บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 7

Proceedings of the 7th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาแนวคิดทฤษฎีและปัจจัยหลักสำคัญตามแนวทางอาคารโรงพยาบาลมุ่งสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

Theoretical Concepts and Key Factors Study toward Net Zero Energy Building for Hospital

ปิติ อนนตพันธ์[1]*, วรานนท์ คงสง[2], ชัยวัฒน์ ภู่วรชัยกุล[3], ธีรเดช สมยงทวีพร[4]

Piti Anontapant[1], Waranon Kongsong[2], Chaiwat Phuworachaikul, Teeradej Somyomthaveeporn

[1,2,3]สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[4]รองคณบดี คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ

[1]6419770008@rumail.ru.ac.th , [2]waranon.k@rumail.ru.ac.th, [3]chaiwat.p@rumail.ru.ac.th, [4]Teeradej@nbk.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและ (2) ศึกษาปัจจัยหลักสำคัญตามแนวทางการจัดการพลังงานสุทธิเป็นศูนย์สำหรับอาคารโรงพยาบาล โดยใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพตามรูปแบบการวิจัยเชิงเอกสารด้วยการสังเคราะห์บทความที่เกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และตัวอย่างแนวปฏิบัติที่ดีของการจัดการพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ของอาคารประเภทสถานพยาบาล ในช่วงปี 2553 - 2565 โดยใช้คำสำคัญได้แก่ nZEB, SEC, Air Conditioning Systems, Building Energy, health care, และ Academic buildings จากวารสาร รายงานการวิจัย และนำมาสรุป ผลการดำเนินการวิจัยพบว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อกลยุทธ์การจัดการพลังงานสุทธิเป็นศูนย์มี 3 ปัจจัย ดังนี้ (1) ปัจจัยด้านวิศวกรรม ได้แก่ ชนิดของพลังงาน ระบบปรับอากาศ (2) ปัจจัยด้านสถาปัตยกรรม ได้แก่ ขนาดของพื้นที่รับแสงทั้งจากด้านหลังคา ด้านผนังอาคารและหน้าต่าง, แหล่งกำเนิดพลังงานทดแทนจากเซลแสงอาทิตย์ และ (3) ปัจจัยด้านการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก เป็นตัวแปรที่สำคัญ

คำสำคัญ: อาคารที่มีพลังงานสุทธิเป็นศูนย์, อาคารสถานพยาบาล ระบบปรับอากาศ การใช้พลังงานในอาคาร

Abstract

This article aims to (1) Study concepts and theories, and (2) study the key factors of net-zero energy management in public service buildings. This qualitative research methodology to synthesize selected articles on concepts, theories, and good practice examples of net zero energy management of health care buildings during the B.E. 2553-2565. Using keywords from the research journal reports and summarized according to the nZEB, SEC, air conditioning systems, building energy, health care buildings. The results showed that the main factor that affects net zero energy management strategies are three factors as follows: (1) Engineering factors, namely types of energy, and air-conditioning system, (2) Architectural factors namely the size of the area receiving light from the roof, building walls and windows, renewable energy sources from solar cells, and (3) Facilities Management factors are an important variable.

Keywords: nZEB (Nearly Zero Energy Building), Healthcare buildings, Hospital, Air Conditioning Systems, Building Energy.

1. บทนำ

สภาวะโลกร้อนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่มีแนวโน้มความรุนแรง และความถี่เพิ่มสูงขึ้น นำมาสู่ความร่วมมือกันระหว่างประเทศต่าง ๆ ในโลก เพื่อที่จะป้องกันหายนะภัยทางด้านสภาพภูมิอากาศ จึงเกิดจากการประชุม Earth Summit ปี 1992 (พ.ศ. 2535) ซึ่งเป็นการริเริ่มดำเนินความสัมพันธ์ระหว่างประเทศเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อชะลอการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ต่อมาเกิดข้อตกลงปารีสปี 2015 (COP No. 21) ที่กำหนดเป้าหมายให้รักษาอุณหภูมิของโลกไม่ให้เพิ่มเกิน 2 องศาเซลเซียส และให้พยายามตั้งเป้าไว้ที่ 1.5 องศาเซลเซียส ภายในสิ้นศตวรรษ 21 อย่างไรก็ตาม จากที่ผ่านมาหลังจากความตกลงปารีสมีผลบังคับใช้ พบว่าประเทศภาคีสมาชิกยังดำเนินการไม่เพียงพอที่จะควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกให้เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ และถ้าไม่มีการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างจริงจัง จะไม่สามารถ

บรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้ ดังนั้นในการประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Conference of Parties, COP No. 26) ครั้งที่ 26 [1] ในปี 2564 ที่เมืองกลาสโกว์ ประเทศสกอตแลนด์ มีจุดประสงค์เพื่อกำหนดแนวทางการดำเนินการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงสุดร่วมกันในกลุ่มประเทศสมาชิก

ประเทศไทยเป็นหนึ่งใน 197 ประเทศภาคีสมาชิก,[2]. มีสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม (สผ.) เป็นหน่วยประสานงานกลาง ทางรัฐบาลไทย โดยคณะกรรมการปฏิรูปพลังงาน ได้รับมอบหมายให้ทำการศึกษา แนวทางในการปรับแผนกลยุทธ์ด้านการจัดการพลังงาน เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานของประเทศที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต โดยจะต้องดำเนินการตามแผนยุทธศาสตร์ชาติเพื่อให้ประเทศและประชาชนได้รับประโยชน์ รวมทั้งเอกชนที่ร่วมมือกับรัฐบาลก็ต้องได้ผลประโยชน์อย่างเป็นธรรม โดยมีคณะทำงานคือ คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) ได้ร่างกรอบที่สำคัญ [3] คือ กรอบความร่วมมือเพื่อการจัดการพลังงานเป็นศูนย์ ซึ่งได้กำหนดแนวนโยบายภาคพลังงาน โดยมีเป้าหมายสนับสนุนให้ประเทศไทย มุ่งสู่การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเป็นศูนย์ (Carbon Neutrality) ภายในปี ค.ศ. 2065 - 2070 (พ.ศ. 2608 – 2613) หรืออีกประมาณ 50 ปีข้างหน้า และกำหนดให้กระทรวงพลังงาน เป็นผู้รับดำเนินการในฐานะกรรมการ สำหรับประเทศไทยในปัจจุบันอาคารที่ใช้กลยุทธ์ด้านการจัดการพลังงาน เพื่อการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ยังมีจำนวนไม่เกิน 10 อาคาร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นอาคารภาครัฐ หรือรัฐวิสาหกิจที่เกี่ยวข้องด้านพลังงาน เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ดังนั้น การศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด ทฤษฎี และตัวอย่างแนวปฏิบัติที่ดีของการจัดการพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ของอาคารประเภทสถานพยาบาล และอาคารสถานศึกษา ซึ่งนับเป็นอาคารบริการสาธารณะ ทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ เพื่อเป็นแนวทางให้การจัดการพลังงานของประเทศไทยเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และตัวอย่างแนวปฏิบัติที่ดีของการจัดการพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ของอาคารประเภทสถานพยาบาลในช่วงปี 2553 - 2565 โดยใช้คำสำคัญ ได้แก่ nZEB, SEC (Specific Energy Consumption), และ healthcare buildings, Hospital, Greenhouse gases, Air Conditioning Systems, Building Energy (2) ศึกษาปัจจัยหลักสำคัญตามแนวทางการจัดการพลังงานสุทธิเป็นศูนย์สำหรับอาคารประเภทบริการสาธารณะ เช่น โรงพยาบาลและสถานศึกษา

3. วิธีการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยการใช้หลักการวิจัยเชิงเอกสาร ทำการสืบค้นเอกสารทั้งในและต่างประเทศในช่วงปี 2010 - 2022 และได้นำมาเรียบเรียงให้เป็นลำดับ โดย แยกปัจจัยเชิงนโยบาย คำจำกัดความ สมการที่เกี่ยวข้อง กลุ่มประเทศที่ให้ความสนใจด้านการจัดการพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ และกลุ่มอุตสาหกรรมบริการที่สามารถตอบสนองต่อนโยบายการจัดการพลังงานภาครัฐได้ เพื่อนำมาวิเคราะห์และแยกปัจจัยที่มีผลต่อการจัดการเป็นหมวดหมู่ เพื่อทำการตรวจวัดและศึกษาวิจัยได้อย่างต่อเนื่อง ในการดำเนินการวิจัย มีขั้นตอนดังนี้ (1) ผู้วิจัยได้คัดกรองเฉพาะจากเอกสารทั้งในและต่างประเทศ การจัดการอาคารบริการสาธารณะเฉพาะอาคารสถานพยาบาลในประเทศกลุ่มยุโรปและเอเชีย(2) ปัจจัยทางด้านวิศวกรรม ได้แก่ ชนิดของพลังงาน ระบบปรับอากาศ และ ปัจจัยด้านสถาปัตยกรรม ได้แก่ ขนาดของพื้นที่รับแสง ทั้งจากด้านหลังคา ด้านผนังอาคารและจากหน้าต่าง, แหล่งกำเนิดพลังงานทดแทนจากเซลแสงอาทิตย์ และ ปัจจัยด้านการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก เป็นตัวแปรที่สำคัญ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีจากบทความ

พบว่ากลุ่มประเทศยุโรป มีแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนในการศึกษากลยุทธ์ด้านการจัดการที่ทำให้อาคาร มุ่งสู่การดำเนินการด้านกลยุทธ์เพื่อการจัดการพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ในระดับสากล จากแนวคิดที่เกิดจากการประชุม COP ครั้งที่ 21 (COP21) และครั้งที่ 26 (COP26) และมีความสำคัญที่ประเทศภาคีสมาชิกตั้งใจร่วมกันที่จะดำเนินการกิจกรรมต่างๆ ในการใช้พลังงานในหน่วยของตนเอง มีความสมดุล คือมีการใช้และมีการสร้างพลังงานทดแทนให้สมดุลกัน

นอกจากนี้ ยังพบว่า แนวคิดมาตรฐาน มาตรฐาน "SEC" Specific Energy Consumption เป็นมาตรฐานที่ใช้เป็นหลักในประเทศไทย ในการจัดการพลังงาน ถูกนำมาใช้ดำเนินการอย่างจริงจังในปี 2535 โดยกระทรวงพลังงานมีหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรง จัดตั้งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และพัฒนาแนวทางการจัดการพลังงานมา เป็นระยะ ๆ จากรายงานของกระทรวงพลังงาน เมื่อปี 2548 ได้นิยามค่า SEC ไว้ดังนี้ การประมาณค่าพลังงานของอาคารต่างๆ โดยได้ใช้ค่ามาตรฐานที่เรียกว่า "SEC" ซึ่งเป็นคำย่อของ Specific Energy Consumption ซึ่งเป็นการหาค่าพลังงานที่ใช้ไปต่อหน่วยชี้วัดของอาคารประเภทนั้น ตัวอย่างเช่น อาคารประเภทโรงพยาบาลหน่วยชี้วัด คือ สัดส่วนจำนวนคนไข้ในต่อปี เปรียบเทียบกับผลผลิต จากการบริการที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้สามารถบ่งชี้ถึงศักยภาพในการใช้พลังงานเพื่อการบริการได้อย่างชัดเจน เป็นแนวทางที่ขาดความเป็นสากล

จากเอกสารวรรณกรรม [4] กำหนดเกณฑ์มาตรฐานค่า SEC ของอาคารบริการสาธารณะ มีความเกี่ยวข้องกับตัวแปร 3 ตัว ได้แก่ (1) ปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร , (2) ปริมาณพื้นที่ปรับอากาศ และ (3) จำนวนปริมาณผู้ใช้ในพื้นที่ จากการพิจารณาข้อมูลทุติยภูมิทั้งหมดที่ได้จาก แบบส่งข้อมูลการใช้งานของอาคารการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน (สำหรับอาคารควบคุม) พบว่าการใช้พลังงานของอาคารขึ้นอยู่กับการใช้พลังงานภายในพื้นที่ปรับอากาศเป็นหลัก จากข้อมูลอ้างอิงจากรายงาน SEC ของอาคาร_มาตรฐาน "SEC" ในประเทศไทย จากการกำหนดแนวคิดของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนฯ สำหรับอาคารประเภทโรงพยาบาล พื้นที่ภายในอาคารกว่าร้อยละ 80 เป็นส่วนปรับอากาศ โดยเฉพาะพื้นที่ในส่วนทางการแพทย์ต่างๆ โดยพื้นที่ ส่วนบริหารต่างๆ ของอาคาร มีแนวทางการคำนวณ เป็นค่าพลังงานที่ใช้เป็นพลังงานต่อคน /วัน (เตียง-วัน) หน่วย MJ/ Bed-Day (ต่อปี) สมการที่ (1)

SEC = ปริมาณการใช้พลังงานต่อปี / จำนวนคนไข้ในต่อปี (1)

รูปแบบของสมการใช้เพื่อการสะท้อนถึงค่าพลังงานต่อหน่วยเตียงต่อปี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาความสัมพันธ์ของโรงพยาบาลที่มีขนาดต่างๆกัน ในด้านขนาด ลักษณะของการบริการโดยใช้ดัชนี จำนวนคนไข้ในต่อปี ซึ่งในข้อมูลนี้ จะสามารถนำมาเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงาน ทำให้เห็นแนวโน้มการใช้พลังงาน ของจำนวนคนไข้ที่ใกล้เคียงกันได้ จากการพิจารณาข้อมูลของโรงพยาบาลรวม 198 แห่งจาก แบบสรุปข้อมูลในเล่มรายงานพบว่าค่า SEC ในปัจจุบันสามารถทำการเฉลี่ยจากข้อมูลในช่วงปี 2548 - 2548 มีรูปแบบดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าพลังงานในกลุ่มอาคาร โรงพยาบาล

	ค่ารวม (MJ/Bed-Day)	**โรงพยาบาลรัฐ (MJ/Bed-Day)**	**โรงพยาบาลเอกชน (MJ/Bed-Day)**
ค่าเฉลี่ย	441	262	625
ค่าสูงสุด	4,064	2,481	4,064
ค่าต่ำสุด	17	17	138
ค่าStandard Deviation	0.482	0.340	0.557

ที่มา รายงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนฯ (พพ.) (2550) [4]

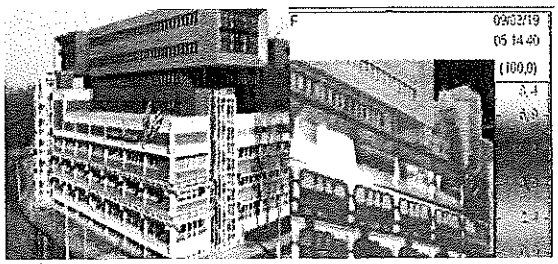
เมื่อนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์แล้วจาก โรงพยาบาล 198 แห่งจาก แหล่งข้อมูล พบว่า ค่าเฉลี่ย มีค่าเท่ากัน 441 MJ/Bed-Day ขณะที่โรงพยาบาล รัฐมีค่าเฉลี่ย 262 MJ-Bed-Day และ โรงพยาบาลเอกชน มีค่าเฉลี่ย 625 MJ-Bed-Day พบว่าแนวคิดการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของ พพ. การให้ความสำคัญกับสามเสาหลัก คือ H- Hardware (อาคารและงานระบบ) P- Peopleware (ผู้ใช้อาคาร) และ S –System ware คือ การบริหารจัดการพลังงาน อย่างไรก็ตาม สามารถทำการคำนวณอัตราการใช้พลังงานจาก MJ-Bed-Day ในหน่วย กิโลวัตต์-ชม ได้เช่นกัน(1 MJ = 0.2777777778 kW*h หรือ 1 kW-h = 3.6 MJ ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยน15 MJ เป็น กิโลวัตต์-ชม (Kw-h หากมีค่าการใช้พลังงาน 15 MJ จะได้ 15 × 0.278 kWh = 4.167 kW*h เป็นหน่วยที่สามารถคำนวณได้ จะเห็นได้ว่ามีค่าความแตกต่างในการใช้พลังงานเปรียบเทียบระหว่างโรงพยาบาลของรัฐและโรงพยาบาลของเอกชน ประมาณ 2.4 เท่า จึงทำให้ความสนใจในการประหยัดพลังงานอาจมุ่งไปที่ โรงพยาบาลภาคเอกชน เป็นกลุ่มเป้าหมาย โดยมี โรงพยาบาลภาครัฐเป็นข้อมูลฐาน

4.2.ผลการวิเคราะห์ปัจจัยหลักสำคัญตามแนวทางการจัดการพลังงานสุทธิเป็นศูนย์สำหรับอาคารประเภทบริการสาธารณะ

ปรากฏว่า แนวทางในการศึกษาและนำมาปฏิบัติคล้ายคลึงกันทั่วโลกโดยใช้แนวทาง 3 ด้านประกอบด้วย (1) ด้านสถาปัตยกรรมศาสตร์ คือแนวทางการตรวจวัดความร้อนที่ตกกระทบอาคารด้วยเครื่องมือวัดวิศวกรรม คือกล้องถ่ายภาพความร้อน และทิศทางของแสงที่ตกกระทบอาคาร การพิจารณาเปลือกอาคาร ค่า OTTV ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำมาใช้ในการวิจัยนี้ (2) ด้านวิศวกรรมศาสตร์ คือการศึกษาค่าการใช้พลังงานในอาคาร ตามแนวทางสากล และ (3) ด้านการศึกษาพฤติกรรมการใช้งาน จำนวนผู้ป่วยในของโรงพยาบาล การเก็บข้อมูลความถี่ในการใช้งาน พื้นที่ตามลักษณะของการใช้งานแต่ละลักษณะของสถานประกอบการทั้งโรงพยาบาล

4.2.1. กรณีศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีของการจัดการพลังงานสุทธิเป็นศูนย์

(1) กรณีศึกษาที่ 1 กรณีศึกษาจากประเทศเนเธอแลนด์,[5]อาคารโรงพยาบาล VUmc Policlinic, VU Medisch Centrum (Medical Center) เป็นอาคารมหาวิทยาลัยด้านการแพทย์ (University of Medical Center), Amsterdam UMC เป็นหนึ่งในศูนย์การแพทย์ของมหาวิทยาลัย (UMC) ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ก่อตั้งในปี 1880 และในปี 1964 ได้ยกฐานะเป็นโรงเรียนแพทย์ของ Vrije Universiteit ลักษณะทางกายภาพของกรณีศึกษานี้ ใช้เป็นกรณีศึกษาแบบเฉพาะเจาะจง โดยใช้ปริมาณพื้นที่คือ 80,000 ตรม. อายุตั้งแต่ 10- 30 ปี เป็นกรอบในการศึกษา แสดงอาคารดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 Amsterdam UMC, Location VUmc เปรียบเทียบ กับการถ่ายภาพความร้อน [6]

โดยพบว่า ปัจจัยสำคัญ ในกรณีศึกษาที่ 1 คือ ระบบปรับอากาศ ซึ่งจัดเป็นตัวแปรหลักที่เกี่ยวข้องกับงานวิศวกรรม คือการวางตำแหน่งของหัวจ่ายระบบปรับอากาศและระบายอากาศ มีผลต่อการจัดการพลังงาน ข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณการใช้พลังงานรวมในวงรอบของอาคาร คือ วัน เดือน และปี เนื่องจากในประเทศที่มีภูมิอากาศหนาว ปัจจัยด้านอุณหภูมิความชื้นจากภายนอกเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าการใช้พลังงาน เช่นกัน

จากกรณีศึกษาข้างต้น สามารถกำหนดตัวแปรสำคัญได้ ดังนี้ (1) ปริมาณการใช้พลังงานของอาคารโรงพยาบาลโดยรวม โดยการศึกษาค่าการใช้พลังงานในพื้นที่ต่างๆ รวมถึงองค์รวมของโรงพยาบาล ตลอดทั้งช่วงปีเป็นเวลา 1-2 ปี (2) ชนิดและจำนวนของเครื่องปรับอากาศ ที่ใช้การควบคุมในระบบ CAV หรือ VRF/VRV , จำนวน และชนิดของหัวจ่ายประเภทต่างๆ ในพื้นที่ อาคาร โรงพยาบาล และความเชื่อมโยงในการปรับอากาศ รวมถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุม (3) ลักษณะของกรอบอาคาร พื้นที่ และ ค่า U-Value เป็นเกณฑ์บันทึก โดยการเก็บข้อมูล ศึกษาลักษณะของกรอบอาคาร และ คำนวณค่า U-Value ของกรอบแต่ละประเภทในอาคาร (4) ลักษณะการใช้พื้นที่ โดยใช้จำนวนผู้ใช้พื้นที่ เป็นตัวแปร ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลลักษณะการใช้พื้นที่ โดยบันทึกจำนวนผู้ใช้พื้นที่ในแต่ละแผนก (5) ตัวแปรที่ใช้ศึกษาในโครงการ VU คือ ปริมาณพลังงานรวมที่ใช้ในแต่ละวงรอบ วัน /เดือน /ปี ของโรงพยาบาล ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สู่ชั้นบรรยากาศ ศึกษาข้อมูลชนิดหรือลักษณะของระบบปรับอากาศปัจจุบัน และตำแหน่งในการติดตั้งซึ่งทางโรงพยาบาลใช้ ชนิด CAV (Cavity Air Volume) เพื่อนำแนวคิดด้านการกำหนดตัวแปรมาศึกษาเพิ่มเติมสำหรับงานวิจัยในประเทศไทย และ (6) ปัจจัยสำคัญคือ ระบบปรับอากาศเป็นตัวแปรหลักโดยการวางตำแหน่งของหัวจ่ายระบบปรับอากาศนำมาใช้เป็นกลยุทธ์การจัดการที่สำคัญ ปริมาณการใช้พลังงานรวมของอาคาร คือ วัน หรือ เดือน และปี เนื่องจากในประเทศที่มีภูมิอากาศหนาว ปัจจัยด้านอุณหภูมิความชื้นจากภายนอกเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าการใช้พลังงาน เช่นกัน

(2) กรณีศึกษาที่ 2 กรณีศึกษาในประเทศไทย , [7]
การศึกษานี้ทำการปรับปรุงอาคารที่กำลังใช้งานสู่อาคารใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ โดยใช้กรณีศึกษาอาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์สูง 10 ชั้นประกอบด้วยพื้นที่ ห้องสำนักงาน ห้องเรียน ห้องน้ำ ห้องเก็บของ อาคารมีพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 7,260 ตารางเมตร มีพื้นที่ปรับอากาศ 386.75 ตารางเมตร โดยผลการจำลองค่าพลังงานสำหรับอาคารกรณีศึกษาด้วยโปรแกรม Energy Plus มีค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้ารวมเท่ากับ 52.93 kWh/m²/year ค่าพลังงานรวมที่ใช้ตลอดทั้งปี 384,471

kWh/year ค่าจากแบบจำลอง PVsyst เพื่อหาพลังงานไฟฟ้าในการติดตั้งเซลล์ แสงอาทิตย์ได้ค่าพลังงานเท่ากับ 231,780 kWh/year การศึกษานี้มีมาตรการปรับปรุงอาคาร 5 มาตรการ คือ (1) วางแผนและทำการปรับเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพสูง Inverter (2) ตั้งตั้งผนัง Gypsum หนา 25 mm ที่ผนังเพิ่ม 1 ชั้น (3) เปลี่ยนหลอดไฟให้มีประสิทธิภาพสูง LED (4) เปลี่ยนกระจกให้มี ประสิทธิภาพสูง Low-E และ (5) การจัดหาพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับกรณีนี้ นำมาวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยทางวิศวกรรม ที่ลักษณะโดยเฉพาะของอาคาร เช่น ระบบปรับอากาศ แสงสว่าง การใช้แหล่งพลังงานทดแทน เป็นต้น

ตารางที่ 2 ปัจจัยทางสถาปัตยกรรม และวิศวกรรม

ปัจจัยทางสถาปัตยกรรม	ปัจจัยทางวิศวกรรม
1.ขนาดของโครงการ ประกอบด้วย	1.ชนิดของพลังงานที่ใช้ในปัจจุบัน
1.1 จำนวนเตียงใช้งานในโรงพยาบาล	1.1 น้ำมัน (จำนวนตัว หรือชุด.)
1.2 พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด (ตารางเมตร)	1.2 ไฟฟ้า (จำนวนตัว หรือหลอด.)
1.3 พื้นที่จอดรถ (จำนวนคัน)	1.3 ลม (จำนวนตัว หรือชุด.)
1.4 พื้นที่ปรับอากาศ (ตรม.)	1.4 พลังงานแสงอาทิตย์ (จำนวนตัว หรือแผง หรือ ผลผลิต MJ/ปี)
1.5 พื้นที่ไม่มีการปรับอากาศ (ตรม.)	2.ระบบปรับอากาศ แยกส่วน/รวมศูนย์ / VRF (จำนวนตัว หรือชุด.)
2. อายุโครงการ (ปี)	3.อุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (จำนวนตัว หรือชุด)
3.พลังงานในระบบปรับอากาศ (MJ/ปี)	4.อุปกรณ์สำนักงานต่างๆ (จำนวนตัว หรือชุด)
3.1 ภาระการทำความเย็นจากเปลือกอาคาร (MJ/ปี)	5.อุปกรณ์ไฟฟ้าทางการแพทย์ (จำนวนตัว หรือชุด)
3.2 ขนาดช่องเปิดของอาคาร (ตรม.)	6.อุปกรณ์หรือเครื่องจักรทางกลเช่น ลิฟต์, บันได (จำนวนตัว หรือชุด)
4.สภาพภูมิอากาศและกายภาพทางพื้นที่ (อุณหภูมิ , ความชื้น %RH)	

ผลการศึกษาพบว่า ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด คือทางเลือกที่ 2 โดยใช้ทุกมาตรการตั้งแต่มาตรการที่ 1 ถึง 5 มีค่า พลังงานรวมที่ใช้ตลอดทั้งปีจากแบบจำลอง 175,745 kWh/year, ค่าพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จัดหาได้ 231,780 kWh/year, ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้ารวมเท่ากับ 24.21 kWh/m²/year ค่าพลังงานสุทธิที่ลดลงได้ 265,065.96 kWh/year งบลงทุนประมาณ 8,011,599.00 บาท Payback Period เท่ากับ 11 ปี ค่า NPV เท่ากับ 9,311,169.61 บาท และ IRR เท่ากับ 9.52 % จากข้อมูลพบว่าได้ค่า NPV สูงกว่าทุกทางเลือกทำให้ได้มูลค่าในการลงทุนสูงสุดเป็นอาคารใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ จึงกล่าวได้ว่าปัจจัยทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมมีความสำคัญดังตารางที่ 2 และ ปัจจัยด้านสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility Management) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปัจจัยด้านสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility Management)

ปัจจัยด้านสิ่งอำนวยความสะดวก
1.จำนวนชั่วโมงในการใช้งานในแต่ละพื้นที่
2. ปริมาณการใช้บริการ
2.1 จำนวนผู้ใช้พื้นที่เป็นประจำ (คน)
2.2 จำนวนผู้ใช้พื้นที่เป็นครั้งคราว (คน)
3. งบประมาณในกลยุทธ์ด้านการจัดการ
3.1 ค่าไฟฟ้า (บาท หรือ หน่วยการใช้ไฟฟ้า)
3.2 ค่าน้ำประปา (บาท หรือ หน่วยการใช้น้ำ)
3.3 ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา (บาท ต่อปีงบประมาณ)
4.รูปแบบและเทคโนโลยีในการให้บริการ
5.รูปแบบการให้บริการ เช่น การให้บริการในลักษณะห้องผ่าตัด หรือห้องคลอด หรือ ห้องทันตกรรม เป็นต้น

(3) กรณีศึกษาที่ 3 กรณีศึกษาจากประเทศมาเลเซีย [8].

สำหรับกรณีประเทศมาเลเซีย ได้กำหนด นโยบายแผนยุทธศาสตร์ด้านพลังงานเป็นศูนย์ในประเทศมาเลเซีย จากแผนพัฒนาพลังงานของมาเลเซีย ตัวอย่างเช่นภายใต้แผนพัฒนาเศรษฐกิจฉบับที่ 11 ของประเทศมาเลเซียแผน (พ.ศ. 2559-2563) รัฐบาลมาเลเซียได้กำหนดประเด็นสำคัญไว้ 4 ด้าน คือ 1) เสริมสร้างความเข้มแข็งของสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเติบโตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 2) การนำการบริโภคและการผลิตที่ยั่งยืนมาใช้ 3) แนวคิดการอนุรักษ์ทรัพยากร ธรรมชาติเพื่อคนรุ่นปัจจุบันและอนาคต 4) เสริมสร้างความเข้มแข็ง ความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติ รัฐบาลมาเลเซียมุ่งมั่นสู่ความยั่งยืน นอกจากนั้นยังมีนโยบายด้านพลังงานต่างๆ ที่รัฐบาลได้นำเสนอ เช่น นโยบายเทคโนโลยีสีเขียวแห่งชาติ (NGTP) ในปี 2552 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรับรองการพัฒนาอย่างยั่งยืนและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสำหรับอนาคต ดัชนีชี้วัดแนวโน้ม การเป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ของประเทศมาเลเซียใช้ดัชนี GBI ซึ่งเป็นดัชนี

ภายในประเทศ ดัชนี GBI เป็นระบบการให้คะแนนด้านสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมระบบแรกของมาเลเซีย เครื่องมือการให้คะแนนนี้พัฒนาโดย Pertubuhan Akitek มาเลเซีย (PAM) และสมาคมวิศวกรที่ปรึกษามาเลเซีย (ACEM) ผนวกกับ เครื่องมือที่ได้มาจากมาตรฐานประเทศสิงค์โปร์ คือ Singapore Green Mark, Australian Green Star นำมาเป็นเครื่องมือให้คะแนนที่มีอยู่เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องมือนี้ใช้งานได้จริง นอกจากนี้ GBI เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ในการประเมินอาคารทั้งแบบ ก่อสร้างใหม่และอาคารที่ก่อสร้างเดิม

5. สรุปผลการวิจัย

แนวทางการบริหารจัดการอาคารเพื่อมุ่งสู่การจัดการพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ สำหรับอาคารโรงพยาบาลดำเนินการได้โดยศึกษาตัวแปรและกรอบในการดำเนินงานด้านการจัดการ ตามเทคโนโลยีที่เอื้ออำนวย เช่นการใช้ IoT .ในการเก็บข้อมูล และระบบเซนเซอร์ต่างๆในการตรวจวัดค่า ตามตารางที่ 2 เพื่อประมวล ปัจจัยทั้งด้าน Static เช่น กรอบอาคาร, ทิศทางของอาคาร และ ปัจจัย Dynamic เช่น อุณหภูมิในการใช้งาน สำหรับแผนกต่างๆ , ค่าพลังงานที่ใช้ รวมถึงพฤติกรรมหรือจำนวนผู้เข้ารับบริการในแต่ละแผนก ที่มีความแตกต่างกัน ทั้งด้านปริมาณ และระยะเวลาในการเข้าใช้บริการ ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องด้านนโยบาย ระดับชาติและนานาชาติ โดยอาจนำเทคโนโลยีการควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้ระบบการใช้สัญญาณควบคุม ตรวจวัดระยะไกล มาใช้ในการพัฒนากระบวนการปรับปรุง หรือการดำเนินการเพื่อสร้างโอกาสในการเข้าถึง โดยสามารถแบ่งได้เป็นปัจจัยทางสถาปัตยกรรม ได้แก่ ขนาดของพื้นที่รับแสง ทั้งจากด้านหลังคา ด้านผนังอาคาร และจากหน้าต่าง, การวิเคราะห์ค่า OTTV และ RTTV เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อความร้อนที่ เข้าสู่อาคารทั้งด้านผนังและจากหลังคา ซึ่งเป็นแนวทางที่ใช้ในการพัฒนาอาคาร ตามแนวทางอาคารเขียว, ภาพสามมิติของอาคาร และ แหล่งกำเนิดพลังงานทดแทนจากเซลแสงอาทิตย์ และปัจจัยทางวิศวกรรม ชนิดของพลังงานระบบปรับอากาศ เครื่องจักรประกอบอาคาร และนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งสองด้าน รวมถึงปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์หรือการจัดการด้านทรัพยากรอาคาร ความถี่ในการใช้พื้นที่ จำนวนบุคลากรที่ใช้ประจำและใช้เป็นครั้งคราว เป็นต้น ข้อจำกัดในการวิจัยครั้งนี้ เป็นปัจจัยด้านระยะเวลาที่สั้นในการเก็บข้อมูล หากจะดำเนินการให้สมบูรณ์ จะต้องใช้ระยะเวลา นานปี และ จำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงเวลาไม่เท่ากัน จึงทำให้ เกิดค่าความเบี่ยงเบนได้ อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาทำให้ได้แนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูลและแนวทางในการดำเนินการ เพื่อกำหนดปัจจัยที่สำคัญจำนวน 3 กลุ่ม คือ สถาปัตยกรรม. วิศวกรรมและ การจัดการทรัพยากรอาคาร เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ในการวิจัย คือ อาคารพลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรมทุกท่านที่ให้ความกรุณาแนะนำและให้การสนับสนุนผู้เขียนบทความมีกำลังใจในการส่งบทความเข้ารับการพิจารณาเพื่อเข้าร่วมในการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Lorenz Moosmann, Anna Wissner, Felix Fallasch, Lambert Schneider, Cristina Urrutia, (Oct 2021). *The COP26 Climate Change Conference Paper.*

[2] นโยบายลดภาวะโลกร้อนกับประเทศไทย. (กันยายน 2015). สืบค้นจาก https://ipf.or.th/?p=315

[3] คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานและสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (มีนาคม 2565). *สรุปผลการดำเนินงานสำคัญประจำปีงบประมาณ 2564*, หน้า 3-8.

[4] สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. (2555). *คู่มือพัฒนาบุคลากรด้านการอนุรักษ์พลังงานในอาคารประเภทโรงพยาบาล.*

[5] Enrico Dainese, Shalika S.W. Walker (January 2019). Towards zero energy hospital buildings: a polyclinic building as case study. *E3S*, DOI:10.1051/e3sconf/201911104021.

[6] Dobbelsteen, A.v.d. (2020). The Amsterdam energy transition roadmap – introducing the City-zen methodology. *Smart and Sustainable Built Environment*, Vol. 9 No. 3, pp. 307-320.

[7] เอกพงศ์ แสนหะวานนท์. (2561). *การปรับปรุงอาคารสู่อาคารใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์* กรณีศึกษา: อาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

[8] Mohamed S *, Abdellah R H, Masrom M A N, Chen G K, Manap N , (November, 2020). A Systematic Investigation on the Potential of Net Zero Energy Buildings (NZEBs) *Design Approach Implementation in Healthcare Buildings* , Faculty of Technology Management, UTHM, Batu Pahat, Johor, Malaysia.