบปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากสมการคำนวณที่มีรูปแบบดังสมการ

$$\text{ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO}_2\text{eq)} = \text{Activity data} \times \text{Carbon Emission Factor}$$

ตารางที่ 3.6 ตารางการคำนวณของขอบเขตที่ 1 เรื่องขนส่งแรงงาน

SCOPE 1 : ขนส่งแรงงาน										
คนงาน	จำนวนเที่ยวชน	ระยะทาง(กม.)	ยานพาหนะ	จำนวนวัน	จำนวนคน	EF(kg CO2e/km)	kg per m3	kg วัสดุ (ton)	CF (kg CO2e)	ที่มาค่า EF

ตัวอย่างการคำนวณของการขนส่งแรงงาน

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{จำนวนเที่ยวชน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{จำนวนวัน} \times \text{ค่า EF} \\ &= 2 \times 15 \times 31 \times 0.184 \\ &= 171.12 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

ตารางที่ 3.7 ตารางการคำนวณของขอบเขตที่ 1 เรื่องขนส่งวัสดุ

SCOPE 1 : ขนส่งวัสดุ										
รถขยะ(จำนวนวัน)	จำนวนเที่ยวชน	ระยะทาง(กม.)	ยานพาหนะ			EF(kg CO2e/km)	kg per m3	kg วัสดุ (ton)	CF (kg CO2e)	ที่มาค่า EF

ตัวอย่างการคำนวณการขนส่งวัสดุ

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{จำนวนเที่ยวชน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{จำนวนวัน} \times \text{ค่า EF} \\ &= 2 \times 30 \times 22 \times 0.99 \\ &= 130.68 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเชิงวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 ตารางการคำนวณของขอบเขตที่ 2

SCOPE 2 : ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า											
พลังงานไฟฟ้า	ปริมาณ	หน่วย	EF(kg CO ₂ e/kg)							CF (kg CO ₂ e)	ที่มาค่า EF

ตัวอย่างการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{ปริมาณไฟฟ้า} \times \text{ค่า EF} \\ &= 232.52 \times 0.5986 \\ &= 139.19 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

ตารางที่ 3.9 ตารางการคำนวณของขอบเขตที่ 3

SCOPE 3 : วัสดุ											
วัสดุ	ปริมาณ	หน่วย	จำนวนเที่ยวขน	ระยะทาง(กม.) ไป-กลับ	ยานพาหนะ	EF(kg CO ₂ e/kg)	kg per m ³	kg วัสดุ (ton)	EFขนส่ง	CF (kg CO ₂ e)	ที่มาค่า EF

ตัวอย่างการคำนวณของวัสดุก่อสร้าง

วัสดุเหล็ก

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= (\text{น้ำหนักวัสดุ} \times \text{EF วัสดุ}) + (\text{จำนวนเที่ยวขน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{EF ขนส่ง}) \\ &= (4,800 \times 2.89) + (8 \times 30 \times 0.184) \\ &= 14,083.97 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

วัสดุคอนกรีต

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= (\text{น้ำหนักวัสดุ} \times \text{EF วัสดุ}) + (\text{จำนวนเที่ยวขน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{EF ขนส่ง}) \\ &= (9,600 \times 0.565) + (2 \times 30 \times 0.099) \\ &= 5,481.02 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

ยิปซัมบอร์ด

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= (\text{น้ำหนักวัสดุ} \times \text{EF วัสดุ}) + (\text{จำนวนเที่ยวขน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{EF ขนส่ง}) \\ &= (320 \times 0.39) + (1 \times 30 \times 0.099) \\ &= 127.77 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

โดยจะนำข้อมูลทั้งหมดจากผู้รับเหมามารอกตามตารางตามที่ได้แบ่งไว้ตามขอบเขตของมาตรฐานของ อบก. ก่อนที่จะคำนวณการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของการปรับปรุงอาคาร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การดำเนินการและผลการวิเคราะห์

จากการปรับปรุงอาคาร วช. 7 ได้มีการเก็บข้อมูลการปล่อยคาร์บอนในระหว่างการดำเนินงาน โดยได้มีการเก็บข้อมูลและคำนวณการปล่อยคาร์บอน แบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 การขนส่งแรงงานและการขนส่งของเสีย

ประเภทที่ 2 การใช้พลังงานไฟฟ้า

ประเภทที่ 3 การใช้วัสดุก่อสร้าง

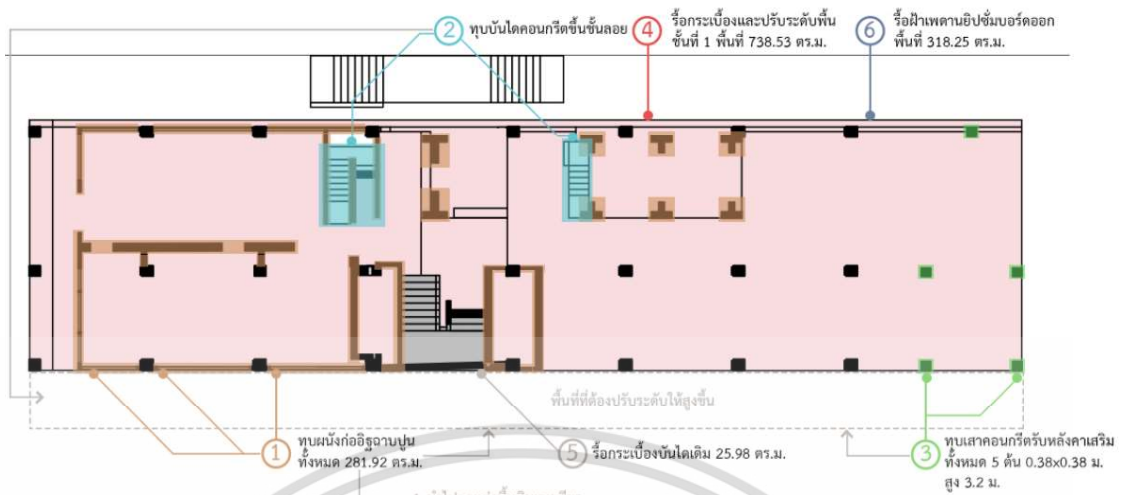
ข้อมูลค่าคงตัวของการปล่อยคาร์บอนได้มีการรวบรวมข้อมูลมาจากเอกสาร EMISSION FACTOR JULY 65 – อบก. และข้อมูลจาก ICE Database เพื่อนำมาคำนวณปริมาณการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดในการดำเนินการ ในช่วงระยะเวลาในการปรับปรุงอาคาร ตั้งแต่วันที่ 21 ก.ค. 2566 ถึง 19 ก.ย. 2566 (65 วัน) และรูปแบบสมการการคำนวณก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมยึดตามเกณฑ์ของ อบก. IPCC ISO 14064 และ มาตรฐาน Greenhouse Gas Protocol เป็นหลัก โดยแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผ่านตารางการคำนวณ ซึ่งข้อมูลของแต่ละประเด็นเป็นการเก็บข้อมูลจากผู้รับเหมาและการเข้าไปสำรวจพื้นที่ก่อสร้าง และตรวจสอบมิเตอร์ไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของการปรับปรุงอาคาร ดังนี้

4.1 วิธีการดำเนินการและการเก็บข้อมูลการปรับปรุงอาคาร

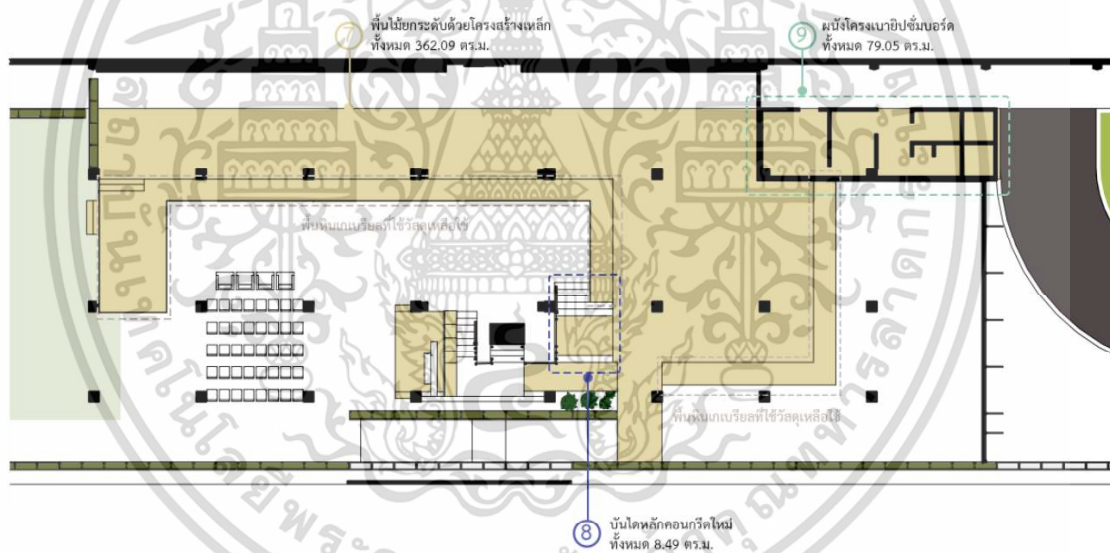
การเก็บข้อมูลของการก่อสร้างปรับปรุงอาคารด้วยการสำรวจอาคาร ระหว่างระยะเวลาในการปรับปรุงอาคาร ตั้งแต่วันที่ 21 ก.ค. 2566 ถึง 19 ก.ย. 2566 (65 วัน) โดยการเข้ามาเก็บภาพแต่ละขั้นตอนตั้งแต่การเริ่มทุบอาคารจนถึงการปรับปรุงจนแล้วเสร็จ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลของจำนวนแรงงาน จำนวนรถขยะ และวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้กับทางผู้รับเหมา

โดยได้แสดงการทุบอาคารในแต่ละส่วนตามขั้นตอนหลัก ๆ และการนำวัสดุเหลือใช้ว่านำไปใช้ในส่วนไหนของการปรับปรุงอาคารตามภาพ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 ผังพื้นที่ชั้นที่ 1 อาคาร วข.7 เดิม



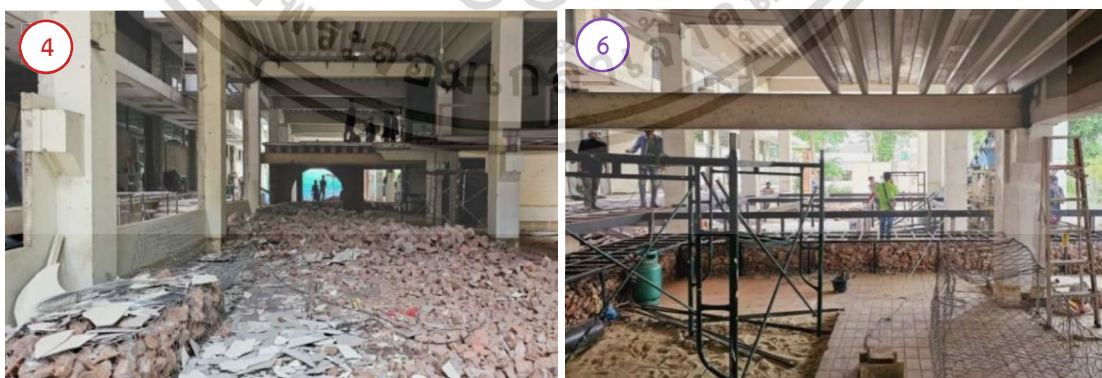
ภาพที่ 4.2 ผังพื้นที่ชั้นที่ 1 อาคาร วข.7 ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทบทวนร่างก่อสร้างอาคารชั้นที่ 1 เพื่อเปิดโล่งบริเวณชั้นที่ 1 และเก็บหน้าต่างกระจกของอาคารไว้เพื่อนำไปใช้ใหม่ในบริเวณอื่น (ดังภาพที่ 4.3) การรื้อพื้นกระเบื้อง รื้อพื้นอาคารบางส่วน และรื้อบันไดบางส่วน ในบริเวณชั้นที่ 1 โดยการนำเศษวัสดุอิฐและคอนกรีตไปใช้ต่อในบริเวณโดยรอบอาคาร เพื่อการถมพื้นปรับระดับ (ดังภาพที่ 4.4) การยกกระดပ်พื้นชั้นที่ 1 ของอาคารในบางส่วน เพื่อให้ตอบโจทยกับการใช้งานของอาคารมากขึ้น พร้อมกับทำทางเชื่อมกับอาคารข้างเคียง (ดังภาพที่ 4.5) การยกกระดပ်พื้นชั้นที่ 1 ของอาคารในบางส่วน เพื่อให้ตอบโจทยกับการใช้งานของอาคารมากขึ้น พร้อมกับทำทางเชื่อมกับอาคารข้างเคียง (ดังภาพที่ 4.5) การรื้อหลังคาเสริมและเสาก่ออิฐบริเวณด้านหลังของอาคาร และนำเศษวัสดุที่เหลือจากการทุบอาคารไปถมพื้นที่เพื่อปรับระดับของพื้นที่โดยรอบ (ดังภาพที่ 4.6) การสร้างพื้นชานเพื่อเชื่อมต่ออาคารโดยรอบ และการสร้างบันไดหลักของอาคารเพิ่มในบริเวณทางขึ้นชั้นที่ 2 (ดังภาพที่ 4.7) ซึ่งหมายเลขในผังพื้นและหมายเลขบนภาพแต่ละภาพ จะหมายถึงการดำเนินงานในแต่ละประเภทตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 ภาพการปรับปรุงอาคาร การทบทวนชั้นที่ 1

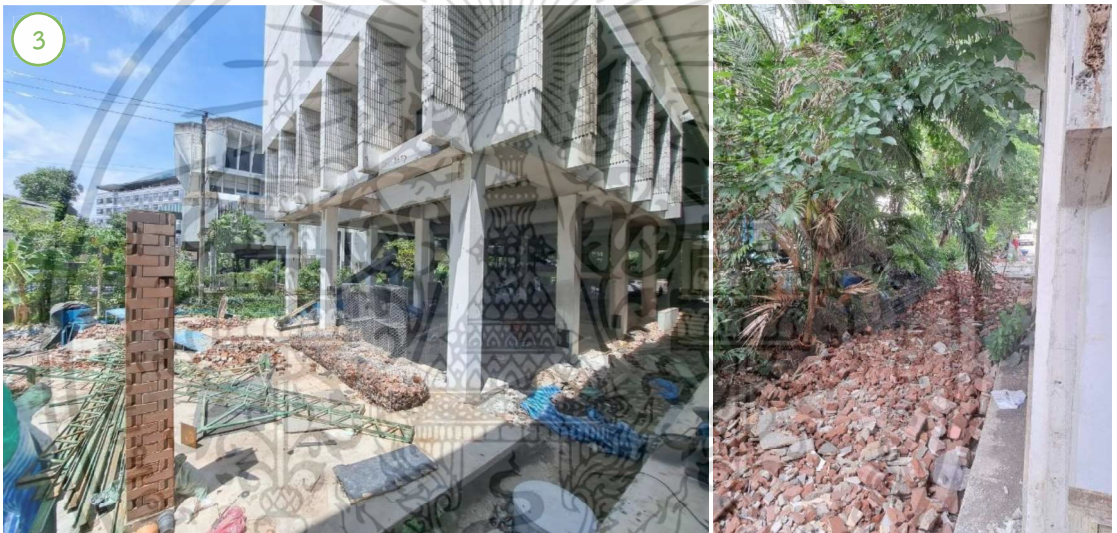


ภาพที่ 4.4 ภาพการปรับปรุงอาคาร การรื้อพื้น รื้อบันได และปรับระดับพื้นชั้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 ภาพการปรับปรุงอาคาร การปรับระดับพื้นชั้น 1

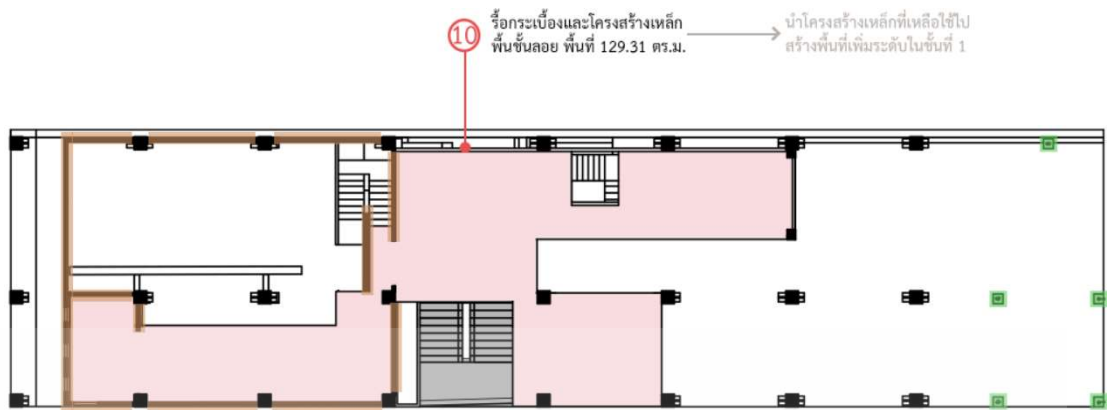


ภาพที่ 4.6 ภาพการปรับปรุงอาคาร การทาสีเสาก่ออิฐ และการถมพื้นโดยรอบอาคารด้วยเศษวัสดุ

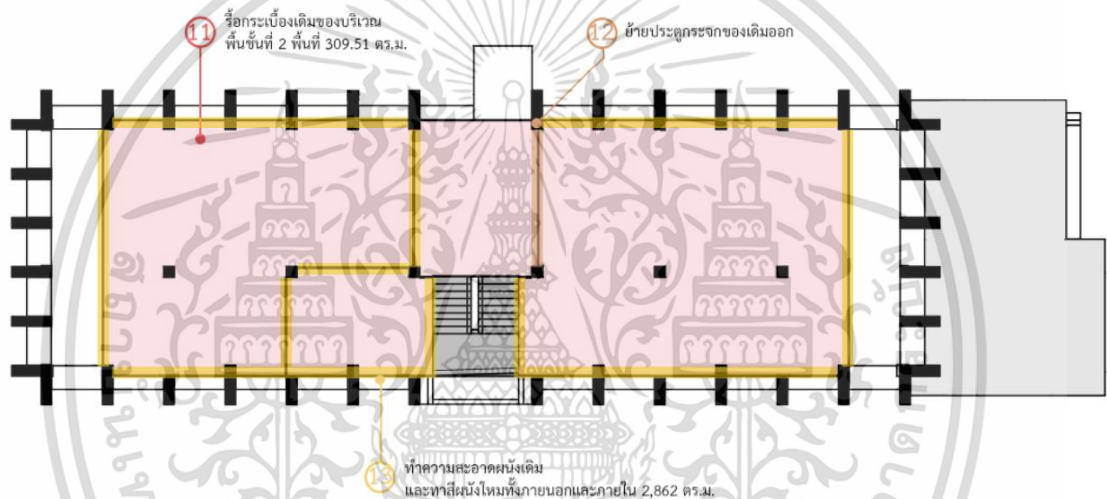


ภาพที่ 4.7 ภาพการปรับปรุงอาคาร ชานพื้นไม้ยางพารา และบันไดใหม่

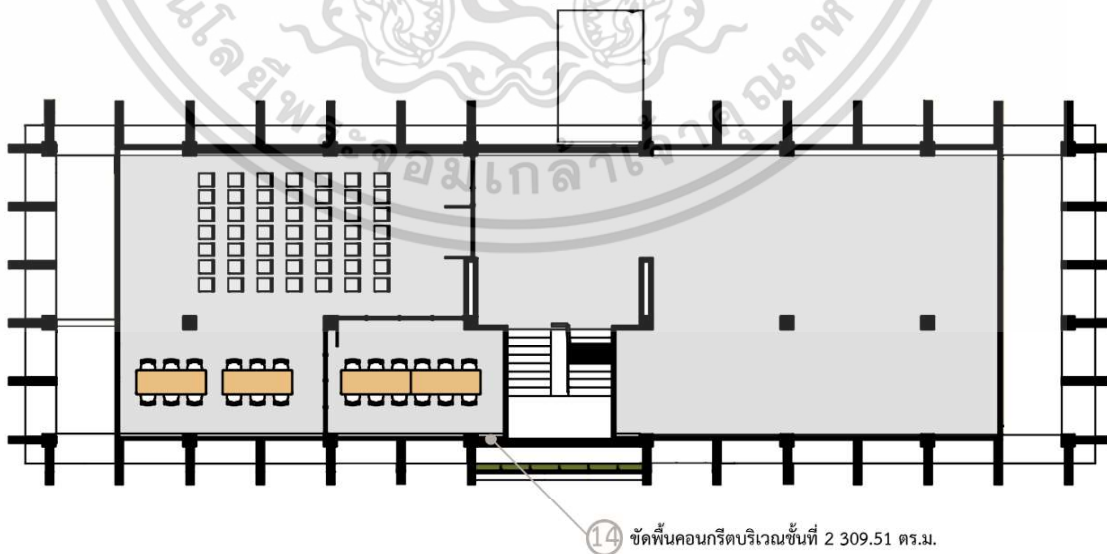
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ผังพื้นชั้นลอย อาคาร วช.7 เดิม



ภาพที่ 4.9 ผังพื้น ชั้นที่ 2 อาคาร วช.7 เดิม



ภาพที่ 4.10 ผังพื้น ชั้นที่ 2 อาคาร วช.7 ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรื้อพื้นชั้นลอยของอาคารออกทั้งหมด โดยการนำโครงสร้างพื้นเหล็กที่เหลือใช้ นำไปสร้างพื้นยกระดับในบริเวณชั้นที่ 1 (ดังภาพที่ 4.11) การรื้อกระเบื้องยางและฝ้าเพดาน บริเวณของชั้นที่ 2 ออกทั้งหมด ก่อนที่จะทำการขัดพื้นคอนกรีตเดิม (ดังภาพที่ 4.12) การขัดพื้นคอนกรีตเดิม บริเวณของชั้นที่ 2 ของอาคาร เพื่อลดการติดตั้งกระเบื้องในอาคารให้มากที่สุด (ดังภาพที่ 4.13) ซึ่งหมายเลขในผังพื้นและหมายเลขบนภาพแต่ละภาพ จะหมายถึงการดำเนินงานในแต่ละประเภทตามลำดับ



ภาพที่ 4.11 ภาพการปรับปรุงอาคาร นำพื้นชั้นลอยของชั้น 1 ออก



ภาพที่ 4.12 ภาพการปรับปรุงสถานที่ รื้อกระเบื้องยางและฝ้าเพดานบริเวณชั้น 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บข้อมูลของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดตลอดระยะเวลาการปรับปรุงอาคาร 2 เดือน ด้วยการเก็บข้อมูลจากมิเตอร์ไฟฟ้าของอาคาร วช.7



ภาพที่ 4.15 การตรวจสอบมิเตอร์ไฟฟ้าบริเวณอาคาร วช.7

4.2 ตารางการคำนวณปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการก่อสร้างทั่วไป

การคำนวณการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการก่อสร้างทั่วไป ที่มีการใช้วัสดุแบบการออกแบบดั้งเดิมของอาคาร วช.7 ไม่ได้มีการนำวัสดุใหม่ ๆ เข้ามาในการปรับปรุงอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางการคำนวณคาร์บอนจากการปรับปรุงแบบปกติของอาคาร วช.7 การขนส่ง

SCOPE 1 : ขนส่งแรงงาน										
คนงาน	จำนวนเที่ยวรถ	ระยะทาง(กม.)	ยานพาหนะ	จำนวนวัน	จำนวนคน	EF(kg CO ₂ e/km)			CF (kg CO ₂ e)	ที่มาค่า EF
ช่างสี	2	15	รถกระบะ	23.00	2.00	0.184			126.76	อบ. EF 07/65
ช่างเหล็ก	2	25	รถกระบะ	50.00	2.00	0.184			460.00	
ช่างปูน	2	25	รถกระบะ	53.00	2.00	0.184			487.60	
ช่างไม้	2	25	รถกระบะ	55.00	2.00	0.184			506.00	
ช่างประปา	2	25	รถกระบะ	10.00	2.00	0.184			92.00	
ช่างซีตพื้น	2	25	รถกระบะ	20.00	2.00	0.184			184.00	
ช่างกระเบื้อง	2	25	รถกระบะ	65.00	2.00	0.184			598.00	
ช่างเชื่อม	2	25	รถกระบะ	55.00	2.00	0.184			506.00	
ช่างทั่วไป	2	44	รถกระบะ	65.00	2.00	0.184			1,052.48	
รวม									4,013.04	
SCOPE 1 : ขนเศษวัสดุ										
รถขยะ(จำนวนวัน)	จำนวนเที่ยวรถ	ระยะทาง(กม.)	ยานพาหนะ			EF(kg CO ₂ e/km)			CF (kg CO ₂ e)	ที่มาค่า EF
35	2.00	30	รถบรรทุก 6 ล้อ			0.099			207.90	อบ. EF 07/65
รวม									207.90	

การขนส่งแรงงานกับเศษวัสดุปล่อยคาร์บอนรวมเป็น 4,220.94 kgCO₂eq

ตารางที่ 4.2 ตารางการคำนวณคาร์บอนจากการปรับปรุงแบบปกติของอาคาร วช.7 พลังงานไฟฟ้า

SCOPE 2 : ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า										
พลังงานไฟฟ้า	ปริมาณ	หน่วย	EF(kg CO ₂ e/kg)						CF (kg CO ₂ e)	ที่มาค่า EF
จากมิเตอร์ที่ติดตั้ง	789.00	kwh	0.5986						472.30	อบ. EF 07/65
รวม									472.30	

การใช้ปริมาณไฟฟ้าปล่อยคาร์บอนรวมเป็น 472.30 kgCO₂eq

ตารางที่ 4.3 ตารางการคำนวณคาร์บอนจากการปรับปรุงแบบปกติของอาคาร วช.7 วัสดุก่อสร้าง

SCOPE 3 : วัสดุ												
วัสดุ	ปริมาณ	หน่วย	จำนวนเที่ยวรถ	ระยะทาง(กม.)	ไปกลับ	ยานพาหนะ	EF(kg CO ₂ e/kg)	kg per m ³	kg วัสดุ (ton)	EFขนส่ง	CF (kg CO ₂ e)	ที่มาค่า EF
เหล็ก	10,000.00	ทก.	8	30		รถกระบะ	2.88	1	10.00	0.184	29,341.60	อบ. EF 07/65
ปูนซีเมนต์	140.00	ถุง	3	30		รถบรรทุก 6 ล้อ	0.912	50	7.00	0.099	6,446.37	ICE V.2
หิน	25.00	ลบ.ม.	4	30		รถบรรทุก 6 ล้อ	0.00747	1540	38.50	0.099	744.98	ICE V.2
ทราย	170.00	ลบ.ม.	3	30		รถบรรทุก 6 ล้อ	0.0037	1490	246.50	0.099	3,108.37	อบ. EF 07/65
พื้นกระเบื้อง	1,470.00	ตร.ม.	1	30		รถบรรทุก 6 ล้อ	0.3571	50	30.75	0.099	10,983.80	อบ. EF 07/65
ยิปซัมบอร์ด	49.00	ตร.ม.	1	30		รถบรรทุก 6 ล้อ	0.39	1282	0.32	0.099	128.94	
สกรูกับบอร์ด	140.00	ตร.ม.	1	30		รถบรรทุก 6 ล้อ	0.37	1260	0.92	0.099	344.70	
สีทาภายนอก	2,058.00	ตร.ม.	1	30		รถกระบะ	2.72	0.1	0.21	0.184	188.16	
กระเบื้องกรรณัง	804.00	ตร.ม.	1	30		รถกระบะ	0.51	50	9.00	0.184	4,597.97	อบ. EF 07/65
หินแกรนิต	70.00	ตร.ม.	1	30		รถบรรทุก 6 ล้อ	0.073	1650	47.52	0.099	3,471.93	
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด	590.00	ตร.ม.	1	30		รถบรรทุก 6 ล้อ	0.39	1282	3.90	0.099	1,522.02	
วัสดุอื่นๆ												
พลาสติกกันชื้น	300.00	ม.	1	30		รถกระบะ	2.6922	0.1	0.03	0.184	80.93	อบ. EF 07/65
ดอกสว่าน	40.00	ดอก	1	30		รถกระบะ	1.6382	0.002	0.01	0.184	16.44	อบ. EF 07/65
ใบตัดเหล็ก	210.00	ใบ	1	30		รถกระบะ	1.6382	0.7	0.15	0.184	241.63	อบ. EF 07/65
ลวดเชื่อม	110.00	กล่อง	1	30		รถกระบะ	1.99	2	0.22	0.184	439.01	ICE V.3
นียด	50.00	กล่อง	1	30		รถกระบะ	1.6382	1.75	0.09	0.184	143.83	อบ. EF 07/65
ใบตัดปูน	40.00	ใบ	1	30		รถกระบะ	1.6382	0.65	0.03	0.184	42.74	อบ. EF 07/65
ลูกกรมประปา	90.00	ตัว	1	30		รถกระบะ	1.931	2.98	0.77	0.184	573.58	
รวม											62,416.97	

วัสดุก่อสร้างปล่อยคาร์บอนรวมเป็น 62,416.97 kgCO₂eq

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการก่อสร้างทั่วไป

ผลของการคำนวณการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการก่อสร้างทั่วไป ที่มีการใช้วัสดุแบบการออกแบบดั้งเดิมของอาคาร วช.7 ไม่ได้มีการนำวัสดุใหม่ ๆ เข้ามาในการปรับปรุงอาคาร

ตารางที่ 4.4 ตารางการคำนวณการปล่อยคาร์บอนแบบการก่อสร้างทั่วไป

	ประเด็นในการเก็บข้อมูล	ปริมาณ	กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า (kgCO ₂ eq)	เปอร์เซ็นต์
1	การขนส่ง	23,910 กิโลเมตร	4,220.94	6.29%
	การขนส่งแรงงาน	21,810 กิโลเมตร	4,013.04	95.07
	การขนส่งเศษวัสดุ	2,100 กิโลเมตร	207.90	4.93
2	พลังงานไฟฟ้า	789 กิโลวัตต์	472.30	0.70%
3	วัสดุก่อสร้าง		62,416.97	93.01%
	วัสดุคอนกรีต	24 ลูกบาศก์เมตร	10,299.71	16.50%
	วัสดุเหล็ก	10,000 กิโลกรัม	29,341.60	47.01%
	วัสดุอื่น ๆ	93,410 กิโลกรัม	22,775.66	36.49%
	รวม		67,110.21	100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการคำนวณการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการก่อสร้างทั่วไป มีการแสดงสัดส่วนของปริมาณการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของ การขนส่ง พลังงานไฟฟ้า และวัสดุก่อสร้าง ผ่านแผนภูมิวงกลม ดังภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 แผนภูมิแสดงตามสัดส่วนของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของการก่อสร้างแบบปกติ

ข้อมูลค่าการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สรุปได้ออกมาตามประเภท ดังนี้

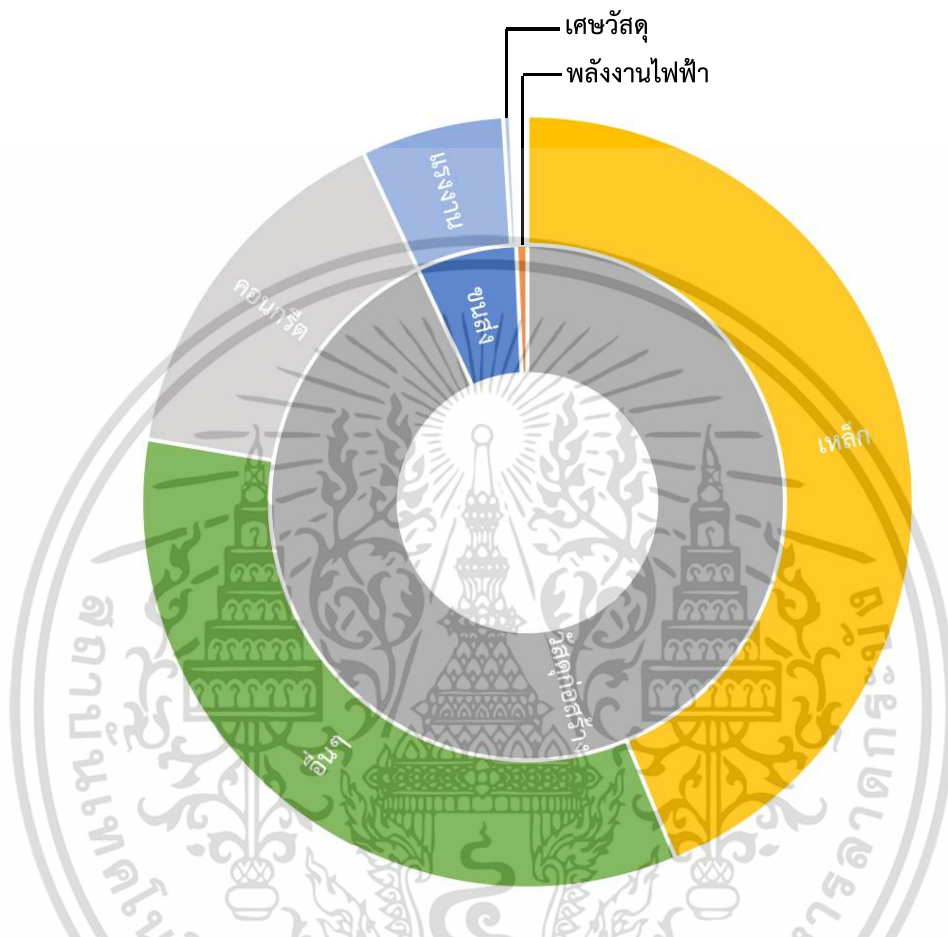
ประเภทที่ 1 การขนส่ง 4,220.94 kgCO₂eq

ประเภทที่ 2 พลังงานไฟฟ้า 427.30 kgCO₂eq

ประเภทที่ 3 วัสดุก่อสร้าง 62,416.97 kgCO₂eq

การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์รวมของอาคารรวมทั้งหมดเป็น 67,110.21 kgCO₂eq

ผลของการคำนวณการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการก่อสร้างทั่วไป มีการแสดงสัดส่วนของปริมาณการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของ การขนส่ง พลังงานไฟฟ้า และวัสดุก่อสร้าง โดยแจกแจงละเอียดเพิ่มเติม ผ่านแผนภูมิวงกลม ดังภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 แผนภูมิแสดงตามสัดส่วนของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของการก่อสร้างแบบปกติ

ข้อมูลค่าการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สรุปได้ออกมาตามประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 การขนส่งพลังงานและวัสดุ	4,220.94	kgCO ₂ eq
1.1) การขนส่งพลังงาน	4,013.04	kgCO ₂ eq
1.2) การขนส่งเศษวัสดุ	207.90	kgCO ₂ eq
ประเภทที่ 2 พลังงานไฟฟ้า	427.30	kgCO ₂ eq
ประเภทที่ 3 วัสดุก่อสร้าง	62,416.97	kgCO ₂ eq
3.1) วัสดุเหล็ก	10,299.71	kgCO ₂ eq
3.2) วัสดุคอนกรีต	29,341.60	kgCO ₂ eq
3.3) วัสดุอื่น ๆ	22,775.66	kgCO ₂ eq

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทที่ 3 วัสดุก่อสร้าง	62,416.97	kgCO ₂ eq
3.1) วัสดุเหล็ก	10,299.71	kgCO ₂ eq
3.2) วัสดุคอนกรีต	29,341.60	kgCO ₂ eq
3.3) ฝักระเบียง	10,983.80	kgCO ₂ eq
3.4) กระเบื้องกรุผนัง	4,597.97	kgCO ₂ eq
3.5) หินเกเบรียล	3,471.93	kgCO ₂ eq
3.6) วัสดุอื่น ๆ	1,538.15	kgCO ₂ eq
3.7) ฝ้าเพดาน	1,522.02	kgCO ₂ eq
3.8) สมาร์ทบอร์ด	338.70	kgCO ₂ eq
3.9) สีทาภายนอก	188.16	kgCO ₂ eq
3.10) ยิปซั่มบอร์ด	128.94	kgCO ₂ eq

4.4 ตารางการคำนวณการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการก่อสร้างแบบการควบคุมคาร์บอน

การคำนวณการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการควบคุมคาร์บอน ที่มีการใช้วัสดุแบบการออกแบบใหม่ ๆ ที่มีการปล่อยคาร์บอนต่ำเข้ามาใช้ในการปรับปรุงอาคาร และอาคารนำวัสดุก่อสร้างของเดิมนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง รวมถึงการนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการใช้โซลาร์เซลล์เข้ามาใช้ในการคำนวณ

ตารางที่ 4.5 ตารางการคำนวณคาร์บอนจากการปรับปรุงแบบควบคุมคาร์บอนของอาคาร วข.7 การขนส่ง

SCOPE 1 : ขนส่งแรงงาน										
คนงาน	จำนวนเที่ยวชน	ระยะทาง(กม.)	ยานพาหนะ	จำนวนวัน	จำนวนคน	EPI(kg CO2e/km)			CF (kg CO2e)	ที่มาค่า EF
ช่างสี	2	15	รถกระบะ	31.00	2.00	0.184			171.12	อบก. EF 07/65
ช่างเหล็ก	2	25	รถกระบะ	25.00	2.00	0.184			230.00	อบก. EF 07/65
ช่างปูน	2	25	รถกระบะ	53.00	2.00	0.184			487.60	อบก. EF 07/65
ช่างไม้	2	25	รถกระบะ	55.00	2.00	0.184			506.00	อบก. EF 07/65
ช่างประปา	2	25	รถกระบะ	10.00	2.00	0.184			92.00	อบก. EF 07/65
ช่างซัดพื้น	2	25	รถกระบะ	20.00	2.00	0.184			184.00	อบก. EF 07/65
ช่างกระเบื้อง	2	25	รถกระบะ	35.00	2.00	0.184			322.00	อบก. EF 07/65
ช่างเชื่อม	2	25	รถกระบะ	40.00	2.00	0.184			368.00	อบก. EF 07/65
ช่างทั่วไป	2	44	รถกระบะ	45.00	2.00	0.184			728.64	อบก. EF 07/65
รวม									3,089.36	
SCOPE 1 : ขนเศษวัสดุ										
รถขยะ(จำนวนวัน)	จำนวนเที่ยวชน	ระยะทาง(กม.)	ยานพาหนะ			EPI(kg CO2e/km)			CF (kg CO2e)	ที่มาค่า EF
22	2.00	30	รถบรรทุก 6 ล้อ			0.099			130.68	อบก. EF 07/65
รวม									130.68	

การขนส่งแรงงานกับเศษวัสดุปล่อยคาร์บอนรวมเป็น 3,220.04 kgCO₂eq

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ตารางการคำนวณคาร์บอนจากการปรับปรุงแบบควบคุมคาร์บอนของอาคาร วช.7
พลังงานไฟฟ้า

SCOPE 2 : ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า										
พลังงานไฟฟ้า	ปริมาณ	หน่วย	EF(kg CO ₂ e/kg)					7.14	CF (kg CO ₂ e)	ที่มาค่า EF
จากมิเตอร์ที่ติดตั้ง	232.52	kW	0.5986						139.19	อบก. EF 07/65
รวม									139.19	

การขนส่งแรงงานกับเศษวัสดุปล่อยคาร์บอนรวมเป็น 139.19 kgCO₂e

ตารางที่ 4.7 ตารางการคำนวณคาร์บอนจากการปรับปรุงแบบควบคุมคาร์บอนของอาคาร วช.7 วัสดุ
ก่อสร้าง

SCOPE 3 : วัสดุ												
วัสดุ	ปริมาณ	หน่วย	จำนวนเที่ยวขน	ระยะทาง(กม.)	ไป-กลับ	ยานพาหนะ	EF(kg CO ₂ e/kg)	kg per m ³	kg วัสดุ (ton)	EFขนส่ง	CF (kg CO ₂ e)	ที่มาค่า EF
เหล็ก	4,800.00	กก.	8	30		รถกระบะ	2.89	1	4.80	0.184	14,083.97	อบก. EF 07/65
คอนกรีตสำเร็จรูป	4.00	ลบ.ม.	2	30		รถบรรทุก 6 ล้อ	0.565	2400	9.60	0.099	5,481.02	อบก. EF 07/65
พื้นไม้ยางพารา	670.00	แผ่น	1	30		รถบรรทุก 6 ล้อ	0.2309	640	4.82	0.099	1,116.83	อบก. EF 07/65
อิฐฉาบผิว	49.00	ตร.ม.	1	30		รถบรรทุก 6 ล้อ	0.39	1282	0.32	0.099	128.94	อบก. EF 07/65
สมาร์ทบอร์ด	140.00	ตร.ม.	1	30		รถบรรทุก 6 ล้อ	0.37	1260	0.92	0.099	344.70	อบก. EF 07/65
สีทาภายนอก	2,058.00	ตร.ม.	1	30		รถกระบะ	2.72	0.1	0.21	0.184	188.16	อบก. EF 07/65
สีทาภายใน	804.00	ตร.ม.	1	30		รถกระบะ	2.72	0.1	0.08	0.184	78.88	อบก. EF 07/65
วัสดุอื่นๆ												
พลาสติกกับซีป	300.00	ม.	1	30		รถกระบะ	2.6922	0.1	0.03	0.184	80.93	อบก. EF 07/65
ดอกสว่าน	40.00	ดอก	1	30		รถกระบะ	1.6382	0.002	0.01	0.184	18.08	อบก. EF 07/65
ใบตัดเหล็ก	210.00	ใบ	1	30		รถกระบะ	1.6382	0.7	0.15	0.184	241.63	อบก. EF 07/65
ลวดเชื่อม	110.00	กล่อง	1	30		รถกระบะ	1.99	2	0.22	0.184	439.01	ICE V.3
น๊อต	50.00	กล่อง	1	30		รถกระบะ	1.6382	1.75	0.09	0.184	143.83	อบก. EF 07/65
ใบตัดปูน	40.00	ใบ	1	30		รถกระบะ	1.6382	0.65	0.03	0.184	42.74	อบก. EF 07/65
อุปกรณ์ประปา	90.00	ตัว	1	30		รถกระบะ	2.1311	2.98	0.27	0.184	573.58	อบก. EF 07/65
รวม											22,962.30	

การขนส่งแรงงานกับเศษวัสดุปล่อยคาร์บอนรวมเป็น 22,962.30 kgCO₂e

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการคำนวณการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการก่อสร้างแบบการควบคุมคาร์บอน

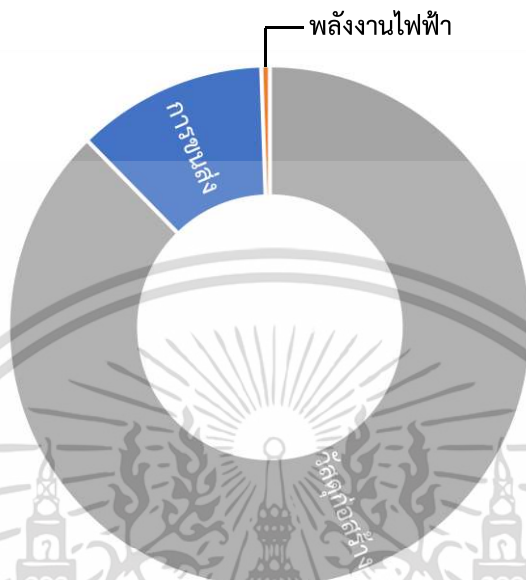
ผลของการคำนวณการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการควบคุมคาร์บอน ที่มีการใช้วัสดุแบบการออกแบบใหม่ ๆ ที่มีการปล่อยคาร์บอนต่ำเข้ามาใช้ในการปรับปรุงอาคาร และอาคารนำวัสดุก่อสร้างของเดิมนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง รวมถึงการนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการใช้โซลาร์เซลล์เข้ามาใช้ในการคำนวณ

ตารางที่ 4.8 ตารางการคำนวณการปล่อยคาร์บอนแบบการควบคุมคาร์บอน

	ประเด็นในการเก็บข้อมูล	ปริมาณ	กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า (kgCO ₂ eq)	เปอร์เซ็นต์
1	ขนส่งแรงงานและเศษวัสดุ	18,110 กิโลเมตร	3,220.04	10.34%
	การขนส่งแรงงาน	16,790 กิโลเมตร	3,089.36	95.07
	การขนส่งเศษวัสดุ	1,320 กิโลเมตร	130.68	4.93
2	พลังงานไฟฟ้า	232.52 กิโลวัตต์	139.19	0.45%
3	วัสดุก่อสร้าง		22,962.30	89.21%
	วัสดุคอนกรีตสำเร็จรูป	4 ลูกบาศก์เมตร	5,481.02	23.87%
	วัสดุเหล็ก	4,800 กิโลกรัม	14,083.97	61.33%
	วัสดุอื่น ๆ	7,140 กิโลกรัม	3,397.31	14.80%
รวม			26,321.52	100%

โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการปรับปรุงอาคารแบบควบคุมคาร์บอนได้มีการนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตเองภายในอาคารด้วยแผงโซลาร์เซลล์บริเวณหลังคาของอาคาร ซึ่งเมื่อเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อเดือนจะตกอยู่ที่ 278.24 kwh ซึ่งนำมาหักลบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงในการปรับปรุงอาคาร วช.7

ผลของการคำนวณการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการก่อสร้างแบบควบคุมคาร์บอน มีการแสดงสัดส่วนของปริมาณการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของ การขนส่ง พลังงานไฟฟ้า และวัสดุก่อสร้าง ผ่านแผนภูมิวงกลม ดังภาพที่ 4.19



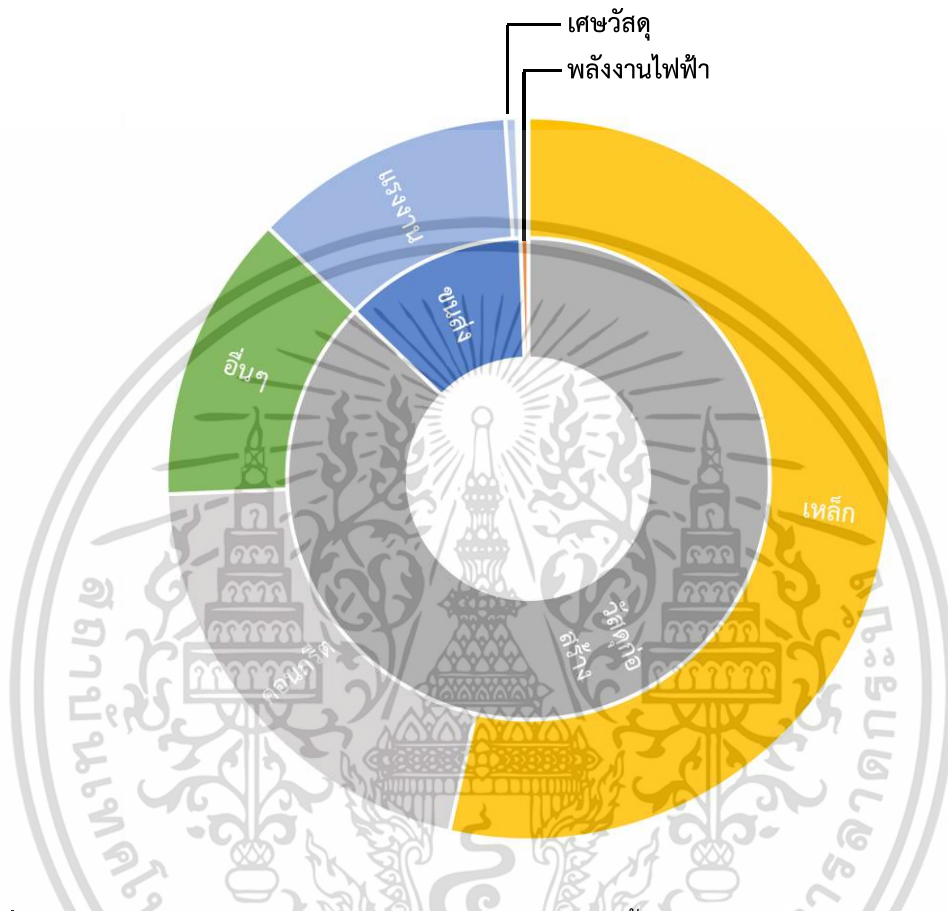
ภาพที่ 4.19 แผนภูมิแสดงตามสัดส่วนของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของการก่อสร้างแบบควบคุมคาร์บอน

ข้อมูลค่าการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคาร วช.7 สรุปได้ออกมาตามประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 การขนส่ง	3,220.04	kgCO ₂ eq
ประเภทที่ 2 พลังงานไฟฟ้า	139.19	kgCO ₂ eq
ประเภทที่ 3 วัสดุก่อสร้าง	22,962.30	kgCO ₂ eq
การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์รวมของอาคารรวมทั้งหมดเป็น	26,321.52	kgCO ₂ eq

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการคำนวณการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบการควบคุมคาร์บอน มีการแสดงสัดส่วนของปริมาณการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของ การขนส่ง พลังงานไฟฟ้า และวัสดุ ก่อสร้างโดยแจกแจงละเอียดเพิ่มเติม ผ่านแผนภูมิวงกลม ดังภาพที่ 4.20



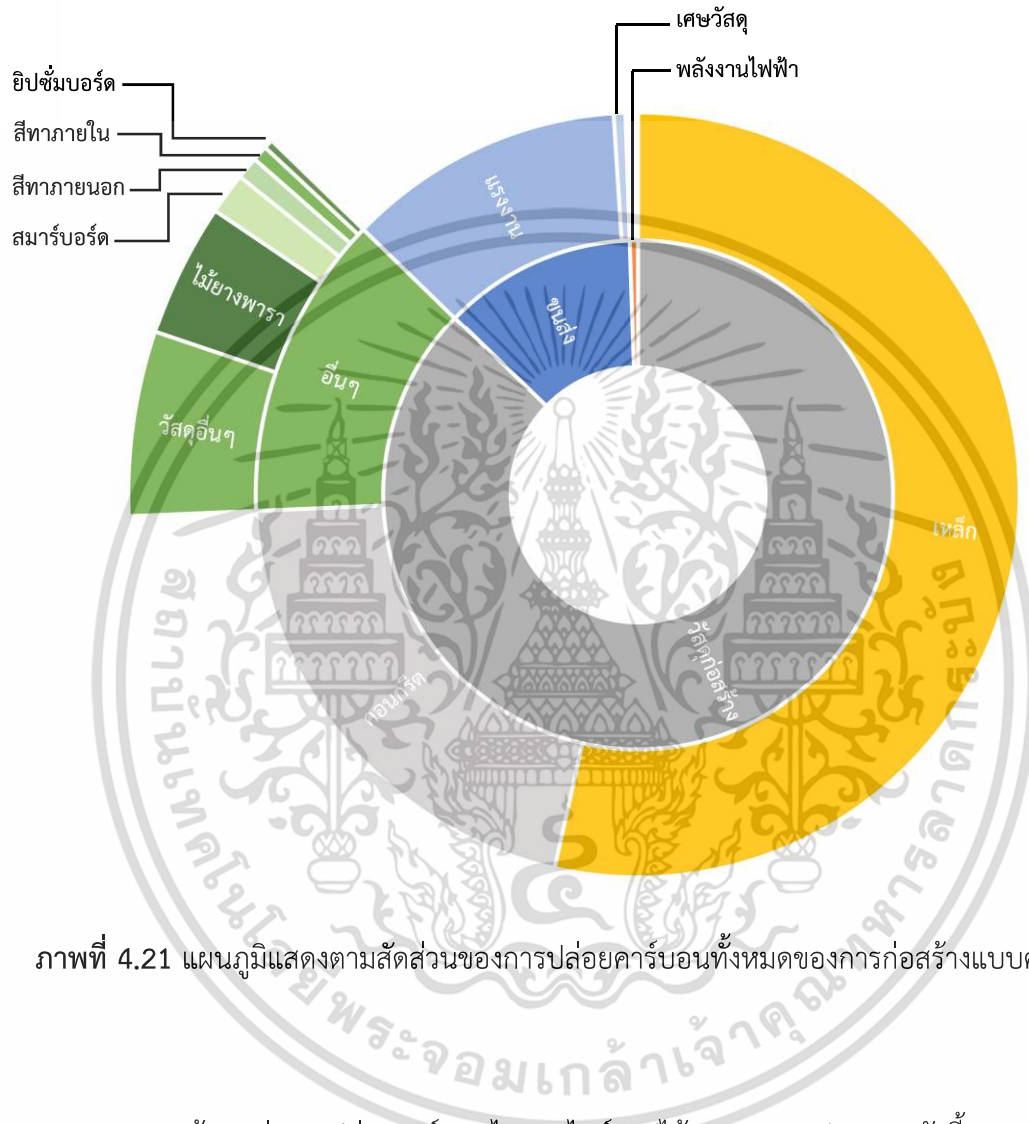
ภาพที่ 4.20 แผนภูมิแสดงตามสัดส่วนของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของการก่อสร้างแบบควบคุมคาร์บอน

ข้อมูลค่าการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สรุปได้ออกมาตามประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 การขนส่งแรงงานและเศษวัสดุ	3,220.04	kgCO ₂ eq
1.1) การขนส่งแรงงาน	3,089.36	kgCO ₂ eq
1.2) การขนส่งเศษวัสดุ	130.68	kgCO ₂ eq
ประเภทที่ 2 พลังงานไฟฟ้า	139.19	kgCO ₂ eq
ประเภทที่ 3 วัสดุก่อสร้าง	22,962.30	kgCO ₂ eq
3.1) วัสดุเหล็ก	14,083.97	kgCO ₂ eq
3.2) วัสดุคอนกรีต	5,481.02	kgCO ₂ eq
3.3) วัสดุอื่น ๆ	3,397.31	kgCO ₂ eq

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการคำนวณการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารแบบควบคุมคาร์บอน มีการแสดงสัดส่วนของปริมาณการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของ การขนส่ง พลังงานไฟฟ้า และวัสดุก่อสร้าง โดยแจกแจงรายละเอียดเพิ่มเติมในส่วนของวัสดุอื่น ๆ ผ่านแผนภูมิวงกลม ดังภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.21 แผนภูมิแสดงตามสัดส่วนของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของการก่อสร้างแบบควบคุมคาร์บอน

ข้อมูลค่าการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สรุปได้ออกมาตามประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1	การขนส่งแรงงานและเศษวัสดุ	3,220.04	kgCO ₂ eq
1.1)	การขนส่งแรงงาน	3,089.36	kgCO ₂ eq
1.2)	การขนส่งเศษวัสดุ	130.68	kgCO ₂ eq
ประเภทที่ 2	พลังงานไฟฟ้า	139.19	kgCO ₂ eq
ประเภทที่ 3	วัสดุก่อสร้าง	22,962.30	kgCO ₂ eq
3.1)	วัสดุเหล็ก	14,083.97	kgCO ₂ eq
3.2)	วัสดุคอนกรีต	5,481.02	kgCO ₂ eq

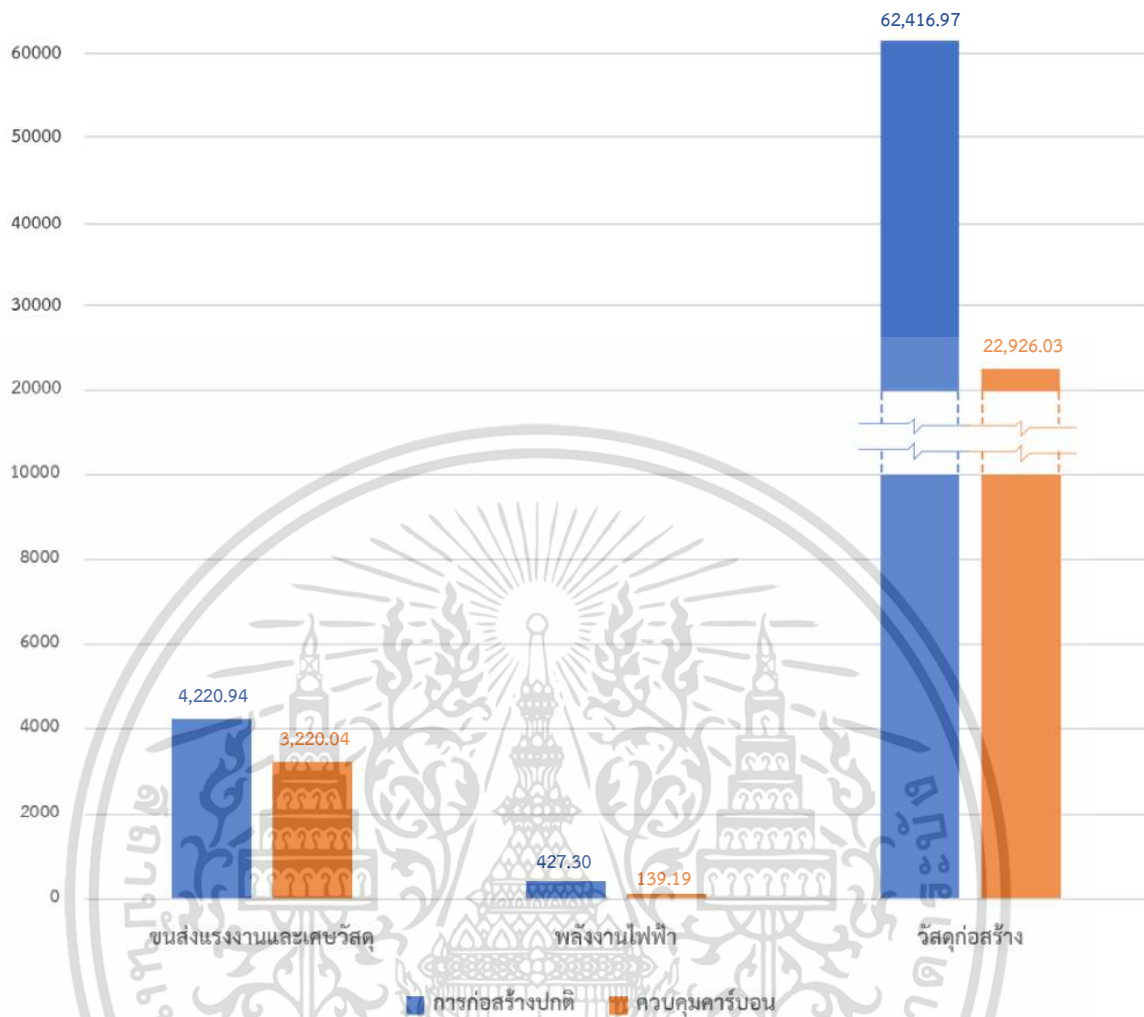
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3) วัสดุอื่น ๆ	1,538.15	kgCO ₂ eq
3.4) ไม้ยางพารา	1,116.83	kgCO ₂ eq
3.5) สมาร์ทบอร์ด	344.70	kgCO ₂ eq
3.6) สีทาภายนอก/ภายใน	267.04	kgCO ₂ eq
3.7) ยิปซัมบอร์ด	188.94	kgCO ₂ eq

4.6 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนระหว่างการก่อสร้างปกติและการควบคุมคาร์บอน

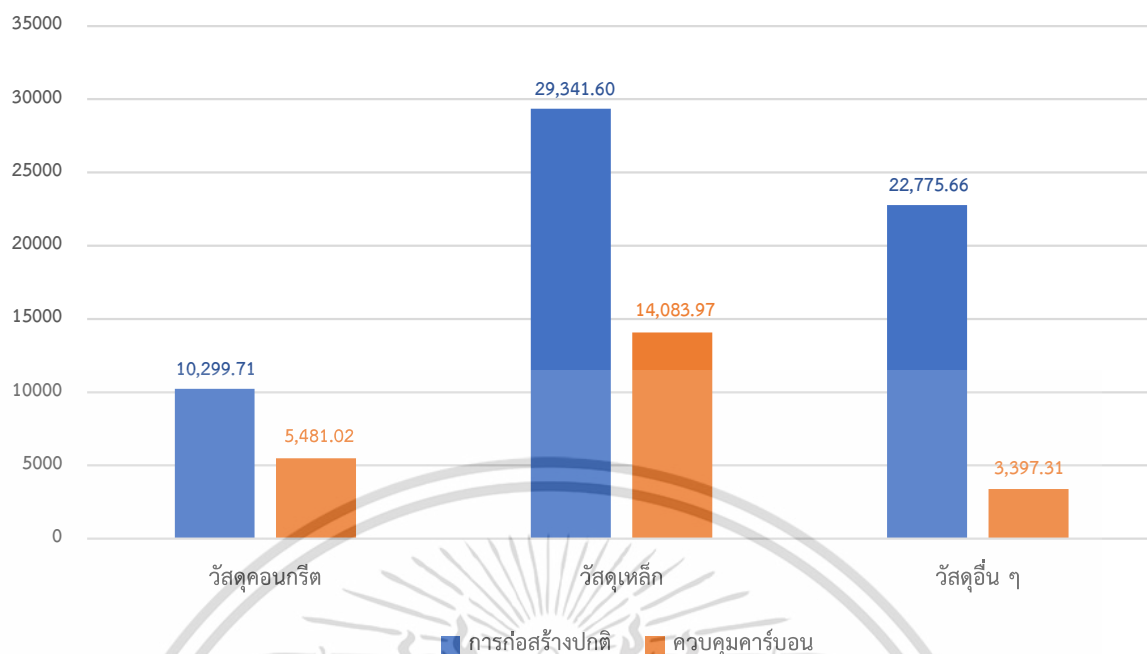
จากผลข้อมูลจากในบทที่ 4.3 สัดส่วนค่าการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารเดิม โดยการก่อสร้างตามปกติ ซึ่งประกอบด้วย การปล่อยคาร์บอน 3 ประเภทหลัก ได้แก่ การขนส่งแรงงานและเศษวัสดุ พลังงานไฟฟ้า และวัสดุก่อสร้าง ปล่อยก๊าซเรือนกระจกคาร์บอน 4,220.94, 427.30 และ 62,416.97 kgCO₂eq ตามลำดับ โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 6.29, 0.70 และ 93.01 ตามลำดับ และจากผลข้อมูลจากในบทที่ 4.5 สัดส่วนค่าการปล่อยคาร์บอนในการก่อสร้างแบบควบคุมคาร์บอน ได้แก่ 3,220.04, 139.19 และ 22,926.03 kgCO₂eq ตามลำดับ โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 10.34, 0.45 และ 87.11 ตามลำดับ ประเภทที่ 1 การขนส่งแรงงานและเศษวัสดุ ปล่อยคาร์บอน 3,220.04 kgCO₂eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 10.34 ประเภทที่ 2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการปรับปรุงอาคาร ปล่อยคาร์บอน 139.19 kgCO₂eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.45 ประเภทที่ 3 วัสดุก่อสร้าง ปล่อยคาร์บอน 22,926.03 kgCO₂eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 87.11 ดังภาพที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.22 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนทั้งหมด

สำหรับสัดส่วนค่าการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคาร วช.7 ในหมวดของวัสดุ ก่อสร้าง 3 ประเภท ได้แก่ วัสดุคอนกรีต วัสดุเหล็ก และวัสดุอื่น ๆ โดยในการก่อสร้างปกติ มีการปล่อยคาร์บอนเป็น 10,299.71, 29,341.60 และ 22,775.66 kgCO₂eq ตามลำดับ โดยเทียบเป็น สัดส่วนร้อยละ 16.50, 47.01 และ 36.49 ตามลำดับ และสำหรับในส่วนของการก่อสร้างแบบ ควบคุมคาร์บอน มีการปล่อยคาร์บอน 5,481.02, 14,083.97 และ 3,397.31 kgCO₂eq ตามลำดับ โดยเทียบเป็นสัดส่วนร้อยละ 23.87, 61.33 และ 14.80 ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.23



ภาพที่ 4.23 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนของวัสดุก่อสร้าง

ตารางที่ 4.9 ตารางการเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนแยกตามหมวดการทำงาน

No	ประเภทงาน	ปริมาณการปล่อยคาร์บอน(kgCO ₂ eq)		วิธีการลดการปล่อยคาร์บอนในแต่ละงาน
		การปรับปรุงอาคารแบบปกติ	การปรับปรุงอาคารแบบลดคาร์บอน	
การใช้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ				
1	1) ขนส่งแรงงาน	4,013.04	3,089.36	การลดจำนวนงานบางประเภท
	2) ขนส่งเศษวัสดุเหลือใช้	207.90	130.68	การนำเศษวัสดุกลับมาใช้ใหม่
การใช้พลังงานไฟฟ้า				
2		472.30	139.19	ใช้พลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์
วัสดุก่อสร้าง				
3	1) งานพื้นโครงสร้าง คสล.	21,283.51	5,481.02	ใช้คอนกรีตสำเร็จรูปแทนการหล่อคอนกรีต
	2) งานพื้นโครงสร้างเหล็ก	29,341.60	14,083.97	นำเหล็กที่ใช้เหลือจากการรื้อพื้นที่ชั้นลอยเดิมมาใช้ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9(ต่อ)

No	ประเภทงาน	ปริมาณการปล่อยคาร์บอน(kgCO ₂ eq)		วิธีการลดการปล่อยคาร์บอนในแต่ละงาน
		การปรับปรุงอาคารแบบปกติ	การปรับปรุงอาคารแบบลดคาร์บอน	
3	วัสดุก่อสร้าง			
	3) กระเบื้องพื้น	10,983.80	1,116.83	ใช้ไม้ยางพาราและการขัดพื้นแทนการใช้กระเบื้อง
	4) งานผนังยิปซั่มบอร์ด และผนังทาสี	8,731.70	661.80	ใช้การทาสีทั้งภายในและภายนอกอาคารเพื่อลดการใช้กระเบื้อง
	5) งานฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด และฝ้าทาสี	1,522.02	78.88	ใช้การทาสีท้องพื้นชั้นบนของอาคารเพื่อลดการใช้ยิปซั่มบอร์ด
	6) วัสดุอื่น ๆ	1,538.15	1,538.15	วัสดุประเภทพลาสติกกันชื้น ใบบัตรปูน และอุปกรณ์ช่าง

4.7 การอภิปรายผลการปล่อยคาร์บอนระหว่างการก่อสร้างปกติและการควบคุมคาร์บอน

สัดส่วนค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารเดิม 3 ประเภท โดยการก่อสร้างตามปกติ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากทั้งสามแหล่งคือ ขนส่งแรงงานและเศษวัสดุ ปริมาณพลังงานไฟฟ้า และวัสดุก่อสร้างรวมทั้งหมดเป็น 67,110.21 kgCO₂eq และสัดส่วนค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนในการปรับปรุงอาคารเดิม 3 ประเภท โดยการก่อสร้างที่ควบคุมการปล่อยคาร์บอน มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากทั้งสามแหล่งคือ ขนส่งแรงงานและเศษวัสดุ ปริมาณพลังงานไฟฟ้า และวัสดุก่อสร้างรวมทั้งหมดเป็น 26,321.52 kgCO₂eq ซึ่งปริมาณการปล่อยคาร์บอนของการปรับปรุงอาคารแบบควบคุมคาร์บอนนั้นสามารถลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนลงไปได้ 40,788.69 kgCO₂eq เมื่อเทียบกับการปรับปรุงอาคารแบบปกติ หรือลดลงไปกว่าร้อยละ 60.78 ซึ่งสัดส่วนของการลดคาร์บอนของทั้งสามแหล่งคือ ขนส่งแรงงานและเศษวัสดุ ปริมาณพลังงานไฟฟ้า และวัสดุก่อสร้าง ลดลงร้อยละ 7.44, 0.40 และ 52.94 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจากการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการปรับปรุงอาคารนั้น ส่วนใหญ่ ปริมาณก๊าซคาร์บอนจะถูกปล่อยออกมาจากวัสดุก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงอาคารแบบปกติ หรือการปรับปรุงอาคารแบบควบคุมคาร์บอนก็ตาม โดยการปรับปรุงอาคารแบบปกติมีการปล่อย คาร์บอนจากวัสดุก่อสร้างทั้งหมด 62,416.97 kgCO₂eq หรือร้อยละ 93.01 และการปรับปรุงอาคาร แบบควบคุมคาร์บอนมีการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุก่อสร้างทั้งหมด 22,962.30 kgCO₂eq หรือร้อยละ 87.11 ซึ่งเป็นปริมาณการที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากการขนส่งแรงงาน และเศษวัสดุ และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

เมื่อเปรียบเทียบการปริมาณการปล่อยคาร์บอนกับการปลูกต้นยาง 1 ไร่ โดย “ต้นยาง 1 ไร่สามารถปลูกต้นยางได้ประมาณ 91 ต้น ซึ่งต้นยาง 1 ต้นนั้นสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้เฉลี่ย 30 kgCO₂eq/ปี” ส่งผลให้การปลูกต้นยาง 1 ไร่ สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ทั้งหมด 2,430 kgCO₂eq /ปี และเมื่อเทียบกับการปรับปรุงอาคารแบบปกติที่ปล่อยคาร์บอนทั้งหมด 67,110.21 kgCO₂eq ส่งผลให้หากต้องการดูดซับก๊าซคาร์บอนทั้งหมดต้องมีการปลูกต้นยาง 28 ไร่ แต่หากเทียบกับการรีโนเวทที่ปล่อยคาร์บอน 26,321.52 kgCO₂eq ที่ต้องปลูกต้นยางเพียง 10 ไร่ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการศึกษาปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากการก่อสร้างอาคาร วช.7 โดยในขั้นตอนการปรับปรุงอาคารทั้งหมดแบบการก่อสร้างปกติมีค่า 67,110.21 kgCO₂eq และปรับปรุงอาคารทั้งหมดแบบควบคุมคาร์บอนมีค่า 26,321.52 kgCO₂eq ซึ่งแตกต่างกันถึง 40,788.69 kgCO₂eq หรือร้อยละ 60.78 ซึ่งประเทศไทยได้ให้ข้อเสนอการมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับประชาคมโลก (National Determined Contribution – NDC) โดยตั้งเป้าลดการปล่อยคาร์บอนลงให้ได้ ร้อยละ 20–25 ภายในปี พ.ศ. 2573 ตามร่างแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564–2573

โดยมีส่วนลดปริมาณของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมด 3 ประเด็น จากทั้งหมดร้อยละ 60.78 คือ การขนส่งแรงงานและเศษวัสดุ การใช้พลังงานไฟฟ้า และวัสดุก่อสร้าง ดังนี้

- 1) ขนส่งแรงงานและเศษวัสดุ ส่วนลดการปล่อยคาร์บอนได้ร้อยละ 7.44
- 2) พลังงานไฟฟ้า ส่วนลดการปล่อยคาร์บอนได้ร้อยละ 0.40
- 3) วัสดุก่อสร้าง ส่วนลดการปล่อยคาร์บอนได้ร้อยละ 52.94

5.2 ข้อเสนอแนะ

องค์ความรู้ที่ได้จากการทำวิจัยเรื่อง “การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา : อาคาร วช.7 (สำนักงานวิจัยแห่งชาติ)” สามารถนำความรู้ที่ได้ไปต่อยอดเกี่ยวกับการคัดเลือกวัสดุ หรือการใช้แนวทางต่าง ๆ ในการลดคาร์บอนในการปรับปรุงอาคาร หรือการก่อสร้างอาคารในยุคปัจจุบัน ที่ปัญหาสิ่งแวดล้อมนั้นเป็นเรื่องสำคัญอันดับต้น ๆ ของโลก โดยการแสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการคำนึงถึงการปล่อยคาร์บอนในทุกขั้นตอนของการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมในปัจจุบันและอนาคต

โดยเพื่อให้ข้อมูลของการศึกษาเรื่องเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอาคารนั้นมีความแม่นยำและละเอียดมากยิ่งขึ้น สามารถทำได้ด้วยการเจาะจงเรื่องที่จะศึกษาเกี่ยวกับวัสดุแต่ละชนิด หรือการหาวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่มีการปล่อยคาร์บอนที่น้อยตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตวัสดุจนถึงการนำวัสดุมาก่อสร้างอาคาร และการเก็บข้อมูลที่ละเอียดมากยิ่งขึ้น หรือการเปรียบเทียบวัสดุแต่ละชนิดแบบละเอียด เช่น การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนของอิฐมอญ และอิฐมวลเบา หรือ การเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปล่อยคาร์บอนระหว่างคอนกรีตหล่อในที่ และคอนกรีตสำเร็จรูป หรือการหาวัสดุทดแทนต่าง ๆ ที่สามารถช่วยในการลดการปล่อยคาร์บอนในอุตสาหกรรมก่อสร้างในอนาคต

เนื่องด้วยข้อมูลทางการวิจัยประกอบกับข้อจำกัดทางด้านข้อมูลจากหน้าไซต์งาน และระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท เพื่อความสมบูรณ์ครบถ้วนจึงควรที่จะมีทีมเก็บข้อมูลแต่ละประเภทของการเก็บข้อมูลให้ละเอียดมากกว่าการขอข้อมูลจากผู้รับเหมา ซึ่งเมื่อมีการเก็บข้อมูลที่ละเอียดมากยิ่งขึ้นเท่าไร ก็จะสามารถวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนได้ละเอียดมากยิ่งขึ้นไปอีก เพื่อเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในอนาคตต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน). (2561).//พิมพ์ครั้งที่ 6. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2566.
- สิริกานตย์ นิธิศักดิ์ยานนท์ และ จิตรา รุกิจการพาณิชย์. (2559). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงสร้างสถานีรถไฟใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง, 114-121. สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2566.
- สุรชาติ ยาวีราช. (2560). แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารมหาวิทยาลัย กรณีศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2566.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2558). IPCC Fifth Assessment Synthesis Report. สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2566.
- บุษกร ดวงแก้ว และ สัทบุษกร ดวงแก้ว. (2558). การปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก : กรณีศึกษาอาคารสถานศึกษาอาชีวศึกษา. สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2566.
- กันตพงศ์ ศรีเมือง. (2558). การประเมินผลมาตรการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในอาคารสำนักงาน และคอนโดมิเนียมพักอาศัย ด้วยการประเมินต้นทุนส่วนเพิ่มสุทธิของการลดการปล่อยคาร์บอน. สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2566.
- นิตินัย พระไชยบุญ, วชิรินทร์ วิทย์กุล และ ดีบุญ เมธากุลชาติ. (2558). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์การก่อสร้างอาคาร: กรณีศึกษางานก่อสร้างอาคารในพื้นที่ กรุงเทพมหานครในการควบคุมของกรมโยธาธิการและผังเมือง. สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2566.
- คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. (2558). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุต พริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ: บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชซิง จำกัด (มหาชน), สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2566.
- Ramya Kumanayake and Hanbin Luo. (2018). Life cycle carbon emission assessment of a multi-purpose university building: A case study of Sri Lanka. accessed 18 October 2023.
- REGITZE KJÆR ZIMMERMANN. (2023). GHG emissions from building renovation versus new-build: incentives from assessment methods. accessed 20 October 2023.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Yuanyuan Gong and Deyong Song. (2015). Life Cycle Building Carbon Emissions Assessment and Driving Factors Decomposition Analysis Based on LMDI—A Case Study of Wuhan City in China. accessed 21 October 2023.

Banu Sizirici. (2021). A Review of Carbon Footprint Reduction in Construction Industry, from Design to Operation. accessed 21 October 2023.

Asdrubali, F., Ballarini, I., Corrado, V., Evangelisti, L., Grazieschi, G., & Guattari, (2019). C. Energy and environmental payback times for an NZEB retrofit. Building and Environment, 147(October), 461–472. accessed 24 October 2023.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

การคำนวณการปล่อยคาร์บอนของอาคาร วข.7

ตารางการแสดงค่าคงตัวในการปล่อยคาร์บอน

การคำนวณปริมาณคาร์บอนของอาคารในขณะการปรับปรุงอาคารต้องมีการคำนวณโดยการแทนค่าค่าคงตัวในการปล่อยคาร์บอนของวัสดุแต่ละประเภท ซึ่งสามารถหาค่าคงตัวของแต่ละวัสดุด้วยการสืบค้นจากตารางที่ทาง อบก. รวบรวมเอาไว้ ดังตารางที่ 6.1 และตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงค่าคงตัวของคาร์บอนที่ใช้ในการคำนวณจากอบก. กลุ่มวัสดุก่อสร้าง

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟกเตอร์ (kgCO ₂ e/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัปเดต
702.	Thermoforming, with calendering		kg	0.8592	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
22. กลุ่มวัสดุก่อสร้าง						
703.	Sand (ทราย)	Sand, at mine	kg	0.0037	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
704.	Brick (อิฐ)	Brick, at plant	kg	0.2414	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
705.	Clay (ดินเหนียว)	Clay, at mine	kg	0.0004	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
706.	Sanitary ceramics (สุขภัณฑ์)	Sanitary ceramics, at regional storage	kg	2.4092	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12

ตารางที่ 6.2 ตารางแสดงค่าคงตัวของคาร์บอนที่ใช้ในการคำนวณจากอบก. กลุ่มอุตสาหกรรมโรงเลื่อยและโรงอบไม้ยางพารา

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟกเตอร์ (kgCO ₂ e/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัปเดต
9. กลุ่มอุตสาหกรรมโรงเลื่อยและโรงอบไม้ยางพารา (Wood Processing : Para-wood)						
345.	ไม้ยางพาราสด	จากการปลูกไม้ยางพารา; ครอบคลุมตลอดวงยาว 25 ปี; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0363	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
346.	ไม้ยางพาราท่อนสด	จากการตัดไม้ต้นยางพาราที่ผ่านการกรีดน้ำยางจนไม่สามารถไปผลิตน้ำยางได้อีก หรือมีอายุ 25 ปี ขึ้นไป; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0471	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
347.	กิ่งไม้ยางพารา	จากการตัดไม้ต้นยางพาราที่ผ่านการกรีดน้ำยางจนไม่สามารถไปผลิตน้ำยางได้อีก หรือมีอายุ 25 ปี ขึ้นไป; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0471	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
348.	ไม้ยางพาราแปรรูปเกรด AB	ผลิตจากไม้ยางพาราสดท่อน ผ่านกระบวนการแปรรูป อัดน้ำยา แลอบแห้ง; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0829	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
349.	ไม้ยางพาราแปรรูปเกรด C	ผลิตจากไม้ยางพาราสดท่อน ผ่านกระบวนการแปรรูป อัดน้ำยา แลอบแห้ง; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0829	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
350.	ปึกไม้ยางพารา	ผลิตภัณฑ์เสริมจากการทำไม้แปรรูปจากไม้ยางพารา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0829	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
351.	ไม้ยางพาราประสานเกรด AB	ผลิตจากไม้ยางพารา ผ่านกระบวนการเปิดผิว แยกเกรดไม้ อัดน้ำยาแลบแห้ง จนกระทั่งท่อนและบรรจุ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.2309	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
352.	ไม้ยางพาราประสานเกรด C	ผลิตจากไม้ยางพารา ผ่านกระบวนการเปิดผิว แยกเกรดไม้ อัดน้ำยาแลบแห้ง จนกระทั่งท่อนและบรรจุ; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.2309	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
353.	ไม้ยางพาราอัดประสานเกรด AB	ผลิตจากไม้ยางพารา; ผลิตร่วมกับไม้ประสานจากไม้ยางพารา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.3841	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
354.	ไม้ยางพาราอัดประสานเกรด C	ผลิตจากไม้ยางพารา; ผลิตร่วมกับไม้ประสานจากไม้ยางพารา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.3841	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
355.	พาลเลทไม้ยางพารา	ผลิตจากไม้ยางพารา ผ่านการแปรรูปทั้ง เกรด C; ผ่านกระบวนการตัด-เบาขอ ประคบ-เจียพาลเลท และการอบไม้; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0930	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
356.	ซีเมนต์จากไม้ยางพาราแปรรูป	ผลิตภัณฑ์เสริมจากการทำไม้แปรรูปจากไม้ยางพารา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.0829	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
357.	ซีเมนต์จากไม้ยางพาราประสาน	ผลิตภัณฑ์เสริมจากการทำไม้แปรรูปจากไม้ยางพารา; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.2309	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้ในเชิงพาณิชย์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณปริมาณคาร์บอนของอาคารในขณะการปรับปรุงอาคารต้องมีการคำนวณโดยการแทนค่าค่าคงตัวในการปล่อยคาร์บอนของวัสดุแต่ละประเภท ซึ่งสามารถหาค่าคงตัวของแต่ละวัสดุด้วยการสืบค้นจากตารางที่ทาง ICE รวบรวมเอาไว้ ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ตารางแสดงค่าคงตัวของคาร์บอนที่ใช้ในการคำนวณจาก ICE

INVENTORY OF CARBON & ENERGY (ICE) SUMMARY				
Materials	Embodied Energy & Carbon Coefficients			Comments
	EE - MJ/kg	EC - kgCO ₂ /kg	EC - kgCO ₂ e/kg	
EE = Embodied Energy, EC = Embodied Carbon				
Aggregate				
General (Gravel or Crushed Rock)	0.083	0.0048	0.0052	Estimated from measured UK industrial fuel consumption data
Bricks				
General (Common Brick)	3.00	0.23	0.24	
EXAMPLE: Single Brick	6.9 MJ per brick	0.53 kgCO ₂ per brick	0.55	Assuming 2.3 kg per brick.
Limestone	0.85	?	-	
Cement				
General (UK weighted average)	4.5	0.73	0.74	Weighted average of all cement consumed within the UK. This includes all factory made cements (CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV) and further blending of fly ash and ground granulated blast furnace slag. This data has been estimated from the British Cement Association's factsheets (see Ref. 59). 23% cementitious additions on average.
Average CEM I Portland Cement, 94% Clinker	5.50	0.93	0.95	This is a standard cement with no cementitious additions (i.e. fly ash or blast furnace slag). Composition 94% clinker, 5% gypsum, 1% minor additional constituents (mac's). This data has been estimated from the British Cement Association's factsheets (see Ref. 59).
6-20% Fly Ash (CEM II/A-V)	5.28 to 4.51	0.88 (@ 6%) to 0.75 (@ 20%)	0.89 to 0.76	
21-35% Fly Ash (CEM II/B-V)	4.46 to 3.68	0.74 to 0.61	0.75 to 0.62	
21-35% GGBS (CEM II/B-S)	4.77 to 4.21	0.76 to 0.64	0.77 to 0.65	
36-65% GGBS (CEM III/A)	4.17 to 3.0	0.63 to 0.38	0.64 to 0.39	
66-80% GGBS (CEM II/B)	2.96 to 2.4	0.37 to 0.25	0.38 to 0.26	
Fibre Cement Panels - Uncoated	10.40	1.09	-	
Fibre Cement Panels - (Colour) Coated	15.30	1.28	-	Few data points. Selected data modified from Ref. 107.
Mortar (1:3 cement:sand mix)	1.33	0.208	0.221	
Mortar (1:4)	1.11	0.171	0.182	
Mortar (1:5)	0.97	0.146	0.156	
Mortar (1:6)	0.85	0.127	0.136	
Mortar (1:1/4:4% Cement:Lime:Sand mix)	1.34	0.200	0.213	
Mortar (1:1:6 Cement:Lime:Sand mix)	1.11	0.163	0.174	
Mortar (1:2:9 Cement:Lime:Sand mix)	1.03	0.145	0.155	
Cement stabilised soil @ 5%	0.68	0.060	0.061	Assumed 5% cement content.
Cement stabilised soil @ 8%	0.83	0.082	0.084	Assumed 8% stabiliser contents (6% cement and 2% quicklime)
Concrete				
General	0.75	0.100	0.107	It is strongly recommended to avoid selecting a 'general' value for concrete. Selecting data for a specific concrete type (often a ready mix concrete) will give greater accuracy, please see material profile.
16/20 Mpa	0.70	0.093	0.100	Assumed cement content 12% by mass.
20/25 MPa	0.74	0.100	0.107	
25/30 MPa	0.78	0.106	0.113	
28/35 MPa	0.82	0.112	0.120	
32/40 MPa	0.88	0.123	0.132	
40/50 MPa	1.00	0.141	0.151	
Paint				
General	70.00	2.42	2.91	Large variations in data, especially for embodied carbon. Includes feedstock energy. Water based paints have a 70% market share. Water based paint has a lower embodied energy than solvent based paint.
EXAMPLE: Single Coat	10.5 MJ/Sqm	0.36 kgCO ₂ /Sqm	0.44	Assuming 6.66 Sqm Coverage per kg
EXAMPLE: Double Coat	21.0 MJ/Sqm	0.73 kgCO ₂ /Sqm	0.87	Assuming 3.33 Sqm Coverage per kg
EXAMPLE: Triple Coat	31.5 MJ/Sqm	1.09 kgCO ₂ /Sqm	1.31	Assuming 2.22 Sqm Coverage per kg
Waterborne Paint	59.00	2.12	2.54	Waterborne paint has a 70% of market share. Includes feedstock energy.
Solventborne Paint	97.00	3.13	3.76	Solventborne paint has a 30% share of the market. Includes feedstock energy. It was difficult to estimate carbon emissions for Solventborne paint.
Soil				
General (Rammed Soil)	0.45	0.023	0.024	
Cement stabilised soil @ 5%	0.68	0.060	0.061	Assumed 5% cement content.
Cement stabilised soil @ 8%	0.83	0.082	0.084	Assumed 8% stabiliser content (6% cement and 2% lime).
GGBS stabilised soil	0.65	0.045	0.047	Assumed 8% stabiliser content (8% GGBS and 2% lime).
Fly ash stabilised soil	0.56	0.039	0.041	Assumed 10% stabiliser content (8% fly ash and 2% lime).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3(ต่อ)

INVENTORY OF CARBON & ENERGY (ICE) SUMMARY				
Materials	Embodied Energy & Carbon Coefficients			Comments
	EE - MJ/kg	EC - kgCO2/kg	EC - kgCO2e/kg	
Main data source: International Iron & Steel Institute (IISI) LCA studies (www.worldsteel.org)				
Steel				
UK (EU) STEEL DATA - EU average recycled content - See material profile (and Annex on recycling methods) for usage guide				
General - UK (EU) Average Recycled Content	20.10	1.37	1.46	EU 3-average recycled content of 59%. Estimated from UK's consumption mixture of types of steel (excluding stainless). All data doesn't include the final cutting of the steel products to the specified dimensions or further fabrication activities. Estimated from World Steel Association (Worldsteel) LCA data.
Virgin	35.40	2.71	2.89	
Recycled	9.40	0.44	0.47	Could not collect strong statistics on consumption mix of recycled steel.
Bar & rod - UK (EU) Average Recycled Content	17.40	1.31	1.40	EU 3-average recycled content of 59%
Virgin	29.20	2.59	2.77	
Recycled	8.80	0.42	0.45	
Coil (Sheet) - UK (EU) Average Recycled Content	18.80	1.30	1.38	Effective recycled content because recycling route is not typical. EU 3-average recycled content of 59%
Virgin	32.80	2.58	2.74	
Recycled	Not Typical Production Route			
Coil (Sheet), Galvanised - UK (EU) Average Recycled Content	22.60	1.45	1.54	Effective recycled content because recycling route is not typical. EU 3-average recycled content of 59%
Virgin	40.00	2.84	3.01	
Engineering steel - Recycled	13.10	0.68	0.72	
Pipe - UK (EU) Average Recycled Content	19.80	1.37	1.45	Effective recycled content because recycling route is not typical. EU 3-average recycled content of 59%
Virgin	34.70	2.71	2.87	
Recycled	Not Typical Production Route			
Plate - UK (EU) Average Recycled Content	25.10	1.55	1.66	Effective recycled content because recycling route is not typical. EU 3-average recycled content of 59%
Virgin	45.40	3.05	3.27	
Recycled	Not Typical Production Route			
Section - UK (EU) Average Recycled Content	21.50	1.42	1.53	
Virgin	38.00	2.82	3.03	
Recycled	10.00	0.44	0.47	
Wire - Virgin	36.00 (?)	2.83 (?)	3.02	
Stainless	56.70	6.15		World average data from the Institute of Stainless Steel Forum (ISSF) life cycle inventory data. Selected data is for the most popular grade (304). Stainless steel does not have separate primary and recycled material production routes.
	Embodied Energy - MJ	Embodied Carbon - Kg CO2		
Windows	MJ per Window			
1.2mx1.2m Single Glazed Timber Framed Unit	286 (?)	14.6 (?)	-	Embodied carbon estimated from typical UK industrial fuel mix
1.2mx1.2m Double Glazed (Air or Argon Filled):	-	-	-	-
Aluminium Framed	5470	279	-	-
PVC Framed	2150 to 2470	110 to 126	-	-
Aluminium-Clad Timber Framed	950 to 1460	48 to 75	-	-
Timber Framed	230 to 490	12 to 25	-	-
Krypton Filled Add:	510	26	-	-
Xenon Filled Add:	4500	229	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณการปล่อยคาร์บอนในการปรับปรุงอาคาร

การคำนวณปริมาณคาร์บอนของอาคารในขณะการปรับปรุงอาคาร โดยมีการแยกประเภทตามประเด็นหลัก 3 ประเด็น ได้แก่ การขนส่งแรงงานและเศษวัสดุ การใช้พลังงานไฟฟ้า และ วัสดุก่อสร้างที่ใช้ ซึ่งมีการใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO}_2\text{eq)} = \text{Activity data} \times \text{Carbon Emission Factor}$$

1.1) การคำนวณของการขนส่งแรงงาน

ช่างสี

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{จำนวนเที่ยวชน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{จำนวนวัน} \times \text{ค่า EF} \\ &= 2 \times 15 \times 31 \times 0.184 \\ &= 171.12 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

ช่างเหล็ก

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{จำนวนเที่ยวชน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{จำนวนวัน} \times \text{ค่า EF} \\ &= 2 \times 25 \times 25 \times 0.184 \\ &= 230.00 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

ช่างปูน

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{จำนวนเที่ยวชน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{จำนวนวัน} \times \text{ค่า EF} \\ &= 2 \times 25 \times 53 \times 0.184 \\ &= 487.60 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

ช่างไม้

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{จำนวนเที่ยวชน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{จำนวนวัน} \times \text{ค่า EF} \\ &= 2 \times 25 \times 55 \times 0.184 \\ &= 506.00 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

ช่างประปา

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{จำนวนเที่ยวชน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{จำนวนวัน} \times \text{ค่า EF} \\ &= 2 \times 25 \times 10 \times 0.184 \\ &= 92.00 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่างตัดพื้น

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{จำนวนเที่ยวชน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{จำนวนวัน} \times \text{ค่า EF} \\ &= 2 \times 25 \times 20 \times 0.184 \\ &= 184.00 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

ช่างกระเบื้อง

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{จำนวนเที่ยวชน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{จำนวนวัน} \times \text{ค่า EF} \\ &= 2 \times 25 \times 35 \times 0.184 \\ &= 322.00 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

ช่างเชื่อม

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{จำนวนเที่ยวชน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{จำนวนวัน} \times \text{ค่า EF} \\ &= 2 \times 25 \times 40 \times 0.184 \\ &= 368.00 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

ช่างทั่วไป

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{จำนวนเที่ยวชน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{จำนวนวัน} \times \text{ค่า EF} \\ &= 2 \times 44 \times 45 \times 0.184 \\ &= 728.64 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

1.2) การคำนวณของการขนส่งแรงงาน

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{จำนวนเที่ยวชน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{จำนวนวัน} \times \text{ค่า EF} \\ &= 2 \times 30 \times 22 \times 0.99 \\ &= 130.68 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

2) การคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= \text{ปริมาณไฟฟ้า} \times \text{ค่า EF} \\ &= 232.52 \times 0.5986 \\ &= 139.19 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การคำนวณของวัสดุก่อสร้าง

วัสดุเหล็ก

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= (\text{น้ำหนักวัสดุ} \times \text{EF วัสดุ}) + (\text{จำนวนเที่ยวขน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{EF ขนส่ง}) \\ &= (4,800 \times 2.89) + (8 \times 30 \times 0.184) \\ &= 14,083.97 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

วัสดุคอนกรีต

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= (\text{น้ำหนักวัสดุ} \times \text{EF วัสดุ}) + (\text{จำนวนเที่ยวขน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{EF ขนส่ง}) \\ &= (9,600 \times 0.565) + (2 \times 30 \times 0.099) \\ &= 5,481.02 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

พื้นไม้ยางพารา

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= (\text{น้ำหนักวัสดุ} \times \text{EF วัสดุ}) + (\text{จำนวนเที่ยวขน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{EF ขนส่ง}) \\ &= (4,820 \times 0.2309) + (1 \times 30 \times 0.099) \\ &= 1,116.83 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

ยิปซัมบอร์ด

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= (\text{น้ำหนักวัสดุ} \times \text{EF วัสดุ}) + (\text{จำนวนเที่ยวขน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{EF ขนส่ง}) \\ &= (320 \times 0.39) + (1 \times 30 \times 0.099) \\ &= 127.77 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

ส്മาร์ทบอร์ด

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= (\text{น้ำหนักวัสดุ} \times \text{EF วัสดุ}) + (\text{จำนวนเที่ยวขน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{EF ขนส่ง}) \\ &= (920 \times 0.37) + (1 \times 30 \times 0.099) \\ &= 344.70 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

สีทาภายนอก

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= (\text{น้ำหนักวัสดุ} \times \text{EF วัสดุ}) + (\text{จำนวนเที่ยวขน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{EF ขนส่ง}) \\ &= (210 \times 2.72) + (1 \times 30 \times 0.184) \\ &= 188.16 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

สีทาภายใน

$$\begin{aligned} \text{ค่าการปล่อยคาร์บอน} &= (\text{น้ำหนักวัสดุ} \times \text{EF วัสดุ}) + (\text{จำนวนเที่ยวขน} \times \text{ระยะทาง} \times \text{EF ขนส่ง}) \\ &= (80 \times 2.72) + (1 \times 30 \times 0.184) \\ &= 78.88 \text{ kgCO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นาย จักกาย ศรีวานิชสกุลชัย
 วัน เดือน ปีเกิด 9 กันยายน พ.ศ. 2542
 ที่อยู่ 87/179 ถ.กาญจนาภิเษก แขวงบางบอนเหนือ เขตบางบอน
 กรุงเทพมหานคร 10150
 E-mail jakguy123@hotmail.com
 โทรศัพท์ 086-519-9251

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2561 สถาบันพัฒนบริหารศาสตร์บัณฑิต (สศ.บ.) สาขาวิชาสถาปัตยกรรมหลัก
 คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 พ.ศ. 2566 สถาบันพัฒนบริหารศาสตร์มหาบัณฑิต (สศ.ม.) สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
 คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้