ความท้าทายในการใช้แบบจำลองสารสนเทศ (BIM) ในงานก่อสร้างอย่างยั่งยืนสำหรับอนาคต

วิชา โครงงานทางวิศวกรรมโยธา

Guidelines to Make a Manuscript for Submission to the Civil Engineering Project

คเณศวร วชิรปัทมา ทวิวุฒิ ทิพย์เลขา โภไคย สุวรรณชาตรี และ ผศ.ดร.มานพ แก้วโมราเจริญ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเกี่ยวกับความสำคัญที่ต้องมุ่งเน้นในด้านอาคารเขียวอย่างยั่งยืน เนื่องจากในความนิยมปัจจุบันและในอนาคตต่างมีความสนใจในด้านอาคารเขียวเพราะอุตสาหกรรมการก่อสร้างนั้นต้องมีการคำนึงถึงการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากในปัจจุบันนั้นโลกของเรามีผลกระทบสภาวะโลกและหลักในการออกแบบและสร้างอาคารที่ยั่งยืนให้ตรงไปตามเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่ โดยการวิเคราะห์ความท้าทายในการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยเฉพาะการใช้โปรแกรม Autodesk Revit และ Autodesk Insight เพื่อสร้างแบบจำลองสารสนเทศของอาคาร ขึ้นมาแล้วนำมาวิเคราะห์ผลเพื่อใช้ในการออกแบบและสร้างอาคารที่ยั่งยืน จึงสามารถประเมินและวิเคราะห์อาคารวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ให้มีคะแนนจาก 15 คะแนนซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์จนสามารถออกแบบและพัฒนาจนสามรถประเมินคะแนนได้ 60 คะแนนซึ่งผ่านเกณฑ์ระดับ โกลด์ โดยมีงบประมาณที่ใช้ในการพัฒนาประมาณเจ็ดล้านบาทและยังมีค่าดัชนีไฟฟ้าลดลงจาก 265 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี เหลือ 164.04 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

คำสำคัญ: อาคารเขียว, แบบจำลองสารสนเทศอาคาร, เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่

Abstract

This article presents the importance that needs to be focused on sustainable green buildings. Due to the current and future popularity, there is interest in green buildings because the construction industry must consider being environmentally friendly. Because at present our world has an impact on global conditions and principles for designing and building sustainable buildings that meet Thai energy and environmental sustainability assessment criteria. for new construction and renovation projects (TREE-NC) by analyzing challenges in using building information models, especially Autodesk Revit and Autodesk Insight to create building information models. The results are then analyzed for use in designing and building sustainable buildings. Therefore able to evaluate and analyze civil engineering buildings. Chulalongkorn University to have a score of 15 that did not pass the criteria until it was able to be designed and developed until it was able to evaluate the score of 60 points, which passed the Gold level criteria. The development budget is approximately seven million baht and the electricity index has decreased from 265 kilowatts per square meter per year to 164.04 kilowatts per square meter per year.

Keywords: green building, building information models, TREE-NC

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

อาคารเขียว (Green Building) คือ อาคารที่ได้รับการออกแบบและก่อสร้างอย่างพิถีพิถัน โดยคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรพลังงานและ

สิ่งแวดล้อมได้อย่างชาญฉลาด เพื่อให้ได้อาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และใส่ใจต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคาร

เนื่องด้วยสาเหตุที่ต้องมุ่งเน้นในด้านอาคารเขียวอย่างยั่งยืน เนื่องจากในความนิยมปัจจุบันและในอนาคตต่างมีความสนใจในด้านอาคารเขียว เพราะอุตสาหกรรมการก่อสร้างนั้นต้องมีการคำนึงถึงการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากในปัจจุบันนั้นโลกของเรามีผลกระทบสภาวะโลก

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling-BIM)คือเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับวงการงานสถาปัตยกรรม และการก่อสร้างที่เริ่มตั้งแต่การออกแบบอาคารไปจนถึงการก่อสร้างBIMจะเป็นการใช้ระบบคอมพิวเตอร์มาควบคุมกระบวนการต่างๆ

ดังนั้นโครงงานนี้จึงเป็นการมุ่งเน้นในการวิเคราะห์อาคารปฏิบัติการเจริญวิศวกรรมและอาคารวิศวกรรมศาสตร์โยธา ภายใต้เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่ (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability for New Construction and Major Renovation-TREE-NC) โดยวิธีวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อหาคะแนนและเสนอแนวทางปรับปรุงและแก้ไขอาคารให้อาคารได้รับการผ่าน เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับอาคารเขียวอย่างยั่งยืน โดยยึดจากเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่เป็นหลัก ด้วยการจำลองตึกภาควิศวกรรมโยธาและตึกปฏิบัติการเจริญวิศวกรรมของภาควิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยการบูรณาการโดยการใช้โปรแกรม Autodesk Revit จากการขึ้นโมเดลจำลอง และ วิเคราะห์ค่าต่างๆที่ส่งผลกับการเป็นอาคารเขียวและเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจำลองหลายๆแบบร่วมกับ TREES-NC และ ปรับปรุงและออกแบบตึกให้กลายเป็นอาคารเขียวตามเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

- ทราบแนวทางการปรับปรุงอาคารโดยใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารตามเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่
- ทราบแนวทางในการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย

ในปี พ.ศ. 2552 สมาคมสถาปนิกสยามและวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ได้ร่วมกันจัดตั้ง สถาบันอาคารเขียวไทย เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาแนวคิดและส่งเสริมให้เจ้าของอาคาร พัฒนาอาคารไปสู่อาคารเขียวเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม

2.1.1 ประเภทของเกณฑ์ในการรับรองอาคารเขียวที่เลือกใช้ TREES-NC/CS (New Construction and Major Renovation / Core and Shell Building) เกณฑ์การประเมินสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่และอาคารประเภทพื้นที่ส่วนกลางและกรอบอาคาร

2.1.2 การประเมินอาคารเขียว ตามเกณฑ์การประเมินสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่แบ่งออกเป็น 8 หมวดหมู่ดังนี้

- การบริหารจัดการอาคาร (BM : Building Management)
- ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape)
- การประหยัดน้ำ (WC : Water Conservation)
- พลังงานและบรรยากาศ (EA : Energy and Atmosphere)
- วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (MR : Materials and Resources)
- คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (IE : Indoor Environmental Quality)
- การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (EP : Environmental Protection)
- นวัตกรรม (GI : Green Innovation)

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆหลายประการ เช่น ประเภทของอาคาร การออกแบบ รูปร่างอาคาร และวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารตำแหน่งที่ตั้งอาคารความต้องการของผู้ใช้อาคาร ชั่วโมงการใช้งานของอาคาร

2.2.2 การส่องสว่างภายในอาคาร

การส่องสว่างภายในอาคารมีความสำคัญ 2 ประการ คือ การให้แสงสว่างเพื่อใช้งานได้สะดวกสบายและการให้แสงเพื่อให้เกิดความสวยงาม การส่องสว่างภายในเพื่อให้ใช้งานได้นั้น หมายถึง ต้องให้ได้ระดับแสงสว่างอยู่ในเกณฑ์ที่ทำงานได้โดยไม่ต้องเพ่งสายตามากเกินไป ส่วนการส่องสว่างเพื่อความสวยงามก็ต้องอาศัยความศิลป์ในตัว

2.2.3 การระบายอากาศ

การระบายอากาศสำหรับพื้นที่ทั่วไปอัตราการระบายอากาศของอาคารต้องมีไม่น้อยกว่าที่กำหนดในมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

2.2.4 น้ำและการจัดการน้ำเสีย

การลดปริมาณการใช้น้ำอุปกรณ์ประหยัดน้ำต้องได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมด้านสิ่งแวดล้อม การปรับปรุงระบบ

บำบัดน้ำเสีย ควบคุมปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบให้เหมาะสมหรือตามค่าที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพดี

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

Autodesk Revit เป็นซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบงานด้านอาคาร โดยเฉพาะในลักษณะของ CAD โดยใช้หลักการสร้างระบบจำลองสารสนเทศอาคารหรือการสร้างรูปแบบจำลองข้อมูลของอาคาร แทนการเขียนแบบโดยใช้เครื่องมือตัวแปรผันเปลี่ยนสัมพันธ์ โดยสิ่งที่จะได้ติดตามมาคือ แบบก่อสร้าง รายการประกอบแบบต่างๆ ภาพทัศนียภาพและถอดแบบวัสดุก่อสร้างอย่างคร่าวๆได้ รูปแบบของการใช้งานจะเป็นสามมิติและยังเป็นซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบงานด้านอาคารโดยเฉพาะที่สามารถทำงานได้ทั้งรูปแบบ 2 มิติและ 3 มิติโดยมีเครื่องมือสนับสนุนการออกแบบมากมายตั้งแต่การจำลองอาคารง่ายๆ ไปจนถึงการคำนวณฟิสิกส์ต่างๆในอาคาร

3.2 เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย

3.2.1 หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดหัวข้อย่อยในหมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร

หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน
BM P1	การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว	บังคับ
BM 1	การประชาสัมพันธ์สู่สังคม	1
BM 2	คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร	1
BM 3	การติดตามประเมินผลขณะออกแบบ ก่อสร้างและเมื่ออาคารแล้วเสร็จ	1

3.2.2 หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดหัวข้อย่อยในหมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์

หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน
SL P1	การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร	บังคับ
SL P2	การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ	บังคับ
SL 1	การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว	2
SL 2	การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว	6
SL 3	การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน	
SL 3.1	มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ฐานอาคาร	1
SL 3.2	มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น)	1
SL3.3	ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม	1
SL 4	การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม	4
SL 5	การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากการพัฒนาโครงการ	
SL 5.1	มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้งหรือใช้วัสดุสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์สูง	2
SL 5.2	มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่โครงการ	1

3.3.3 หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดหัวข้อย่อยในหมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ

หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน
WC 1	การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	6

3.2.4 หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดหัวข้อย่อยในหมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ

หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน
EA P1	การประกันคุณภาพอาคาร	บังคับ
EA P2	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ	บังคับ
EA 1	ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	20
EA 2	การใช้พลังงานทดแทน	7
EA 3	การตรวจสอบและพิสูจน์ผลเพื่อยืนยันการประหยัดพลังงาน	3
EA 4	สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ	1

3.2.5 หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดหัวข้อย่อยในหมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง

หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน
MR 1	การใช้อาคารเดิม	2
MR 2	การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง	2
MR 3	การเลือกใช้วัสดุใช้แล้ว	2
MR 4	การเลือกใช้วัสดุรีไซเคิล	2
MR 5	การใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ	2
MR 6	วัสดุที่ผลิตหรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ	3
MR 6.1	ใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามฉลากเขียวและฉลากคาร์บอนของประเทศไทยไม่น้อยกว่าร้อยละ 10-20 ของมูลค่าวัสดุก่อสร้างทั้งหมด	2
MR 6.2	ใช้วัสดุที่มีการเผยแพร่ข้อมูลความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของมูลค่าวัสดุก่อสร้างทั้งหมด	1

3.2.6 หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดหัวข้อย่อยในหมวดที่ 6 การบริหารจัดการอาคาร

หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน
IE P1	ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร อัตราการระบายอากาศผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน	บังคับ

IE P2	ความส่องสว่างภายในอาคาร ความส่องสว่างขั้นต่ำผ่านเกณฑ์มาตรฐาน	บังคับ
IE1	การลดผลกระทบมลภาวะ	6
IE 1.1	ช่องนำอากาศเข้าไม่อยู่ตำแหน่งที่มีความร้อนหรือมลพิษ	1
IE 1.2	ความดันเป็นลบ (Negative pressure) สำหรับห้องพิมพ์งาน ถ่ายเอกสาร เก็บสารเคมี และเก็บสารทำความสะอาด	1
IE 1.3	ควบคุมแหล่งมลพิษจากภายนอกเข้าสู่ภายอาคาร	1
IE 1.4	พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศไม่น้อยกว่า 10 เมตร	1
IE 1.5	ประสิทธิภาพการกรองอากาศผ่านเกณฑ์มาตรฐาน	2
IE 2	การเลือกวัสดุที่ไม่ก่อมลพิษ	4
IE2.1	การใช้วัสดุประสาน วัสดุยาแนว และรองพื้น ที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	1
IE 2.2	การใช้สี และวัสดุเคลือบผิว ที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	1
IE 2.3	การใช้พรมที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	1
IE 2.4	การใช้ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบขึ้นจากไม้ที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	1
IE 3	การควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร แยกวงจรแสงประดิษฐ์ทุก 250 ตารางเมตรหรือตามความต้องการ	1
IE 4	การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร ออกแบบให้ห้องที่มีการใช้งานประจำได้รับแสงธรรมชาติอย่างพอเพียง หรือสามารถมองเห็นทัศนียภาพภายนอกอย่างพอเพียง	4
IE 5	สภาวะน่าสบาย อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในส่วนที่มีการปรับอากาศเหมาะสมตามมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	3

3.2.7 หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดหัวข้อย่อยในหมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

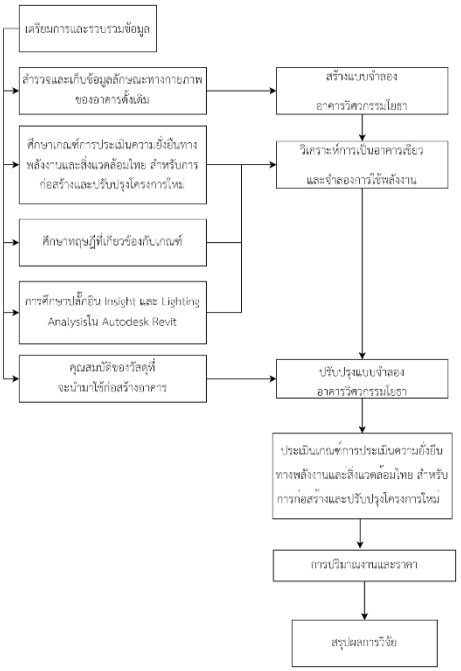
หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน
EP P1	การลดมลพิษจากการก่อสร้าง	บังคับ
EP P2	การบริหารจัดการขยะ	บังคับ
EP 1	ใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยในระบบดับเพลิง	1
EP 2	ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน	1
EP 3	การใช้กระจกภายนอกอาคาร	1
EP 4	การควบคุมโรคที่เกี่ยวข้องกับอาคาร	1
EP 5	ติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย	1

3.2.8 หมวดที่ 8 นวัตกรรม

ตารางที่ 3.8 รายละเอียดหัวข้อย่อยในหมวดที่ 8 นวัตกรรม (Green Innovation)

หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน
GI 1-5	มีเทคนิควิธีที่ไม่ระบุไว้ในแบบประเมิน	5
GI 6	มีTREES-A NC เป็นที่ปรึกษาโครงการ	1

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการ



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการ

4. บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาเพื่อทำการประเมินอาคารตามเกณฑ์ การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย(สำหรับอาคารก่อสร้างและปรับปรุง) โดยใช้อาคารวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระดับคะแนนการประเมินอยู่ที่ 60 คะแนน (ระดับ โกลด์)

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการประเมินทั้ง 8 หัวข้อ ของอาคารวิศวกรรมโยธาก่อนปรับปรุง

หัวข้อ	ชื่อหัวข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
BM	การบริหารจัดการอาคาร	3	0
SL	ผังบริเวณและภูมิทัศน์	18	7
WC	การประหยัดน้ำ	6	0
EA	พลังงานและบรรยากาศ	31	0
MR	วัสดุและทัพยากรในการก่อสร้าง	13	2
IE	คุณภาพและสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร	18	3
EP	การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	5	3
GI	นวัตกรรม	6	0
รวม		100	15

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการประเมินทั้ง 8 หัวข้อ หลังทำการปรับปรุง

หัวข้อ	ชื่อหัวข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
BM	การบริหารจัดการอาคาร	3	1
SL	ผังบริเวณและภูมิทัศน์	18	9
WC	การประหยัดน้ำ	6	5
EA	พลังงานและบรรยากาศ	31	22
MR	วัสดุและทัพยากรในการก่อสร้าง	13	7
IE	คุณภาพและสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร	18	11
EP	การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	5	5
GI	นวัตกรรม	6	0
รวม		100	60

ลำดับที่	รายการ		ค่างานต้นทุน	Factor F	ค่าก่อสร้าง	หมายเหตุ
1	งานโครงสร้าง		37898.00			
	งานสถาปัตยกรรม		1202548.00			
	งานระบบ		4096662.00			
	ราคาก่อสร้างทั้งโครงการ		5337108.00	1.3044994	6962254.18	
	เงื่อนไขการใช้ตาราง Factor F					
	เงินล่วงหน้าจ่าย	0.00%				
	เงินประกันผลงาน	0.00%				
	ดอกเบี้ยเงินกู้	7.00%				
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม	7.00%				
				รวมค่าก่อสร้าง	7000000.00	

ภาพที่ 4.1 ตารางสรุปค่าปรับปรุงตึกวิศวกรรมโยธา

4.2 สรุปผลการวิจัยจากปริมาณงานและราคา

จากการคำนวณปริมาณงานและราคา ต้องใช้เงินลงทุนเป็นเงิน 7,000,000 บาท โดยค่าดัชนีไฟฟ้าลดลงจาก 265 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี เหลือ 164.04 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี

กิตติกรรมประกาศ

ด้วยความเคารพอย่างสูง ผมขอแสดงความขอบคุณอย่างสุดซึ้งไปยังผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ แก้วโมราเจริญ, รองศาสตราจารย์ ดร.ชารินี ลิ้มสวัสดิ์, และรองศาสตราจารย์ ดร.วัชระ เพียรสุภาพ ที่ได้ให้การสนับสนุน คำแนะนำ และทิศทางที่มีค่าอย่างยิ่งตลอดระยะเวลาในการทำโครงงานนี้

คำแนะนำและการสนับสนุนจากท่านทั้งสาม ไม่เพียงแต่ช่วยให้เรามีแนวทางที่ถูกต้องในการพัฒนางานวิจัย แต่ยังเป็นแรงบันดาลใจให้เรามุ่งมั่นต่อการทำงานอย่างไม่ลดละ เพื่อผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ ไม่เพียงแค่ความรู้ทางวิชาการเท่านั้นที่ท่านได้มอบให้ แต่ยังรวมถึงคำสอนทางด้านจริยธรรมและความเป็นมืออาชีพ

ความก้าวหน้าและความสำเร็จของโครงงานนี้ จึงเป็นผลมาจากการสนับสนุนและคำแนะนำจากท่านทั้งสามอย่างมาก ขอให้ท่านทราบว่าความสำเร็จนี้มีส่วนของท่านอย่างไม่มีวันลืม และขอขอบคุณจากใจจริงสำหรับทุกสิ่งที่ท่านได้มอบให้

สุดท้ายนี้ หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องประการใด ทางคณะผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย และหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่ผู้อ่านและผู้ที่สนใจ

เอกสารอ้างอิง

[1] AFRICVS, "Portfolio-Category Trees," 2566. [Online]. Available: https://africvs.com/portfolio-category/trees/.

[2] BSG Glass. "Solar X Max." https://www.bsgglass.com/new/th/home1/ProductInfoSOLARXMax.php (accessed.

[3] Green Lable THAILAND, "รายชื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้การรับรองฉลากเขียว," 2567. [Online]. Available: https://www.tei.or.th/greenlabel/labs.html.

[4] กรมบัญชีกลาง, "ตาราง Factor F งานก่อสร้างอาคาร," 2566.

[5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, "คู่มือชุดความรู้ การอนุรักษ์พลังงานสำหรับสถานศึกษา," 2550.

[6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, "พัฒนาฐานข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และระบบเชื่อมโยงฐานข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทย," 2565.

[7] กองพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, "ข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานจัดเก็บทั่วประเทศ จำนวน 38 สถานี ย้อนหลัง 5 ปี," 2565.

[8] นายปวเรศ ถาวรประเสริฐ, "การศึกษาความเป็นไปได้การลงทุนอาคารเขียวตามเกณฑ์ประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม," 2558.

[9] คณะอนุกรรมการจัดทำหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวสถาบันอาคารเขียวไทย ด้วยความร่วมมือระหว่าง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ และสมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์, "Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability For New Construction and Major Renovation," 2563.

[10] Thailand Textile Institude สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, "ฉลากสิ่งแวดล้อม (ECO LABELLING)," 2561. [Online]. Available: https://www.thaitextile.org/th/insign/detail.270.1.0.html.

[11] กลุ่มออกแบบและก่อสร้าง สำนักอำนวยการสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, "บัญชีราคาค่าวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงาน," 2567.