

**การวางแผนโครงการปรับปรุงอาคารตามแนวคิดการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ :
ตัวอย่างการประยุกต์ของอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

**Planning a retrofitting project of net-zero energy buildings: An application example of the
laboratory building of Civil Engineering Department at Chulalongkorn University**

ณิชาธิ์ วารุณประภา¹ กรวิษญ์ ประกอบกิจ² และ วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์³

^{1,2,3} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การวางแผนและพัฒนาอาคารในปัจจุบันมีความสำคัญอย่างยิ่งในการลดการใช้พลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงเกิดแนวคิดในการออกแบบและปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ให้มีสมรรถนะการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุดตามแนวทางของอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Buildings: NZEBs) โดยอาศัยแนวคิดการออกแบบองค์รวมในการวางแผนปรับปรุงอาคารเดิม และการใช้พลังงานหมุนเวียน โดยโครงการนี้มุ่งเน้นการศึกษาการวางแผนในระยะเริ่มต้นก่อนเริ่มโครงการปรับปรุงอาคาร โดยมีตัวอย่างการประยุกต์ใช้แนวทางที่วางแผนกับอาคารปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ให้เป็น NZEBs โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลด้านพลังงาน และการวางแผนระบบดิจิทัลอย่าง Building Information Modeling (BIM) ประกอบกับการประเมินตัวชี้วัดความเข้มการใช้พลังงาน (EUI) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ วางแผนแนวทางสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการออกแบบโครงการ NZEBs ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในประเทศไทยและสามารถนำไปพัฒนาต่อในระยะก่อสร้างจริง

คำสำคัญ: อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์, การปรับปรุงอาคาร, การวางแผนโครงการ, ระยะก่อนการก่อสร้าง, พลังงานหมุนเวียน

Abstract

The planning and development of buildings today are of critical importance in reducing energy consumption and environmental impact. As a result, the concept of designing and retrofitting existing buildings to achieve maximum energy performance has emerged, in accordance with the principles of Net Zero Energy Buildings (NZEBs). This approach relies on integrated design strategies and the adoption of renewable energy sources. This project focuses on the early-stage planning process prior to the initiation of building retrofit projects. It presents a case study of applying the planned approach to the laboratory building of the Department of Civil Engineering at Chulalongkorn University, with the objective of transforming it into an NZEB. The study utilizes energy performance analysis tools and digital planning technologies such as Building Information Modeling (BIM), combined with the evaluation of key indicators like Energy Use Intensity (EUI). The results of the analysis provide a preliminary framework that can guide the design of NZEBs suited to Thailand's environmental context and support further development during the construction phase.

Keywords: Net-zero energy building, Retrofitting, Project planning, Pre-construction phase, Renewable energy

1 คำนำ

ความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในประเทศไทย ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูง และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความมั่นคงทางพลังงานของประเทศ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ภาครัฐได้ให้ความสำคัญกับการวางนโยบายพลังงานระยะยาวที่เน้นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน รวมถึงเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิให้เป็นศูนย์ (Net Zero Emission) ภายในปี พ.ศ. 2613 ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มระดับโลกในการพัฒนาอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ หรือ Net Zero Energy Buildings (NZEBS) [1]

แนวคิด NZEBS มุ่งเน้นการออกแบบและปรับปรุงอาคารให้มีการใช้พลังงานต่ำที่สุด พร้อมทั้งสามารถผลิตพลังงานสะอาดทดแทนขึ้นมาใช้เองในอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของการปรับปรุงอาคารเดิม (Retrofitting) ซึ่งเป็นทางเลือกที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถลดคาร์บอนสะสมจากการก่อสร้างใหม่ และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ปัจจุบันการปรับปรุงอาคารเดิมให้กลายเป็น NZEBS ได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 40% ของเป้าหมายการลดคาร์บอนในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ประสิทธิภาพ [2]

อย่างไรก็ตาม การเลือกแนวทางการปรับปรุงอาคารไม่ได้ขึ้นอยู่กับการพิจารณาด้านเทคนิคหรือต้นทุนเพียงอย่างเดียว แต่จำเป็นต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในหลายระดับ ไม่ว่าจะเป็นเจ้าของอาคาร ผู้ออกแบบ ผู้เช่า หน่วยงานท้องถิ่น หรือภาครัฐ ซึ่งล้วนมีบทบาทในการกำหนดแนวทางที่เหมาะสมและยอมรับได้ในทางปฏิบัติ การทำความเข้าใจบริบทเหล่านี้จึงเป็นสิ่งสำคัญต่อความสำเร็จของโครงการปรับปรุงอาคารสู่การเป็น NZEB อย่างแท้จริง [2]

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแนวทางการวางแผนโครงการปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building) ในระยะเตรียมการ ในฐานะของผู้บริหารโครงการ เพื่อสนับสนุนการทำงานของผู้บริหารโครงการที่ได้รับมอบหมายให้บริหารโครงการปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยแนวทางที่จัดทำขึ้นครอบคลุมภาพรวมโครงการ การกำหนดขอบเขตการก่อสร้าง ระบุหน่วยงานและผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆที่ต้องประสานงานร่วมกัน ผลลัพธ์ของการจัดทำแนวทางนี้จะช่วยเพิ่มความชัดเจนและลดความซับซ้อนในการดำเนินงาน

การวิจัยนี้จะช่วยสร้างแนวทางการวางแผนโครงการที่ชัดเจนสำหรับการปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ในระยะเตรียมการ ทำให้ผู้บริหารโครงการสามารถดำเนินการวางแผนได้อย่างมีระบบ ลดความซับซ้อนในการประสานงานและการกำหนดขอบเขตงาน ส่งผลให้การพัฒนาโครงการสอดคล้องกับเป้าหมายด้านการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ รองรับการก้าวสู่แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน

2 การทบทวนวรรณกรรม

อาคารที่มีพลังงานสุทธิเท่ากับ หรือ Net zero energy buildings (NZEBS) เป็นอาคารที่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้าซึ่งมีประสิทธิภาพด้านพลังงานสูง NZEBS จะปรับสมดุลการใช้พลังงานหลักเพื่อให้

พลังงานหลัก ที่ป้อนเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าหรือเครือข่ายพลังงานอื่นๆ ให้เท่ากับพลังงานหลักที่ส่งไปยัง NZEBS จากเครือข่ายพลังงาน การใช้พลังงานหลักที่สมดุลในแต่ละปีเท่ากับ 0 kWh/(m² a) [3]

การปรับปรุงอาคารให้เป็น NZEBS ต้องเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความไม่แน่นอนด้านการลงทุนและความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น การวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงานจึงมีความสำคัญ ไม่เพียงช่วยลดต้นทุนในระยะยาว แต่ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานภายในอาคาร [4]

Building Information Modelling (BIM) คือ กระบวนการที่ครอบคลุมการสร้าง จัดการ และแบ่งปันข้อมูลแบบดิจิทัลของอาคารหรือโครงสร้างพื้นฐานตลอดวงจรชีวิตของสินทรัพย์ ตั้งแต่แนวคิด ออกแบบ ก่อสร้าง ไปจนถึงการใช้งานและรื้อถอน BIM ไม่ใช่แค่ซอฟต์แวร์หรือโมเดล 3 มิติ แต่คือวิธีการบริหารจัดการข้อมูลอย่างมีโครงสร้าง โดยผสมผสานข้อมูลทางกายภาพและข้อมูลการดำเนินงานเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจที่ดีขึ้น ลดความเสี่ยง ประหยัดเวลาและต้นทุนทั้งในระหว่างการดำเนินงาน โครงการและการบริหารสินทรัพย์หลังการก่อสร้าง [5] กระบวนการสร้างแบบจำลอง BIM เพื่อการประเมินประสิทธิภาพของอาคารในระบบ BIM นั้น ผู้ใช้จะต้องทำการบันทึกข้อมูลลงไปในแบบจำลองในด้านต่าง ๆ โดยประกอบด้วย ข้อมูลสภาพอากาศ (Weather Data) ข้อมูลวัสดุอาคาร (Material Properties) ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งานพื้นที่ (Internal Load) ข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของพื้นที่และการใช้งาน (Space Type) เพื่อพัฒนาให้เป็นแบบโมเดลสำหรับการประเมินพลังงาน (Energy Simulation Model) เพื่อใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ต่อไป [6]

3 ระเบียบการวิจัย

3.1 ทบทวนและวิเคราะห์ แนวคิด ทฤษฎี และมาตรฐาน

3.1.1 การคำนวณพลังงาน

ต้องใช้การวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นการใช้พลังงาน (EUI) โดย EUI มีบทบาทในการวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร และช่วยกำหนดกลยุทธ์ในการลดการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดก่อน จากนั้นจึงดำเนินการออกแบบและติดตั้งระบบผลิตพลังงานหมุนเวียนให้เหมาะสมกับความต้องการพลังงานสุทธิที่ลดลงแล้ว [7]

การใช้เทคโนโลยี Building Information Modeling (BIM) สามารถเป็นเครื่องมือสำคัญในการรวบรวมและจัดการข้อมูลที่เป็นจำเป็นสำหรับการวิเคราะห์พลังงานของอาคารอย่างเป็นระบบ โดยโมเดล BIM จะต้องมีการเชื่อมโยงตามข้อกำหนด เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์จำลองพลังงานหรือโมดูล Energy Analysis ที่อยู่ภายในระบบ BIM เองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1.2 แนวคิดการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ให้เป็นอาคาร NZEBS

(a) การปรับปรุงการออกแบบเชิงรับ (Passive Design Improvements)

แนวทางนี้มุ่งลดความต้องการใช้พลังงานตั้งแต่ต้นทาง เช่น แสงสว่างและระบบทำความเย็น โดยการใช้แสงธรรมชาติ การเพิ่มฉนวนกันความร้อน และการลดค่า U-Value ของวัสดุก่อสร้าง ซึ่งช่วยลดการถ่ายเทความร้อน [8] รวมถึงการใช้หน้าต่างกระจกสองชั้นแบบ Double-Glazing ที่ช่วยลดค่าไฟฟ้าได้ถึง 52% ในปัจจุบัน และ

49% ในอนาคต [9] อีกทั้งการใช้ Shading Systems, Green Roof และการเพิ่มประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติและการระบายอากาศสามารถลดภาระพลังงานระบบระบายอากาศได้ถึง 20% ในส่วนของวัสดุก่อสร้าง การทาสีผนังภายนอกด้วยสีสะท้อนความร้อน และลด U-Value ของผนังและเพดานลงอย่างมีนัยสำคัญ [10] ส่วน การใช้ผนังสองชั้นพร้อมมู่ลี่ภายในและภายนอกสามารถลดการใช้พลังงานได้สูงถึง 52% [11] ขณะเดียวกันการออกแบบปรับเปลี่ยน (Adaptive Redesign) ก็เป็นอีกหนึ่งกลยุทธ์สำคัญ โดยอาศัยการวิเคราะห์รูปร่าง ทิศทาง และปริมาณของอาคาร ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการใช้พลังงาน [12]

(b) เทคโนโลยีอาคารขั้นสูง (Advanced Building Technology)

ระบบประสิทธิภาพสูง เช่น HVAC และระบบแสงสว่าง LED พร้อมเซ็นเซอร์ตรวจจับการใช้งาน ช่วยลดการใช้พลังงานได้ถึง 30% [8] [13] การควบคุมอุณหภูมิของหอหล่อเย็น (Cooling Tower) ให้มี ΔT ไม่เกิน 6°C ช่วยลดพลังงานของระบบระบายความร้อนได้มากถึง 11.9% [14] ขณะมีการศึกษาโรงแรมกว่า 610 แห่งในยุโรป พบว่าการปรับปรุงระบบฮีลเลอร์สามารถลดพลังงานได้ 5–30% จากค่า EUI เดิมที่ 305–330 kWh/m²/ปี [15]

(c) แหล่งพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy Sources)

แผงโซลาร์เซลล์ (PV Panels) เป็นองค์ประกอบสำคัญของขั้นตอน "Reduce – Optimize – Generate" โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดเขยพลังงานที่อาคารใช้ [8] ทั้งนี้ การติดตั้ง PV มักผสมผสานกับพื้นที่ Roof Gardens ที่ได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับฟังก์ชันการใช้งานของอาคาร เพื่อเพิ่มความยั่งยืนในการใช้พื้นที่

ขั้นตอนการพัฒนาอาคารสู่ NZEBs ไว้เป็นลำดับ ได้แก่ การรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของอาคาร การสร้างแบบจำลองพลังงาน การจำลองพลังงานแบบไดนามิก และการวิเคราะห์ต้นทุน เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนด้านพลังงานหมุนเวียนและมาตรการอนุรักษ์พลังงานอื่น ๆ อย่างเป็นระบบ [16]

3.2 วิเคราะห์และทบทวนแนวทางการบริหารโครงการ

การวางแผนปรับปรุงอาคารให้เป็น NZEBs จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการที่มีความครอบคลุมและเป็นระบบ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางของ Weiss et al. (2020) และ Khodeir et al. (2016) พบว่าแม้ทั้งสองจะมีเป้าหมายเพื่อยกระดับประสิทธิภาพอาคารและส่งเสริมความยั่งยืน แต่แตกต่างกันในด้านวิธีการและเครื่องมือ

Weiss et al. (2020) มุ่งเน้นกระบวนการออกแบบแบบบูรณาการ (Integrated Design Process) ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่แนวคิด การอนุญาต และการออกแบบทางเทคนิค โดยใช้เครื่องมือขั้นสูง เช่น แบบจำลองพลังงาน (Simulation), Building Information Modeling (BIM), การประเมินวงจรชีวิต (LCA) และการทดสอบการใช้งานจริง (Commissioning) เพื่อบรรลุเป้าหมายด้านพลังงานอย่างเป็นรูปธรรม [17]

ในขณะที่ Khodeir et al. (2016) เน้นการวางแผนการปรับปรุงอาคารด้วยกรอบการตัดสินใจที่เป็นระบบ โดยเริ่มจากการประเมินข้อมูลพื้นฐาน การตั้งเป้าหมาย การวิเคราะห์ทางเลือก การวางแผนกลยุทธ์ และการประเมินผลลัพธ์ทั้งในด้านพลังงานและเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีจุดเด่นด้านความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับใช้กับอาคารหลากหลายประเภท [18]

โดยสรุป แนวทางของ Weiss เหมาะกับโครงการที่มีทรัพยากรเพียงพอและต้องการผลลัพธ์ทางเทคนิคที่ชัดเจน ขณะที่แนวทางของ Khodeir เหมาะกับโครงการที่ต้องการความยืดหยุ่นและมองภาพรวมด้านผลตอบแทนอย่างรอบด้าน อย่างไรก็ตาม การผสมผสานแนวทางทั้งสองเข้าด้วยกัน จะช่วยเสริมจุดแข็งของกันและกัน โดยใช้แนวทางของ Khodeir ในการวางแผนเบื้องต้น และนำแนวทางของ Weiss มาใช้ในส่วนตอนออกแบบและดำเนินการเชิงเทคนิค เพื่อให้การปรับปรุงอาคารบรรลุเป้าหมาย NZEB ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

3.3 กำหนดขอบเขตและการดำเนินการของกิจกรรมก่อสร้าง

วิเคราะห์กระบวนการวางแผนโครงการ กำหนดขอบเขตการก่อสร้าง และกิจกรรมของการปรับปรุงอาคารให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐาน

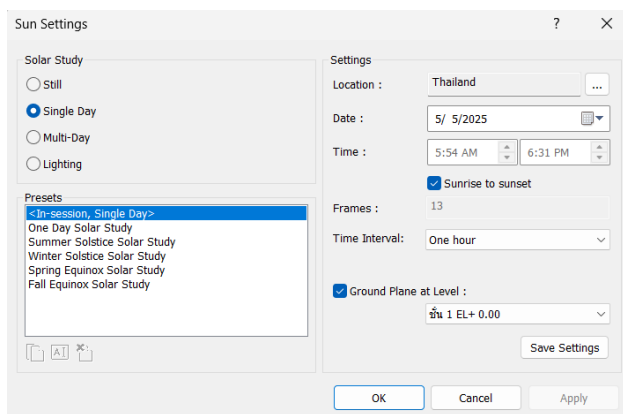
3.4 วิเคราะห์บทบาทของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องในโครงการ

วิเคราะห์บทบาทและความรับผิดชอบของผู้เกี่ยวข้องในโครงการ เช่น ผู้บริหารโครงการ นักออกแบบ วิศวกร และที่ปรึกษาด้านต่างๆ เพื่อเข้าใจในการประสานงานกันของแต่ละฝ่ายในการปรับปรุงอาคารตามขอบเขตการก่อสร้างและกิจกรรมที่ได้กำหนด จากโครงการปรับปรุงอาคารให้เป็น NZEBs

3.5 จัดทำแนวทางการวางแผนโครงการระยะก่อนก่อสร้าง

จัดทำแนวทางการบริหารจัดการโครงการในระยะเตรียมการมุ่งเน้นให้โครงสร้างการดำเนินงานที่เป็นระบบ ลดความซับซ้อนในการบริหารโครงการในระยะเตรียมการ และเพิ่มความชัดเจนในกระบวนการทำงาน โดยเป็นแนวทางการสื่อสารและการประสานงานระหว่างฝ่ายต่างๆ การจัดทาระบบข้อมูลและเอกสารที่จำเป็น การจัดสรรทรัพยากร และการกำหนดมาตรการควบคุมที่จำเป็น ทั้งในด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การจัดทำแนวทางการนำเครื่องมือดิจิทัลมาใช้เพื่อช่วยในการบริหารโครงการและสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารโครงการ ทั้งหมดนี้มีเป้าหมายเพื่อให้โครงการสามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่น การสื่อสารกับเจ้าของโครงการและผู้เกี่ยวข้อง

การนำ BIM มาใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์พลังงาน ในการวิเคราะห์ระยะเงา ทำได้โดยการตั้งค่าทิศของโมเดลให้สอดคล้องกับทิศจริง (True North) โดยใช้ฟังก์ชัน Rotate True North ในโปรแกรม Revit และใช้ฟังก์ชัน Solar Study ในการจำลองตำแหน่งของพระอาทิตย์และการทอดเงา โดยกำหนดค่าตำแหน่งที่ตั้งตามภูมิศาสตร์ของโครงการ ดังรูปที่ 1 เพื่อแสดงผล Simulation ของตำแหน่งพระอาทิตย์และระยะเงาที่เกิดขึ้นกับแบบจำลองอาคาร



รูปที่ 1 แสดงตั้งค่าตำแหน่งที่ตั้งตามภูมิศาสตร์ของโครงการ
ในโปรแกรม Revit

3.6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลจากการศึกษาและวิเคราะห์แนวทางที่พัฒนาขึ้น ประเมินประสิทธิภาพของแนวทางบริหารจัดการโครงการที่นำเสนอ และจัดทำข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในโครงการจริง รวมถึงแนวทางปรับปรุงเพื่อให้สามารถใช้เป็นต้นแบบสำหรับโครงการอื่น ๆ ที่ต้องการดำเนินได้ในอนาคต

4 ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ให้เป็น NEZBs

จากตัวอย่างโครงการของ ธนาคารแห่งประเทศไทย [19] กระทรวงพลังงาน [20] และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [21] จะสามารถสรุปบทบาทของผู้เชี่ยวชาญในงานวิจัยผู้ที่มีหน้าที่ในการวางแผนโครงการทั้งหมดและเป็นคนที่ต้องประสานงานกับทางเจ้าของโครงการหรือผู้ลงทุนคือ วิศวกรจัดการงานก่อสร้าง โดยมีผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในแต่ละฝ่าย ในส่วนของการประมาณราคาจะต้องมีฝ่ายจัดซื้อในการตรวจสอบราคา และทีมในการวางแผนงานออกแบบจะประกอบไปด้วยวิศวกรโครงสร้าง วิศวกรระบบ สถาปนิก และ BIM Manager เนื่องจากการวางแผนปรับปรุงอาคารของโครงการได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาด้วยจึงต้องมีผู้เชี่ยวชาญด้าน BIM เข้ามาช่วยในการจัดทำวางแผนการออกแบบโครงการ โดยจะสามารถเขียนแผนผังผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้ดังรูปที่ 2

4.2 แนวทางในการปรับปรุง

จากแนวทางปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ สามารถวิเคราะห์และสาธิตมาทั้งหมด 3 วิธีหลัก นั่นคือ Passive design improvement, Advanced building technology และ Renewable energy sources และรายละเอียดในการดำเนินการในแต่ละแนวทาง ดังตารางที่ 1

4.3 ขั้นตอนการดำเนินการวางแผน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมในบทบทวนวรรณกรรมและแนวทางการดำเนินการข้างต้น จะสามารถวิเคราะห์แบ่งขั้นตอนการดำเนินการในการวางแผนโครงการในมุมมอง บทบาทของ Construction management ได้ออกเป็นทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดัง

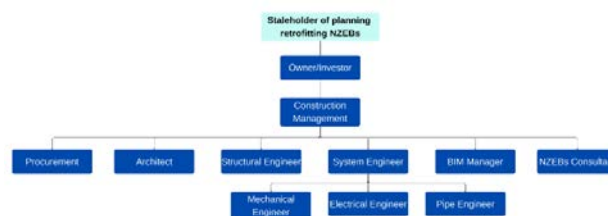
ขั้นตอนแรกคือ Demand Planning ขั้นตอนนี้บทบาทของ Construction Manager จัดตั้งทีมงาน กำหนดขอบเขตหน้าที่ที่ส่วน Architect, Structural Engineer, System Engineer, BIM Manager จะร่วมประเมินอาคารเดิม โดยมีการดำเนินการ คือ การวางแผนเป้าหมายโครงการ ศึกษาความเป็นไปได้ รวบรวมข้อมูลอาคารเดิม และกำหนดกลยุทธ์เบื้องต้น

ขั้นตอนที่สองคือ Conceptual Design ขั้นตอนนี้บทบาทของ Architect ออกแบบแนวคิดที่สอดคล้องกับ NZEBs Structural Engineer, System Engineer ออกแบบโครงสร้างจริงจากแบบสถาปนิก ส่วน BIM Manager จะทำการสร้างแบบจำลอง BIM สำหรับวิเคราะห์พลังงาน NZEB Consultant มีหน้าที่ให้คำแนะนำเชิงลึกด้านพลังงาน โดยการดำเนินการคือ จำลองพลังงานอาคาร เปรียบเทียบทางเลือก ประสานความร่วมมือข้ามสาขาเพื่อกำหนดแนวคิดที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่สามคือ Authorization Planning ขั้นตอนนี้บทบาทของ Architect, Engineer, BIM Manager มีหน้าที่ทบทวนส่งมอบแบบและข้อมูลประกอบ NZEB Consultant จะให้คำปรึกษาด้านประสิทธิภาพพลังงาน โดยการดำเนินการ จัดเตรียมแบบร่างเพื่อขออนุมัติ ยื่นขอทุนหรือการสนับสนุน และปรับปรุงแบบตามความเห็นผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่สี่คือ Technical Design ขั้นตอนนี้บทบาทของฝ่ายที่มีหน้าที่ออกแบบ จะทำการพัฒนาแบบรายละเอียดและ Specification BIM Manager จะเสริมข้อมูลทางเทคนิคในแบบจำลอง โดยการดำเนินการ จะพัฒนาแบบก่อสร้าง รายละเอียดโครงสร้าง ระบบ และวัสดุ วิเคราะห์จุดสูญเสียพลังงาน ปรับใช้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน

ขั้นตอนสุดท้ายคือ Tender Contracts ขั้นตอนนี้บทบาทของ Construction Manager & Owner บริหารจัดการงานประกวดราคา ทีมออกแบบ จะเปรียบเทียบและประเมินข้อเสนอผู้รับเหมา โดยการดำเนินการ จะต้องเตรียมเอกสารประกวดราคา เพื่อคัดเลือกผู้รับเหมา เปรียบเทียบ และมีการรับประกันเป้าหมายพลังงาน



รูปที่ 2 ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการ

ตารางที่ 1 แนวทางดำเนินการปรับปรุงอาคาร

Method	Action
1. Passive Design Improvements	Improve Daylight Factor Optimize Building Envelope (Construction + Insulation) Optimize Insulation Improve Window to Wall Ratio Construction Detail – Heat Bridges Air Tightness Natural Ventilation Mechanical Ventilation Cooling Strategies Flexibility & Adaptability Efficient Space Design Optimize Solar Gains / Solar Control Ascension of Thermal Mass Efficient Use of Materials
2. Advanced Building Technologies	Heat Pumps Energy Recovery Systems Energy Flexibility – Demand Response
3. Renewable Energy Sources	Renewable Energy – Photovoltaics Renewable Energy – Solar Thermal Systems Storage Facilities

4.4 ตัวอย่างการประยุกต์ อาคารอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.1 ข้อมูลทั่วไปของอาคาร

จากข้อมูลของส่วนกลางคณะวิศวกรรมศาสตร์ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา เป็นอาคาร 2 ชั้น มีพื้นที่ชั้น 1 มีขนาด 1,782 ตร.ม. และพื้นที่ชั้น 2 มีขนาด 1,396 ตร.ม. รวมพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 3,178 ตร.ม.

4.4.2 การใช้พลังงานและค่าใช้จ่าย

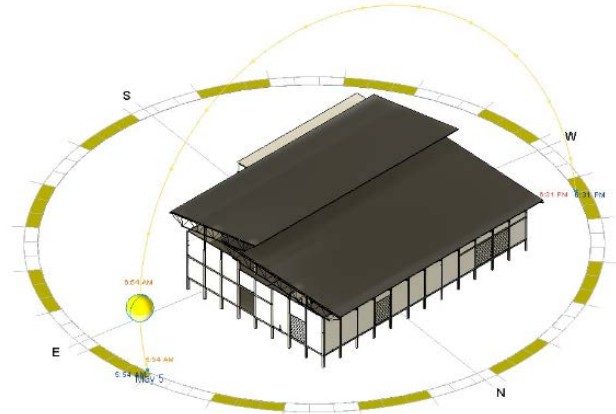
จากบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2567 2,682 kWh/ปี โดยมีอัตราค่าไฟฟ้าที่คณะถูกเรียกเก็บ 6 บาท/หน่วย ดังนั้นทำให้ในปี พ.ศ. 2567 อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธามีค่าไฟฟ้ารวมทั้งปี เท่ากับ $2,682 \times 6 = 16,092$ บาท/ปี

4.4.3 การปรับปรุงโดยใช้แนวทาง Passive design improvement

สำหรับการลดความต้องการใช้พลังงานของอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา ที่ตั้งอยู่ในประเทศไทย ซึ่งมีสภาพอากาศร้อนชื้นและแสงแดดแรงตลอดทั้งปี การใช้แสงธรรมชาติ และการลดความร้อนเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงขึ้น อาคารเหมาะสมในการปรับปรุงส่วนห่อหุ้มอาคาร (Building Envelope) โดยการ

พิจารณาทิศทางของแดด ดังรูปที่ 3 และผลกระทบที่มีต่ออาคารในสภาพอากาศร้อนชื้นของประเทศไทยดังรูปที่ ... ได้เลือกแนวทางการปรับปรุงในแต่ละทิศของอาคารดังตารางที่ 2

การปรับปรุงส่วนห่อหุ้มอาคารหลังการออกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ มีโอกาสจะช่วยลดความต้องการใช้พลังงานของอาคาร ช่วยลดการใช้พลังงานได้ 11.83%



รูปที่ 3 การจำลองอาคารปฏิบัติการปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 แนวทางการปรับปรุงส่วนห่อหุ้มอาคาร

ทิศ	พื้นที่ (ตร.ม.)	แนวทางการปรับปรุง
ตะวันออก	286	ใช้แสงธรรมชาติ กระจกกรองแสง
ตะวันตก	276	ใช้มู่ลี่/ผนังสะท้อนแสง ลดความร้อน
เหนือ	285	ใช้หน้าต่างกรองแสงแสง ธรรมชาติไม่ร้อน
ใต้	357	ใช้ฉนวนกันความร้อน (Polystyrene/Fiberglass)

4.4.4 การปรับปรุงโดยใช้แนวทาง Renewable energy sources ด้วยวิธีการติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV)

สำหรับการปรับปรุงพลังงานทดแทน การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธานี้มีหลังคาทั้งหมด 2 แผ่น โดยแต่ละแผ่นมีขนาดความกว้าง 20.2 เมตร และความยาว 48 เมตร แต่แผ่นที่เหมาะสมที่สุดคือแผ่นที่หันหน้าออกทิศใต้ ทิศใต้เป็นทิศที่ดีที่สุดในการติดตั้งโซลาร์เซลล์ เพราะเป็นทิศที่ได้รับแสงแดดตลอดทั้งวัน ขนาดแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้ในการติดตั้งมีขนาด 1 เมตร x 2 เมตร หรือ 2 ตารางเมตรต่อแผง โดยในการติดตั้งควรเอียงแผงเล็กน้อยประมาณ 13.5 องศา เพื่อให้โซลาร์เซลล์สามารถรับกับแสงแดดได้อย่างเต็ม การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์จะต้องคำนึงถึงช่องว่างระหว่างแผงเพื่อไม่ให้แสงทับกัน และพื้นที่สำหรับซ่อมบำรุง โดยกำหนดให้มีช่องว่างระหว่างแผง 1 เมตร เฉพาะในด้านกว้าง

ดังนั้นในแนวกว้าง (20.2 เมตร) สามารถติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ได้ 10 แผง และในแนวยาว (48 เมตร) สามารถติดตั้งแผงได้ 24 แผง เมื่อคำนวณจำนวนแผงทั้งหมดจากทั้งสองแนว จะได้จำนวนแผงทั้งหมดที่สามารถติดตั้งได้บนหลังคาหนึ่งแผ่น คือ 240 แผง ซึ่ง

แต่ละแผ่นมีน้ำหนักประมาณ 22 กิโลกรัม ดังนั้นต้องตรวจสอบความแข็งแรงของหลังคาด้วย

โดยโซลาร์เซลล์ 1 แผง 400 W หากติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมจะสามารถผลิตพลังงานได้ขั้นต่ำ 365 kWh/ปี

5 สรุปผลการวิจัย

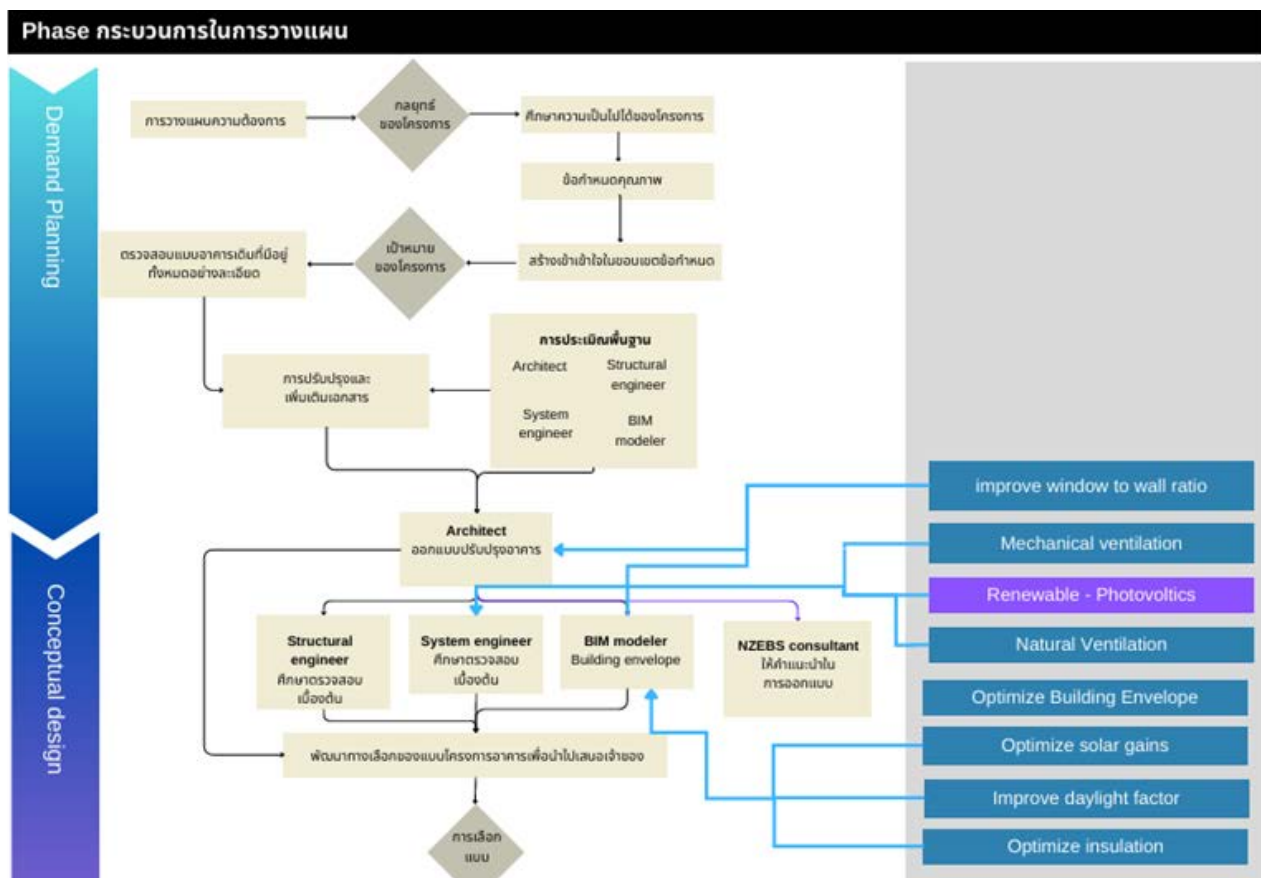
งานวิจัยนี้ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลในโครงการวางแผนปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ พบว่าแนวทางในการวางแผนมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของโครงการ โดยเฉพาะในระยะเตรียมการ ซึ่งเป็นช่วงเวลาสำคัญสำหรับการวางรากฐานของงานทั้งหมดในอนาคต

ในขั้นแรกได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเอกสารวรรณกรรมวิจัย และกรณีศึกษาทั้งในและต่างประเทศ โดยมุ่งเน้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน การออกแบบอาคาร ระบบอาคารเดิม ตลอดจนบทบาทหน้าที่ของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการ ข้อมูลที่รวบรวมนี้ได้ถูกนำมาใช้วิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็ง และความเป็นไปได้ในการปรับปรุงอาคารเป้าหมาย ให้สอดคล้องกับเป้าหมายด้านพลังงาน NZEBs ต่อจากนั้น ได้มีการพัฒนาแนวทางการดำเนินงานในโครงการ โดยแบ่งบทบาทและหน้าที่ของผู้เกี่ยวข้องอย่างชัดเจน ไม่ว่าจะเป็นผู้บริหารโครงการ ทีมนักออกแบบ(A/E) ทีม BIM หรือที่ปรึกษาด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดการประสานงานอย่างมีประสิทธิภาพ ได้มาเป็นแผนผังการวางแผนโครงการดังรูปที่4 การวางแผนงานนี้ยังช่วยลดความซับซ้อนของงานก่อสร้าง และส่งเสริมให้ทุกฝ่ายสามารถดำเนินงานเพื่อบรรลุเป้าหมาย NZEBs

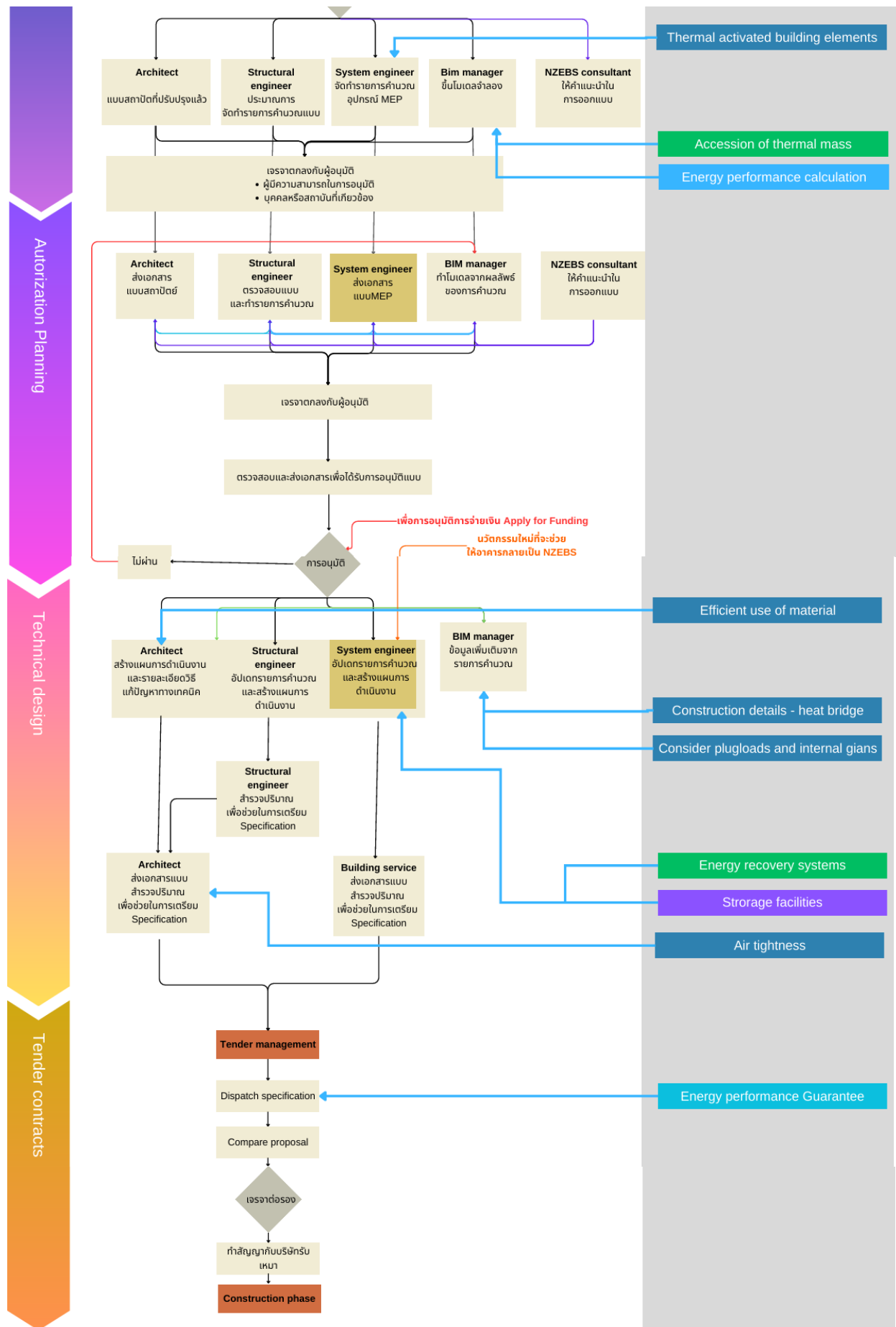
จากตัวอย่างการประยุกต์แนวทางการวางแผนปรับปรุงอาคารให้เป็น NZEBs อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ข้อมูลความต้องการพลังงานของอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หากเราปรับปรุงออกแบบฉนวนห่อหุ้มอาคาร จะสามารถลดการใช้พลังงานเหลือ 2,364 kWh/ปี และถ้าเราติดตั้งพลังงานทดแทนด้วย ระบบโซลาร์เซลล์ 7 แผง จะสามารถทำให้บรรลุเป้าหมายอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ได้

การใช้เทคโนโลยี Building Information Modeling (BIM) เข้ามาเสริมการวางแผน ยังเป็นอีกจุดแข็งของโครงการ โดยช่วยสนับสนุนการบริหารข้อมูล การจำลองพลังงาน และการออกแบบเชิงลึกได้อย่างแม่นยำ แม้ว่าแบบอาคารเดิมจะมีข้อจำกัด โดยเฉพาะการขาดข้อมูลงานโครงสร้าง (Structural) และระบบวิศวกรรม (MEP) แต่การพัฒนาโมเดล BIM จากข้อมูลสถาปัตยกรรมที่มี และการตรวจสอบหน้างานเพิ่มเติม ก็ยังช่วยสนับสนุนการประเมินเบื้องต้นได้เป็นอย่างดี

สุดท้ายโครงการได้กำหนดขั้นตอนการวางแผนงานที่เป็นระบบครอบคลุมตั้งแต่การประเมินอาคารเดิม การตั้งเป้าหมายการปรับปรุง การออกแบบมาตรการด้านพลังงาน การนำเทคโนโลยีมีส่วนช่วยในการออกแบบ วิเคราะห์ ไปจนถึงการประเมินผลโดยใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ ทั้งหมดนี้มีเป้าหมายเพื่อลดการใช้พลังงานภายในอาคาร พร้อมทั้งส่งเสริมให้ตัวอาคารสามารถผลิตพลังงานทดแทนเพื่อชดเชยการใช้งานจนความต้องการพลังงานเท่ากับหรือใกล้เคียงความสามารถในการผลิตได้มากที่สุด



รูปที่ 4 ขั้นตอนในกระบวนการวางแผน



รูปที่ 4 ขั้นตอนในกระบวนการวางแผน (ต่อ)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ศ. ดร. วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้ให้คำแนะนำ อุทิศเวลาให้คำปรึกษา และเสนอแนะเชิงวิชาการอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการ ผู้จัดทำขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ ข้อมูล ทรัพยากรต่าง ๆ อันจำเป็นต่อการดำเนินงาน รวมถึงเจ้าหน้าที่และบุคลากรที่เกี่ยวข้องที่ให้ความร่วมมือด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kaashi, S., & Vilventhan, A. (2023). Development of a building information modeling based decision-making framework for green retrofitting of existing buildings. *Journal of Building Engineering*, 2-4. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.108128>
- [2] Rehva. (2011, May). How to define nearly net zero energy buildings (nZEB): REHVA proposal for uniformed national implementation. *Rehva Journal*.
- [3] Weerasinghe, L., & Darko, A., & Chan, A., & Blay, K. (2024). Measures, benefits, and challenges to retrofitting existing buildings to net zero carbon: A comprehensive review. *Journal of Building Engineering*, 94. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.109998>
- [4] Royal Institution of Chartered Surveyors. (2017). *Building Information Modelling for Project Managers*, 9-10. <https://www.rics.org/profession/insights/building-information-modelling-for-project-managers/>
- [5] Nippon Paint Decor. (2025). *Building Information Modeling (BIM): เทคโนโลยีเปลี่ยนวงการก่อสร้างสู่อนาคต*. Nippon Paint Décor. <https://www.nipponpaintdecor.com>
- [6] Li, Y., & Feng, H. (2025). Pathways to urban net zero energy buildings in Canada: A comprehensive GIS-based framework using open data. *Sustainable Cities and Society*, 122, 6. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106263>
- [7] Aksamija, A. (2016). Regenerative design and adaptive reuse of existing commercial buildings for net-zero energy use. *Sustainable Cities and Society*, 27, 185-195. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.06.026>
- [8] Aram, K., & Taherkhani, R., & Simelyte, A. (2022). Multistage Optimization toward a Nearly Net Zero Energy Building Due to Climate Change. *Energies*, 15(3), 983. <https://doi.org/10.3390/en15030983>
- [9] Pyloudi, E., & Papantoniou, S., & Kolokotsa, D. (2015). Retrofitting an office building towards a net zero energy building. *Advances in Building Energy Research*, 9, 20-33. <https://doi.org/10.1080/17512549.2014.917985>
- [10] Kim, D., & Cox, S., & Cho, H., & Yoon, J. (2018). Comparative investigation on building energy performance of double skin façade (DSF) with interior or exterior slat blinds. *Journal of Building Engineering*, 20, 411-423. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.08.012>
- [11] Catalina, T., & Virgone, J., & Iodache, V. (2011). Study on the impact of the building form on the energy consumption. 12 th Conference of International Building Performance Simulation Association Building Simulation, Romania. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84870208556&origin=inward>
- [12] Ibrahim, M., & Harkouss, F., & Biwole, P., & Fardoun, F., & Ouldboukhite, S. (2025). Building retrofitting towards net zero energy: A review. *Energy and Buildings*, 322. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114707>
- [13] Lan, T., & Hu, R., & Tang, Q., & Han, M., & Wu, S., & Liu, G. (2025). A multivariate nonlinear regression prediction model for the performance of cooling tower assisted ground source heat pump system. *Energy Conversion and Management*, 325. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.119333>
- [14] Ho, W., & Yu, F. (2021). Chiller system optimization using k nearest neighbour regression. *Journal of Cleaner Production*, 303. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127050>
- [15] Desogus, G., & Pilla, L., & Mura, S., & Pisano, G., & Ricciu, R. (2013). Economic efficiency of social housing thermal upgrade in Mediterranean climate. *Energy and Buildings*, 57, 354-360. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.11.016>
- [16] Weiss, T., & Meier, K., & Knotzer, A., & Höfler, R. (2019). Guideline - Optimal processes for nearly zero energy buildings. AEE Institute for Sustainable Technologies, D3.1.
- [17] Khodeir, L., & Aly, D., & Tarek, S. (2016). Integrating HBIM (Heritage Building Information Modeling) Tools in the Application of Sustainable Retrofitting of Heritage Buildings in Egypt. *Procedia Environmental Sciences*, 34, 258-270. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.024>
- [18] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2024). โครงการปรับปรุงอาคารสำนักงานภาคใต้ของธนาคารแห่งประเทศไทย. ธนาคารแห่งประเทศไทย

ประเทศไทย. https://www.bot.or.th/th/research-and-publications/articles-and-publications/bot-magazine/Phrasiam-68-1/specialscoop_southern_building.html

- [19] มข. ฉลวยงานวิจัย. (2014). โครงการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทยซึ่งสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าสุทธิภายในอาคารเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building). กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. <https://2e-building.dede.go.th/content/อาคาร-net-zero-energy-building-ในประเทศไทย>
- [20] จส100. (2023, 22 December). โครงการปรับปรุงอาคารปฏิบัติการ (อาคาร D) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) เป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building - NZEB). การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. https://www.js100.com/en/site/post_share/view/136073#google_vignette