ความท้าทายในการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารในงานก่อสร้างอย่างยั่งยืนสำหรับอนาคต

CHALLENGES IN USING BUILDING INFORMATION MODELING IN SUSTAINABLE CONSTRUCTION

กษิดิ์ณุตม์ เจริญลาภ[1] ชยุตม์ สิงห์ลอ[2] ชวิศ หาญพานิช[3] และ มานพ แก้วโมราเจริญ[4]

[1,2,3,4] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารนำมาปรับใช้กับงานก่อสร้างอย่างยั่งยืน โดยมุ่งเน้นไปที่การศึกษามาตรฐาน LEED ซึ่งเป็นหลักเกณฑ์ในการประเมินอาคารเขียวจากประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย ใช้อาคารวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นอาคารที่ศึกษา ศึกษาผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Autodesk Revit ในการสร้างแบบจำลองอาคาร และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Autodesk Insight ซึ่งนำข้อมูลจากโปรแกรม Autodesk Revit มาวิเคราะห์พลังงานและ โปรแกรม KITCARBON สำหรับการหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการก่อสร้างอาคาร แนวทางในการปรับปรุงอาคารคือการติดสุขภัณฑ์ที่ใช้น้ำลดลง การติดตั้งระแนงเปลือกอาคารช่วยลดพลังงานความร้อนที่มาจากภายนอก และการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ผลการวิจัยพบว่าสามารถปรับปรุงอาคารวิศวกรรมโยธาได้ คะแนน 60 คะแนนซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ระดับ LEED GOLD และใช้งบประมาณในการพัฒนาอาคารไปทั้งสิ้น 6,723,985.00 บาท การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าสามารถนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาปรับใช้กับงานก่อสร้างอย่างยั่งยืนได้

คำสำคัญ: แบบจำลองสารสนเทศอาคาร, อาคารเขียว, การก่อสร้างอย่างยั่งยืน, **LEED, Autodesk Revit**

Abstract

This study aims to explore the application of Building Information Modeling (BIM) for sustainable construction, focusing on the LEED standard, a widely recognized green building assessment system from the United States. Civil Engineering Building, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University was selected as a case study. The research utilizes computer programs such as Autodesk Revit for model building, along with Autodesk Insight for Energy Analysis and KITCARBON for calculate greenhouse gas emissions. Building Improvement Strategies is Installation of water-efficient fixtures, Installation of louvers on the building envelope to reduce external heat gain, Installation of solar panels. The research findings that Civil Engineering buildings could achieve a LEED GOLD certification with score of 60 points. The total cost of implementing the proposed building improvements was estimated at 6,723,985.00 baht. This study demonstrates that BIM can be effectively adapted for sustainable construction projects.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), Green Building, Sustainable Construction, Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), Autodesk Revit

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันความสนใจในด้านของอาคารเขียวนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากขึ้นจากในอดีต ด้วยสภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นกับโลกเราในปัจจุบัน ทำให้เกิดกระแสการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนขึ้นในทุกสาขาวิชารวมไปถึงในการก่อสร้าง โดยการก่อสร้างอาคารเขียวนั้น จะเน้นถึงประโยชน์และผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าอาคารทั่วไป มาตรฐานที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายและถูกนำมาใช้เป็น

พื้นฐานในการพัฒนามาตรฐานรุ่นใหม่คือ มาตรฐานอาคารสีเขียวของสภาอาคารเขียวแห่งสหรัฐอเมริกา หรือที่รู้จักกันในชื่อ มาตรฐานแบบประเมินอาคาร LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร(building information modeling - BIM) เป็นกระบวนการที่มีการใช้งานซอฟต์แวร์และเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อสร้างและจัดการข้อมูลที่เป็นตัวแทนของคุณลักษณะทางกายภาพและฟังก์ชันของอาคาร

ดังนั้นโครงงานนี้จึงเป็นการมุ่งเน้นในการวิเคราะห์อาคารวิศวกรรมศาสตร์โยธา ภายใต้มาตรฐานอาคารสีเขียวของสภาอาคารเขียวแห่งสหรัฐอเมริกา หรือที่รู้จักกันในชื่อ มาตรฐาน LEED ประเมินอาคาร โดยวิธีวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองสารสนเทศอาคารด้วยโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อหาคะแนนและเสนอแนวทางปรับปรุงและแก้ไขอาคารให้อาคารได้รับการผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน LEED ได้สำเร็จ

2. เนื้อหาหลัก

2.1 อาคารเขียว

ทฤษฎีการก่อสร้างอาคารสีเขียว เป็นแนวทางที่รวมการออกแบบก่อสร้าง และการดำเนินงานของอาคารเข้ากับหลักการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยมีเป้าหมายเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเสริมสร้างความสบายและสุขภาพของผู้อยู่อาศัย ความคิดนี้อาศัยหลักการหลายประการ ด้านความยั่งยืน ประหยัดพลังงาน การจัดการน้ำอย่างยั่งยืน การใช้วัสดุที่ยั่งยืน คุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคาร เป็นต้น

2.2 LEED

LEED เป็นหนึ่งในระบบการประเมินและการรับรองที่มีชื่อเสียงและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางสำหรับอาคารเขียวทั่วโลก พัฒนาและดำเนินการโดยสภาอาคารเขียวสหรัฐอเมริกา (U.S. Green Building Council, USGBC) LEED ออกแบบมาเพื่อให้เจ้าของอาคาร ผู้ออกแบบและผู้สร้างมีแนวทางชัดเจนในการสร้างและบริหารอาคารที่ยั่งยืน ประหยัดพลังงาน มีประสิทธิภาพด้านทรัพยากร และสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีต่อสุขภาพสำหรับผู้อยู่อาศัย

LEED V4.1 นั้นได้มีการเปิดใช้งานอย่างเป็นทางการในปี พ.ศ.2562 และปัจจุบันเป็นระบบการประเมินอาคารเขียวที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลกและจะแบ่งออกเป็น 9 หมวด

2.2.1 หมวดที่ 1 (Integrative process ,IP)

2.2.2 หมวดที่ 2 ตำแหน่งที่ตั้งและการขนส่ง (Location and transportation , LT)

2.2.3 หมวดที่ 3 สถานที่ตั้งเพื่อความยั่งยืน (Sustainable site,SS)

2.2.4 หมวดที่ 4 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water efficiency,WE)

2.2.5 หมวดที่ 5 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and atmosphere, EA)

2.2.6 หมวดที่ 6 วัสดุและการก่อสร้าง (Material and resources, MR)

2.2.7 หมวดที่ 7 คุณภาพแวดล้อมในอาคาร (Indoor environmental quality EQ)

2.2.8 หมวดที่ 8 นวัตกรรมในการออกแบบ (Innovation, IN)

2.2.9 หมวดที่ 9 การจัดอันดับความสำคัญในระดับภูมิภาค (Regional priority, RP)

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 โปรแกรม Autodesk Revit

เป็นซอฟต์แวร์ช่วยการออกแบบโดยใช้หลักการสร้างระบบจำลองสารสนเทศอาคาร ที่พัฒนาโดยบริษัท Autodesk ถูกใช้โดยเฉพาะในงานของสถาปนิก วิศวกรโครงสร้าง วิศวกรระบบ และผู้รับเหมาก่อสร้าง เพื่อออกแบบและสร้างอาคารและโครงสร้างอื่น ๆ ด้วยวิธีที่มีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล

Revit ช่วยให้ผู้ใช้สามารถออกแบบโครงสร้างในแบบ 3 มิติและจัดการข้อมูลส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงการอาคารได้อย่างครบถ้วน โดยที่แต่ละส่วนของการออกแบบนั้นเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลที่ประมวลผลข้อมูลจำเพาะที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง วัสดุ และอื่น ๆ อีกมากมาย

3.1.2 LEED

ข้อมูลสำหรับการศึกษาเกณฑ์ LEED

1. แหล่งข้อมูล

-เว็บไซต์สภาอาคารเขียวสหรัฐอเมริกา: มีข้อมูลครบถ้วนเกี่ยวกับการรับรอง LEED การอัพเดทมาตรฐาน และแหล่งข้อมูลการศึกษา

- LEED Reference Guides: เป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละระดับการรับรองและวิธีการบรรลุเป้าหมายเหล่านั้น

2. เครื่องมือและซอฟต์แวร์

- LEED Online: เครื่องมือที่ใช้ในการส่งและจัดการเอกสารการรับรอง LEED

- Building performance monitoring tools: เครื่องมือที่ช่วยในการติดตามและจัดการประสิทธิภาพของอาคาร เพื่อให้แน่ใจว่าตรงตามเกณฑ์ LEED

3.1.3 โปรแกรม Autodesk Insight

เป็นเครื่องมือที่รวมอยู่ใน Autodesk Revit ซึ่งออกแบบมาเพื่อช่วยให้สถาปนิกและวิศวกรสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอาคารได้อย่างละเอียดรอบด้าน โปรแกรมนี้มีความสำคัญในการช่วยให้ผู้ใช้ทำนายและปรับปรุงประสิทธิภาพของอาคารตามเกณฑ์การออกแบบที่ยั่งยืน

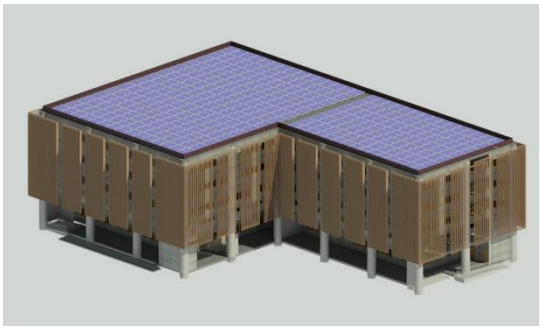
คู่มือการใช้งานและเอกสารอ้างอิงมีดังนี้

-Autodesk Official Website: มีคู่มือผู้ใช้ วิดีโอการสอน และเอกสารอ้างอิงที่มีคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้งาน Insight ใน Revit สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงาน

-Integration with Other Tools: Insight สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องมืออื่นๆ เช่น Green Building Studio หรือซอฟต์แวร์วิเคราะห์พลังงานอื่นๆ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 *แบบจำลองอาคารที่ได้จากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร*



รูปที่ 1 แบบจำลองอาคารจากโปรแกรม Autodesk Revit

4.2 *ประเมินคะแนนตามเกณฑ์ LEED*

4.2.1 *หมวดที่ 1 (Integrative process, IP)*

IP Credit 1 Integrative process เขียนอธิบายแนวทางที่พัฒนาโดยทีมงานโครงการเพื่อมีส่วนร่วมในกระบวนการออกแบบพัฒนาที่กำหนดไว้อย่างชัดเจนและจัดการได้ และจดหมายจะต้องมีบทสรุปแยกต่างหากสำหรับแต่ละประเด็นที่วิเคราะห์โดยทีมงานโครงการ โดยอธิบายว่าการวิเคราะห์แจ้งการตัดสินใจในการออกแบบและรูปแบบอาคารใน OPR และ BOD ของ โครงการ

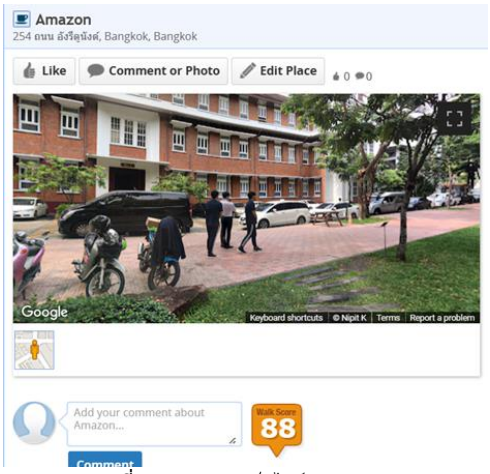
สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนนที่ได้ 1 คะแนน

4.2.2 หมวดที่ 2 ตำแหน่งที่ตั้งและการขนส่ง (Location and transportation , LT)

LT Credit 1 Sensitive and protection หลีกเลี่ยงพื้นที่ก่อสร้างโครงการ ที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางธรรมชาติ โดยการเลือกพื้นที่โครงการที่มีการพัฒนาอยู่ก่อนแล้ว

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน คะแนนที่ได้ 1 คะแนน

LT Credit 3 Surrounding density and diverse uses ตรวจสอบ Walk Score ได้ดังนี้



รูปที่ 2 คะแนนจากเว็บไซต์ walkscore

อ้างอิงจาก Walk score | LEEDuser (buildinggreen.com)

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 5 คะแนน คะแนนที่ได้ 4 คะแนน

LT Credit 4 Access to quality transit สำรวจปริมาณ Trips ของวันธรรมดามีค่ามากกว่า 144 Trips และ สุดสัปดาห์ มีค่ามากกว่า 108 Trips

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 5 คะแนน คะแนนที่ได้ 3 คะแนน

LT Credit 6 Reduced parking footprint ให้ความจุที่จอดรถที่ลดลง 30% ต่ำกว่าอัตราส่วนพื้นฐานสำหรับที่จอดรถตามประเภทอาคาร

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน คะแนนที่ได้ 1 คะแนน

4.2.3 หมวดที่ 3 สถานที่ตั้งเพื่อความยั่งยืน (Sustainable site,SS)

SS Prerequisite 1 Construction activity pollution prevention (ข้อบังคับ) ลดมลภาวะจากโครงการก่อสร้าง โดยการควบคุมการพังทลายของหน้าดิน การกัดเซาะของทางน้ำและฝุ่นละอองของโครงการที่ลมจะสามารถพัดพาไปได้

SS Credit 5 Heat Island reduction ให้ร่มเงาด้วยโครงสร้างที่ครอบคลุมโดยระบบการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน คะแนนที่ได้ 1 คะแนน

4.2.4 หมวดที่ 4 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water efficiency,WE)

WE Prerequisite 1 Outdoor Water use reduction ลดการใช้น้ำภายนอกอาคารอย่างน้อย 30 % โดยคำนวณจาก WaterSense Water Budget Tool

ตารางที่ 1 ตารางสุขภัณฑ์ที่ติดตั้งใหม่ถอดจาก Autodesk Revit

ตารางสุขภัณฑ์ที่ติดตั้งใหม่		
Type	Description	count
วาล์วน้ำชักโครก	3.8 lpf	25
ก๊อกเดี่ยวอ่างล้างหน้า	4.2 L/min	30
โถปัสสาวะชาย	0.5 lpf	15

WE Prerequisite 2 Indoor water use reduction ติดตั้งสุขภัณฑ์ใหม่โดยเลือกใช้ก๊อกน้ำที่ใช้น้ำ 4.2 ลิตรต่อนาที โถส้วมที่ใช้น้ำ 3.8 ลิตรต่อการล้างแต่ละครั้ง และโถปัสสาวะชายที่ใช้น้ำ 0.5 ลิตรต่อการล้างแต่ละครั้ง

WE Prerequisite 3 Building-Level Water Metering ติดตั้งมาตรวัดน้ำและแสดงค่าเป็นข้อมูลสรุปรายเดือนและรายปี และส่งรายงานการใช้น้ำของอาคารให้กับ LEED เป็นระยะเวลา 5 ปี หลังจากอาคารได้รับการรับรอง

WE Credit 1 Outdoor water use reduction ลดการใช้น้ำภายนอกอาคารให้ได้ 100 % โดยคำนวณจาก WaterSense Water Budget Tool

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน คะแนนที่ได้ 2 คะแนน

WE Credit 2 Indoor water use reduction จากรูปที่ 4.2 โถส้วมใช้น้ำ 3.8 ลิตรต่อการกดแต่ละครั้ง เมื่อเทียบกับ Baseline ที่ใช้ 6 ลิตรต่อการกดแต่ละครั้ง คิดเป็นลดได้ 36.7% โถปัสสาวะชายใช้น้ำ 0.5 ลิตรต่อการกดแต่ละครั้ง เมื่อเทียบกับ Baseline ที่ใช้ 3.8 ลิตรต่อการกดแต่ละครั้ง คิดเป็นลดได้ 86.8% ก๊อกน้ำ ใช้น้ำ 4.2 ลิตรต่อนาที เมื่อเทียบกับ Baseline ที่ใช้ 8.3 ลิตรต่อนาที คิดเป็นลดได้ 49.4% เฉลี่ยรวมลดการใช้น้ำในอาคารไปได้ 52.9%

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 6 คะแนน คะแนนที่ได้ 6 คะแนน

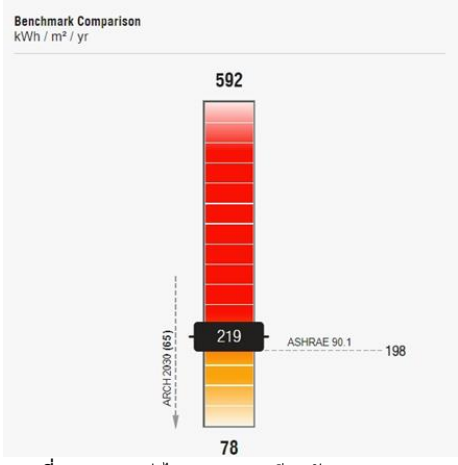
WE Credit 4 Water Metering ทำการติดตั้งมาตรวัดน้ำประปา โดยติดที่ระบบสุขภัณฑ์ภายในอาคาร และติดที่น้ำที่ใช้รดน้ำต้นไม้

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน คะแนนที่ได้ 1 คะแนน

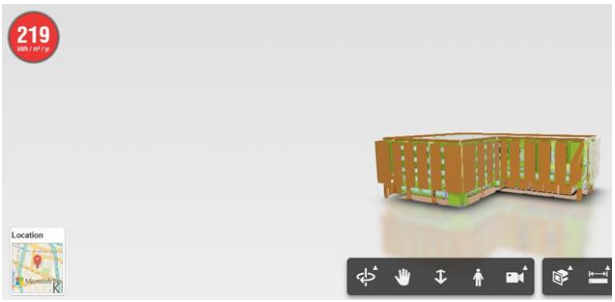
4.2.5 หมวดที่ 5 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and atmosphere, EA)

EA Prerequisite 1 Fundamental Commissioning and Verification Required แต่งตั้งผู้รับผิดชอบในการทดสอบงานระบบของอาคาร

EA Prerequisite 2 Minimum Energy Performance จำลองค่าพลังงานที่ใช้ด้วยโปรแกรม Autodesk Insight นำไปเทียบกับ Baseline Building ตามวิธีของ ASHRAE 90.1-2016 Appendix G ได้ดังรูป



รูปที่ 3 รูปแสดงค่าไฟของอาคารเทียบกับ Baseline ASHRAE 90.1 จากโปรแกรม Autodesk Insight



รูปที่ 4 รูปแสดงการใช้ไฟของอาคารจากโปรแกรม Autodesk Insight

จากรูปจะได้การใช้ไฟฟ้าของอาคาร (ไม่คิดผลของเซลล์แสงอาทิตย์) เท่ากับ 219 kWh/m^2/yr คิดเป็นเท่ากับ 1,488,543 kWh/yr (พื้นที่ 6797 m^2) ซึ่งเทียบกับ Baseline จาก ASHRAE 90.1 ที่คิดเป็น 1,345,806 kWh/yr เมื่อคิดผลจากเซลล์แสงอาทิตย์ (669,848 kWh/yr) จะได้เป็นอาคารใช้ไฟฟ้า 818,695 kWh/yr คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดการใช้ไฟฟ้าได้ 39.17%

ด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ใช้โปรแกรม CPAC KITCARBON ในการคิด ได้ดังนี้

รูปที่ 5 รูปจากโปรแกรม CPAC KITCARBON แสดงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตัวโมเดล

[R1-R3]: SUMMARY

#	Category	First loaded	Saved state	Current
1	Foundation	0.00	0.00	0.00
2	Column Component	0.00	0.00	0.00
3	Beam	0.00	0.00	0.00
4	Floor (Slab edges)	2,731,532.75	0.00	827,583.34
5	Frame	0.00	0.00	0.00
6	Stair and ramps (Landing/ Rune)	47,443.29	0.00	47,443.29
7	Wall Exterior	698,153.35	0.00	698,153.35
8	Curtain Wall	0.00	0.00	0.00
9	Windows Component	2,506,774.28	0.00	13,852.95
10	Doors Component	9,252.78	0.00	98.92
11	Roof Component	0.00	0.00	0.00
12	Wall Interior	0.00	0.00	0.00
13	Ceiling Component	0.00	0.00	0.00
14	Others Component	0.00	0.00	0.00
	Total	5,990,156.45	0.00	1,586,999.85

รูปที่ 6 รูปจากโปรแกรม CPAC KITCARBON สรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตัวโมเดล

จากรูปที่ 5 จะได้ว่าโมเดลปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 1,615.20 tonsCO_2 โดยในโมเดลได้ขาดโครงสร้างเสาและฐานรากโดยสมมติให้ เสาและฐานรากคิดเป็น 40% จะได้ว่า อาคารนี้ปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2,261.28 tonsCO_2

โดย Baseline จะใช้ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในกรุงเทพมหานคร (Limphitakphong et. al., 2020) จะปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 342.47 kgCO_2 /m^2 คิดเป็น 2,852.34 tonsCO_2

ดังนั้น เมื่อเทียบกับ Baseline อาคารนี้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 20.72%

EA Prerequisite 3 Building-Level Energy Metering

ติดตั้งระบบการวัดการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคารนำเสนอข้อมูลการใช้พลังงานทั้งหมดและข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าของอาคารให้กับ USGBC เป็นเวลา 5 ปี นับตั้งแต่วันที่โครงการได้รับการรับรองโดย LEED และมีการติดตามการใช้พลังงานทุกๆ 1 เดือน

EA Prerequisite 4 Fundamental Refrigerant Management Required

ไม่ใช้สาร Chlorofluorocarbon (CFC) หรือ hydro chlorofluorocarbon (HCFC) ในระบบระบายความร้อน ระบบระบายอากาศ และระบบทำความเย็น

EA Credit 1 Enhanced Commissioning ผู้รับผิดชอบทดสอบงานระบบของอาคารต้องตรวจสอบเอกสารที่ผู้รับเหมายื่นมานั้นถูกต้องหรือไม่ และรวมข้อกำหนดของงานระบบไว้ในเอกสารอย่างครบถ้วน และส่งให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทุกส่วน มีการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานและผู้ใช้งานอาคารเกี่ยวกับการใช้งานระบบอาคาร และยืนยันว่ามีการทดสอบตามฤดูกาล ประเมินการทำงานของระบบอาคารหลังใช้งานไปแล้ว 10 เดือน และพัฒนาแผนการทดสอบและตรวจสอบระบบอาคารอย่างต่อเนื่อง

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 6 คะแนน คะแนนที่ได้ 2 คะแนน

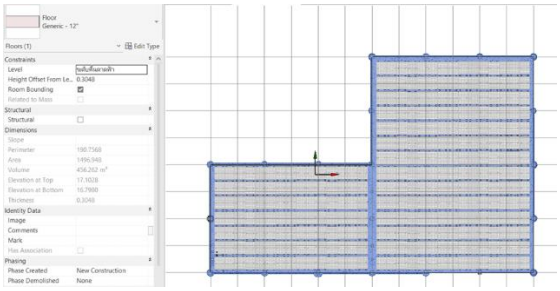
EA Credit 2 Optimize energy performance จาก EA Prerequisite 2 Minimum Energy Performance ในด้านการลดการใช้ไฟฟ้าของอาคาร ลดการใช้ไฟฟ้าเทียบกับ Baseline คิดเป็น 39.17% จากตารางที่ 2-10 จะได้ 8 คะแนน ส่วนของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบกับ Baseline คิดเป็น 20.72 % จากตารางที่ 2-11 จะได้ 4 คะแนน เมื่อนำคะแนนจากการลดการใช้ไฟฟ้ามารวมกับคะแนนจากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะได้ 12 คะแนน

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 18 คะแนน คะแนนที่ได้ 12 คะแนน

EA Credit 3 Advance Energy Metering ติดตั้งระบบตรวจวัดการใช้พลังงาน ที่บันทึกข้อมูลอย่างน้อยทุกๆ 1 ชั่วโมง และส่งสัญญาณได้จากระยะไกล โดยรวบรวมข้อมูลเข้าสู่ข้อมูลส่วนกลาง ผ่านระบบอัตโนมัติของอาคาร และระบบจะต้องสามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างน้อย 36 เดือน และเข้าถึงข้อมูลได้จากระยะไกล รวมถึง เครื่องมือทั้งหมดจะต้องสามารถรายงานข้อมูลพลังงานเป็นรายชั่วโมง, รายเดือน และรายปี ได้

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 6 คะแนน คะแนนที่ได้ 2 คะแนน

EA Credit 5 Renewable Energy ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนดาดฟ้าอาคารโดยนำข้อมูลพื้นที่ที่ติดตั้งได้จากแบบจำลองอาคาร สารสนเทศมาหาจำนวนแผงที่ติดได้และคิดเป็นมูลค่าด้านพลังงานได้



รูปที่ 7 ภาพจากโปรแกรม Autodesk Revit

จากรูป 7 ได้พื้นที่ประมาณ 1496.95 ตารางเมตร แต่ในการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นจะต้องมีพื้นที่ไว้ใช้สำหรับการบำรุงรักษา 30 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ และใช้พื้นที่สำหรับการติดตั้งได้เพียง 70 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หรือ 1047.9 ตารางเมตร (สุรเชษฐ์ ณ เชียงใหม่, 2560) เลือกใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีขนาดเท่ากับ 2.172 x 1.303 เมตร มีพื้นที่รวม 2.830 ตารางเมตร ดังนั้นจึงติดได้ 370 แผง แผ่นละ 620 วัตต์ ราคาที่ 3400 บาทต่อแผง ได้พลังงานโดยรวมต่อปีเป็น 669,848 kWh/y คิดเป็น 45.00 % ของพลังงานที่ใช้ในอาคาร

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 5 คะแนน คะแนนที่ได้ 5 คะแนน

4.2.6 หมวดที่ 6 วัสดุและการก่อสร้าง (Material and resources, MR)

MR Prerequisite 1 Storage and collection of recyclables จัดทำห้องสำหรับคัดแยกขยะและจัดเก็บขยะภายในอาคาร เพื่อสามารถนำขยะไปจัดการต่อได้

MR Credit 1 Building Life-Cycle Impact Reduction มีการนำกำแพง พื้นและหลังคาของอาคารเดิมกลับมาใช้ใหม่เทียบกับพื้นที่อาคารได้เกิน 75%

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 5 คะแนน คะแนนที่ได้ 5 คะแนน

MR Credit 5 Construction and demolition waste management จัดทำแผนการจัดการขยะ และนำขยะจากการก่อสร้างอย่างน้อย 50% ไปรีไซเคิลหรือนำกลับไปใช้ใหม่

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน คะแนนที่ได้ 2

4.2.7 หมวดที่ 7 คุณภาพแวดล้อมในอาคาร (Indoor environmental quality EQ)

EQ Prerequisite 2 Environmental tobacco smoke (ETS) control ไม่มีการจัดพื้นที่สำหรับสูบบุหรี่ภายในอาคาร

EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies มีแผนในการเพิ่มคุณภาพอากาศทำได้ 6 ข้อ ได้แก่ การกรองอากาศ, การออกแบบและคำนวณระบบระบายอากาศด้วยธรรมชาติ, เพิ่มการระบายอากาศได้ 15%, เพิ่มการระบายอากาศได้ 30%, หน้าต่างสามารถใช้งานเปิดปิดได้ 75% และติดตั้งอุปกรณ์แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน คะแนนที่ได้ 2

EQ Credit 5 Thermal Comfort ออกแบบระบบปรับอากาศให้ได้ตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 55-2017

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน คะแนนที่ได้ 1

EQ Credit 6 Interior lighting มีการควบคุมแสง โดยมีหลอดไฟที่สามารถลดเพิ่มความสว่างได้ 90% ของพื้นที่ที่ใช้งานประจำ

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน คะแนนที่ได้ 1

4.2.8 หมวดที่ 8 นวัตกรรมในการออกแบบ (Innovation, IN)

IN Credit 1 Innovation 1. ทำห้องน้ำสำหรับทุกคน ได้ 1 คะแนน 2. การจัดซื้อวัสดุที่ได้รับรองว่ามีคาร์บอนต่ำ โดยลดให้ได้ 30%-60% จะได้ 2 คะแนน

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 5 คะแนน คะแนนที่ได้ 3

IN Credit 2 LEED Accredited professional มีบุคคลที่ผ่านการอบรม และได้รับใบประกาศผู้เชี่ยวชาญมาตรฐาน LEED อยู่ในคณะทำงานของโครงการ

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน คะแนนที่ได้ 1

4.2.9 หมวดที่ 9 การจัดอันดับความสำคัญในระดับภูมิภาค (Regional priority, RP)

เลือกสถานที่เป็นจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเลือกทำดังนี้

ทำ WE Credit 1 Outdoor water use reduction ให้ได้อย่างน้อย 2 คะแนน จะได้รับคะแนนเสริม 1 คะแนน

ทำ WE Credit 2 Indoor water use reduction ให้ได้อย่างน้อย 4 คะแนน จะได้รับคะแนนเสริม 1 คะแนน

ทำ EA Credit 2 Optimize energy performance ให้ได้อย่างน้อย 8 คะแนน จะได้รับคะแนนเสริม 1 คะแนน

ทำ EQ Credit 1 Enhanced indoor air quality strategies ให้ได้อย่างน้อย 2 คะแนน จะได้รับคะแนนเสริม 1 คะแนน

สรุปคะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน คะแนนที่ได้ 4

4.3 ใบแสดงรายการวัสดุและค่าใช้จ่าย

ตารางที่ 2 สรุปราคาค่าใช้จ่าย

รายการ	ราคา
งานสุขภัณฑ์	400,165.00
งานเปลือกอาคาร	3,876,000.00
งานระบบไฟฟ้า	2,447,820.00
รวมราคา	6,723,985.00

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษาเพื่อทำการปรับปรุงอาคารวิศวกรรมโยธาตามเกณฑ์มาตรฐาน LEED V4.1 BD+C ระดับการประเมินอยู่ที่ 60 คะแนน (ระดับ Gold)

หัวข้อ	ชื่อหัวข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
IP	Integrative Process	1	1
LT	Location and Transportation	16	9
SS	Sustainable Sites	12	1
WE	Water Efficiency	11	9
EA	Energy and Atmosphere	33	21
MR	Material and Resources	13	7
EQ	Indoor Environmental Quality	17	4
IN	Innovation	6	4
RP	Regional Priority	4	4
รวม			60

5.2 สรุปค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคาร

ในการปรับปรุงอาคาร มีการปรับปรุงในหมวดงานสุขภัณฑ์เป็นจำนวนเงิน 400,165.00 บาท งานเปลือกอาคาร เป็นจำนวนเงิน 3,876,000.00 บาท งานระบบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นจำนวนเงิน 2,447,820.00 บาท รวมราคาทั้งสิ้น 6,723,985.00 บาท เมื่อรวมค่า Factor F จะคิดราคาเป็น 8,750,000.00 บาท

5.3 สรุปการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารกับมาตรฐาน LEED

จากการศึกษา จะสรุปได้ว่าแบบจำลองสารสนเทศอาคารสามารถใช้กับมาตรฐาน LEED ในหมวด Water Efficiency, Energy and Atmosphere, Material and Resources, Indoor Environmental Quality ซึ่งสามารถช่วยเหลือในการประเมินอย่างมาก

5.4 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

ในการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารมาปรับใช้กับงานอาคารเขียวยังมีข้อจำกัดอยู่มาก ในการศึกษานี้โดยส่วนใหญ่เป็นการออกแบบเบื้องต้น

ไม่ได้มีความแม่นยำมาก เป็นเพียงการประเมินแนวโน้มในการออกแบบเบื้องต้น เช่นในหัวข้อ Energy and Atmosphere Credit 2 Optimize Energy Performance ในการประเมินอย่างละเอียดควรใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร EnergyPlus สร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความละเอียดสูงกว่า หรือในหัวข้อ Indoor Environmental Quality Credit 7 Daylight สามารถใช้โปรแกรม ClimateStudio ช่วยวิเคราะห์แสงในอาคารได้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลือและให้คำแนะนำที่ดียิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. มานพ แก้วโมราเจริญ ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ที่ถ่ายทอดความรู้ที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ และคอยให้คำแนะนำที่ดีเสมอตลอดการศึกษาในคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ชารินี ลิ้มสวัสดิ์, และรศ.ดร.วัชระ เพียรสุภาพ ผู้เป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่สละเวลามาร่วมสอบปริญญานิพนธ์และให้คำแนะนำพร้อมข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงปริญญานิพนธ์ให้สมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เป็นสถานที่บ่มเพาะความรู้แก่ตัวข้าพเจ้า

เอกสารอ้างอิง

[1] สุรเชษฐ์ ณ เชียงใหม่. การพัฒนาอาคารสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ กรณีศึกษาอาคารสำนักงานของ **การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2560

[2] Limphitakphong, N. , Thaipradit, P. , Kanchanapiya, P. , Tantisattayakul, T. , Chavalparit, O. 2020.
Embodied carbon emission of construction materials: A case study of building in Thailand. Int. J. GEOMATE 18:187–193.