

การจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน ของอาคารในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ประยุทธ์ ฤทธิเดช¹ ศุภรัชชัย วรรัตน์^{2*} อำนาจ ผดุงศิลป์³

Received : March 22, 2023

Revised : September 16, 2023

Accepted : September 21, 2023

บทคัดย่อ

ระบบพลังงานและสมรรถนะการใช้พลังงานในอาคารมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งในการบรรลุสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์การจัดหาพลังงานโดยมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต โดยใช้แบบจำลอง PVSYST ในการคำนวณและประเมินระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา จากการสำรวจอาคารทั้งหมดจำนวน 22 อาคาร พบว่ามีอาคารจำนวน 10 อาคารที่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ เช่น การบังเงาของอาคาร ไม่เป็นอาคารลักษณะเฉพาะ และพื้นที่หลังคาไม่เหมาะสม เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าหากมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะได้กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด 992 กิโลวัตต์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1,379,477.70 หน่วยต่อปี ซึ่งถ้าคิดเป็นมูลค่าของเงินที่ประหยัดได้ในแต่ละปีจะลดลงได้ประมาณ 4,768,470.42 บาทต่อปี โดยใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 32.736 ล้านบาท และมีระยะเวลาคืนทุน 7 ปี 3 เดือน สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 651.742 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงระบบพลังงานร่วมกับมาตรการทางด้านพลังงานอื่นๆ เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกรณีศึกษา นอกจากนี้อาคารสถานศึกษาอื่น ๆ ยังสามารถประยุกต์ใช้งานวิจัยนี้เพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนได้

คำสำคัญ: การจัดการพลังงาน ความเป็นกลางทางคาร์บอน เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

¹ นักศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมการเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต อีเมล: prayuth.rit@dpu.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมการเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต อีเมล: vorarat@dpu.ac.th

³ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อีเมล: aumnad.phdu@kmutt.ac.th

* ผู้เขียนหลัก อีเมล: vorarat@dpu.ac.th

MODELING OF AN ELECTRICAL ENERGY GENERATION SYSTEM FROM SOLAR CELL TOWARDS CARBON NEUTRALITY IN DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY

Prayuth Rittidatch¹ Suparatchai Vorarat^{2*} Aumnad Phdungsilp³

Abstract

Energy systems and the energy performance of buildings play a significant role in achieving Thailand's carbon neutrality target. This research aimed to analyze the energy provision required to reach the carbon neutrality target at Dhurakij Pundit University. The PVSYST simulation tool was used to calculate and evaluate the rooftop electrical energy generation system. A survey of 22 buildings revealed that 10 of them could accommodate rooftop solar cell panels, considering factors such as building shading, non-specific building characteristics, and inappropriate rooftop areas. The study found that the installed electrical generation system from solar cells could produce 992 kWp, enabling the generation of 1,379,477.70 kWh per year. This is equivalent to approximately 4,768,470.42 Baht in annual savings, with a total investment of 32.736 million Baht and a payback period of 7 years and 3 months. The system can also reduce CO₂ emissions by 651.742 ktCO₂ per year. The results of this study can be applied to enhance the energy systems in conjunction with other energy-saving measures to reduce CO₂ emissions in a case study. Furthermore, the findings from this study can be applied to other educational buildings as they strive to achieve carbon neutrality.

Keywords: Energy management, Carbon neutrality, Solar photovoltaic rooftop

¹ Doctoral Student, Graduate Program in Engineering Management, College of Innovative Technology and Engineering, Dhurakij Pundit University, e-mail: prayuth.rit@dpu.ac.th

² Lecturer of Graduate Program in Engineering Management, College of Innovative Technology and Engineering, Dhurakij Pundit University, e-mail: vorarat@dpu.ac.th

³ Lecturer of Energy Management Technology Program, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, e-mail: aumnad.phdu@kmutt.ac.th

* Corresponding author, e-mail: vorarat@dpu.ac.th

บทนำ

การปรับเปลี่ยนอากาศของโลกที่ร้อนขึ้นล้วนเกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งสิ้น สาเหตุหลักมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse effect) (จุฑารัตน์ ชุนหะศร, 2556) ซึ่งปัจจุบันนี้จะมีแรงกระทบเป็นวงกว้างต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์และเศรษฐกิจของโลก (กิตติพงศ์ เพทาย, 2562) จากปัญหาดังกล่าวทำให้ทุกประเทศเริ่มให้ความสำคัญและตระหนักถึง โดยมีการร่วมมือแก้ไขปัญหาย่างจริงจังเพื่อแก้ไขปัญหา ที่ผ่านมามีในระดับนานาชาติได้เริ่มจากการทำข้อตกลงว่าด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกัน (บุญญา บัวเพื่อน, 2563) โดยข้อตกลงนานาชาติในขณะนี้เป้าหมายการควบคุมอุณหภูมิของโลกไม่ให้เกิน 2°C ภายในศตวรรษที่ 21 ตามข้อตกลงปารีส (Paris Agreement) ซึ่งประเทศไทยมีเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20-25 จากกรณีปกติภายในปี ค.ศ. 2030 (วิศรา สิริวัฒน์ และคณะ, 2564) ประเทศไทยมีส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 1 ของโลก (กิตติพงศ์ เพทาย, 2562) จากการใช้พลังงานที่มีแนวโน้มสูงขึ้นส่งผลให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นจาก $145.5 \text{ MtCO}_2\text{e}$ ในปี พ.ศ. 2541 เป็น $236.4 \text{ MtCO}_2\text{e}$ ในปี พ.ศ. 2561 และจากการที่รัฐบาลมีนโยบายเพิ่มการใช้พลังงานทดแทนให้มากขึ้นทำให้ในปี พ.ศ. 2563 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ลดลงร้อยละ 3.5 เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2564)

ประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ประมาณร้อยละ 11 ของพื้นที่ทั้งประเทศ ความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย $18 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ รังสีอาทิตย์สูงสุดจะอยู่ในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม ในช่วง $20\text{-}23 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ และ $19\text{-}20 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงสามารถนำพลังงานดังกล่าวมาเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ (ฉัตร ผลนาค และคณะ, 2560) และนำมาใช้พัฒนาการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชนและงานวิจัยกับการเรียนการสอนได้ (ศรายุทธ จิตรพัฒนากุล และกฤษณะ จันทสิทธิ์, 2564) เป็นต้น จะเห็นว่าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีศักยภาพในการเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อนเพื่อนำไปใช้ในอาคารต่าง ๆ และยังช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อีกด้วย การวางแผนการจัดการพลังงานเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากสำหรับอาคารสถานศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (ธนากร น้ำหอมจันทร์, 2560) ดังนั้นการประหยัดและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพยั่งยืนเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด อาคารต่างๆควรนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบพลังงานแบบอื่นๆ เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (การุณย์ ชัยวนิชย์ และคณะ, 2561)

จากเหตุผลข้างต้นและจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการบูรณาการระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับระบบพลังงานแบบดั้งเดิมที่รับไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้าและการเพิ่มสมรรถนะทางพลังงานของกรอบอาคารสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากอาคารได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีการลงทุนสูง (อิทธิเดช ภู่นันทพงษ์ และจิตติศักดิ์ บุญปราโมทย์, 2563) ดังนั้นการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยประกอบการตัดสินใจเป็นวิธีการที่ยอมรับทั้งในภาควิชาการและอุตสาหกรรม (ฉัตร ผลนาค และคณะ, 2560; ชนิสร สุธินันท์, 2559; บัญชา งามชื่น, 2562) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการจำลองการใช้พลังงานและการ

จัดหาพลังงานเพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต โดยจำลองออกแบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาได้ ใช้โปรแกรม PVSYST Version 6.87 เพื่อหาค่ากำลังผลิตไฟฟ้าของอาคารและทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นแนวทางนำไปสู่การจัดการความเป็นกลางทางคาร์บอนในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

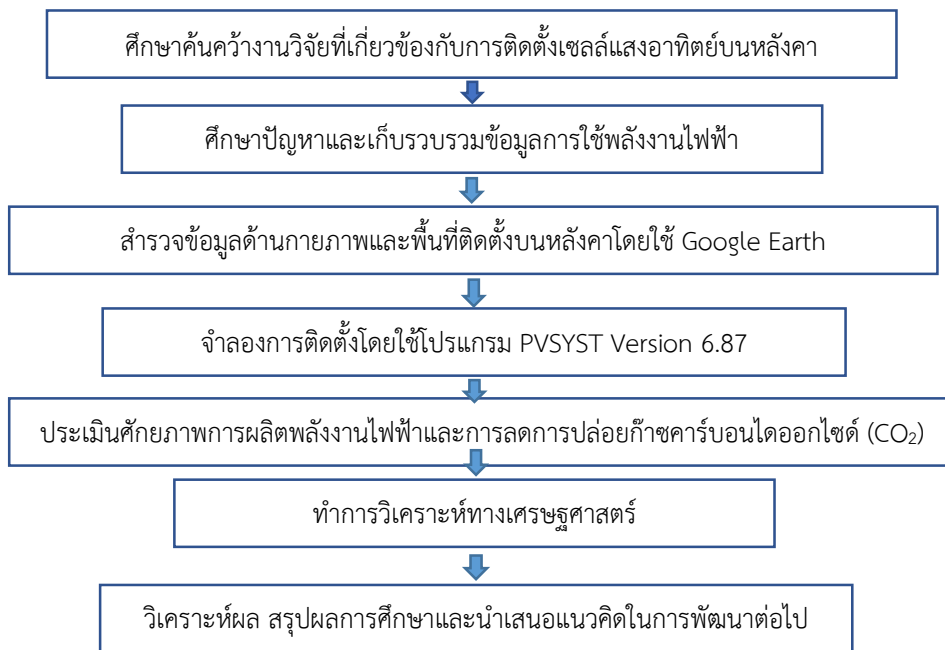
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ให้กับอาคารและวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
2. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

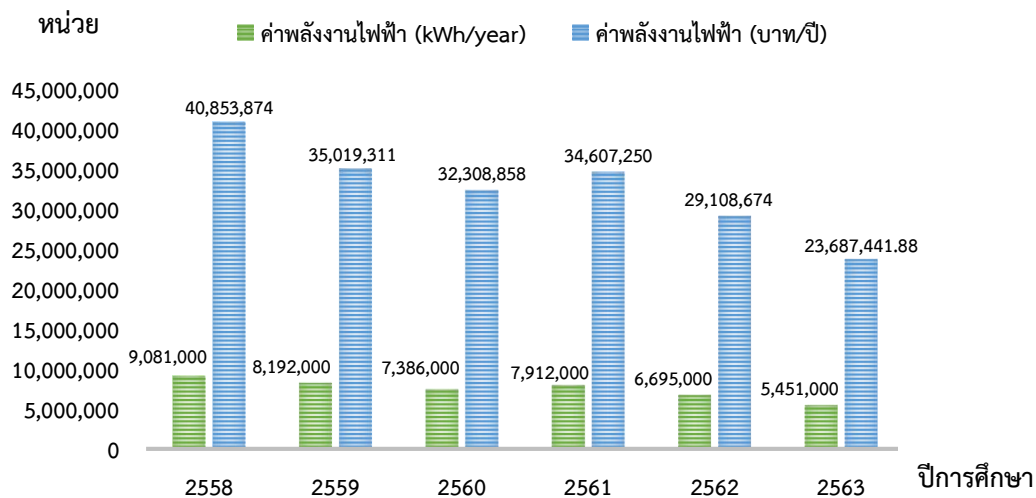
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต โดยใช้โปรแกรม PVSYST Version 6.87 จำลองเพื่อหาค่ากำลังผลิตไฟฟ้าของอาคาร นอกจากนี้ได้ทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนและคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 1 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตประกอบไปด้วยอาคารทั้งหมด 22 อาคาร พื้นที่ใช้สอยแบ่งออกเป็นอาคารสำนักงาน ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ห้องสมุด หอพักนักศึกษา บ้านเรือนไทย อาคารจอดรถ ศูนย์อาหาร ศูนย์กีฬา และสรวายน้ำ

ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารมีความจำเป็นอย่างมากสำหรับการประมวลผลแบบจำลอง โดยมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตมีลักษณะการใช้พลังงานตามวัน เวลา ที่มีการเรียนการสอน และมีการเปิดใช้อาคารตามภาคการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย ภาคเรียนที่ 1 (สิงหาคม ถึง ธันวาคม) ภาคเรียนที่ 2 (มกราคม ถึง เมษายน) และภาคฤดูร้อน (พฤษภาคม ถึง กรกฎาคม) ภาพที่ 2 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ปีการศึกษา 2558 ถึงปีการศึกษา 2563 ซึ่งเห็นได้ว่าการใช้พลังงานค่อนข้างสูง โดยในปีการศึกษา 2558 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงถึง 9,081,000 kWh/year คิดเป็นเงินจำนวน 40,853,874 บาทต่อปี และตั้งแต่ปีการศึกษา 2559 เป็นต้นมา มีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าลดลงอันมีสาเหตุมาจากการลดพื้นที่การใช้งานของอาคาร และมีการปรับปรุงด้านกายภาพของอาคารโดยเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีการประหยัดพลังงานมากขึ้นตามนโยบายของมหาวิทยาลัย ประกอบกับในปี พ.ศ. 2563 ได้เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิดทำให้ต้องมีการปรับการเรียนเป็นแบบออนไลน์ โดยการศึกษาจะใช้ข้อมูลไฟฟ้าปี พ.ศ. 2562 มาใช้ในการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าเพื่อจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่ลดลงจากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ปีการศึกษา 2558 ถึงปีการศึกษา 2563 ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

การสร้างแบบจำลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

การสร้างแบบจำลองใช้โปรแกรม PVSYST Version 6.87 ซึ่งสามารถระบุขนาดพิกัดของกำลังการผลิตหรือพื้นที่ในการติดตั้งรวมทั้งพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น มุมเงยของแผง ทิศที่แผงรับแสง และค่าสูญเสียต่าง ๆ ทั้งยังสามารถเลือกแผงและอินเวอร์เตอร์ตามรายชื่อผลิตภัณฑ์และผู้ผลิตได้ ซึ่งโปรแกรม PVSYST Version 6.87 สามารถจำลองได้ 3 รูปแบบ คือ 1) เชื่อมระบบจำหน่าย (Grid-connected) 2) แบบแยกตัวอิสระ (Standalone) และ 3) สำหรับเครื่องปั๊มน้ำ (Pumping) การระบุพื้นที่ติดตั้งแสดงในภาพที่ 3 โดยใช้ Google earth ระบุพิกัดตำแหน่งที่ตั้งของมหาวิทยาลัยอยู่ที่ละติจูด 13.869627 องศาเหนือ และลองจิจูด 100.551596 องศาตะวันออก พื้นที่แบ่งออกเป็น 3 โซน โดยที่โซนที่ 1 อยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดนนทบุรี ประกอบด้วยอาคารวิทยาลัยการพัฒนและฝึกอบรมด้านการบิน (CADT) จำนวน 6 อาคาร โซนที่ 2 จำนวน 18 อาคาร และโซนที่ 3 จำนวน 4 อาคาร อยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเฉพาะพื้นที่โซนที่ 2 และโซนที่ 3 ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครเท่านั้น เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของอาคารในโซนที่ 1 ไม่เหมาะสมที่จะทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา



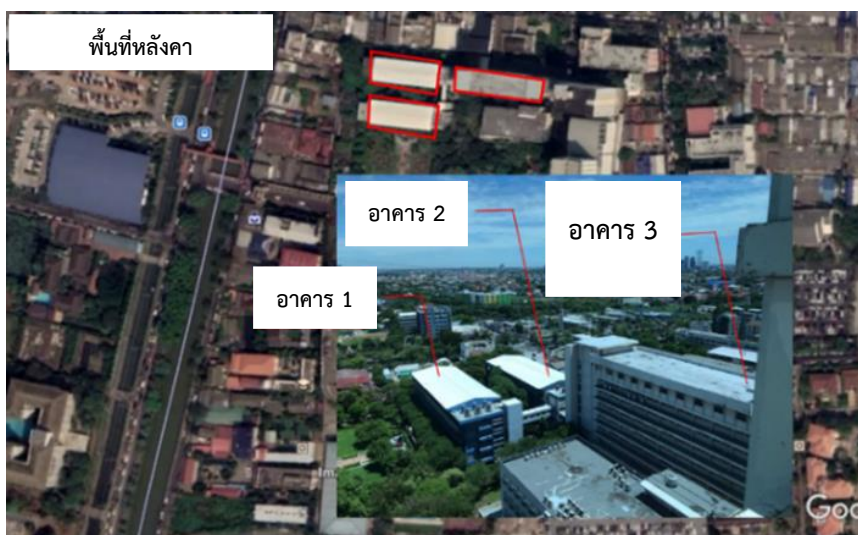
ภาพที่ 3 พื้นที่มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ ตามพิกัดดาวเทียมและแบ่งตามโซนพื้นที่

1. การออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

เนื่องจากอาคารในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ ส่วนใหญ่ไม่ได้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ดังนั้นการออกแบบติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงต้องออกแบบการติดตั้งให้แผงเซลล์หันไปในทางทิศใดมากที่สุดซึ่งจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงที่สุด การวิจัยได้ออกแบบการติดตั้งเพื่อผลิตไฟฟ้าให้ได้สูงที่สุดโดยเน้นการติดตั้งที่

เหมาะสม แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องหันไปทางทิศใต้หรือทิศใกล้เคียงที่สามารถยอมรับได้ มีความลาดชัน 15-20 องศา กับพื้นดิน ตำแหน่งการติดตั้งควรอยู่ในที่โล่งและไม่เกิดการบังเงาบนแผง ซึ่งอาจก่อให้เกิดฮอตสปอต (Hot spot) การติดตั้งต้องมั่นคง แข็งแรง และสามารถดูแลบำรุงรักษาได้ โดยออกแบบติดตั้งผลิตไฟฟ้าไม่เกิน 1 MW ใช้พื้นที่หลังคาอาคาร ดังแสดงในภาพที่ 4 ตำแหน่งหลังคาอาคารต่าง ๆ โดยใช้ Google earth และภาพถ่ายหลังคาจริงของอาคาร เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้

ในการพิจารณาติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ได้ทำการวิเคราะห์อาคารทั้งหมดในโซนที่พิจารณา ซึ่งแต่ละอาคารมีลักษณะเฉพาะ เช่น เป็นอาคารที่ทรงคุณค่า มีงานสถาปัตยกรรมที่ไม่สามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ เป็นต้น และการใช้งานที่แตกต่างกัน ทำให้ไม่สามารถติดตั้งแผงได้ทุกอาคาร จากการพิจารณาตามหลักเกณฑ์ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่กำหนด ได้แก่ หลังคาไม่เป็นพื้นที่ใช้งาน ไม่ถูกบังแสงจากอาคารอื่น และโครงสร้างของหลังคามีความแข็งแรง (ชนิสรา สุทธิพันธ์, 2559) ทำให้เลือกอาคารที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาได้จำนวน 10 อาคาร โดยมีรายละเอียดของพื้นที่หลังคาดังนี้ อาคาร 1 (829 m²) อาคาร 2 (829 m²) อาคาร 3 (976 m²) อาคาร 4 (978 m²) อาคาร 7 (1,607 m²) อาคาร 8 (1,013 m²) อาคาร 10 (1,946 m²) อาคาร 11 (1,744 m²) อาคาร 12 (1,461 m²) และอาคารสุทธิเกตุ (2,218 m²)



ภาพที่ 4 ตัวอย่างตำแหน่งหลังคาของอาคาร 1-3 ภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

2. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทนที่จะได้จากการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และอัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR) ดังสมการที่

1-3 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของระบบจะขึ้นกับราคาของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้กับการติดตั้ง ซึ่งถ้าอุปกรณ์นั้น ๆ มีการรับประกันอายุการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ยาวนาน และการเลือกใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงจะทำให้ระบบการผลิตไฟฟ้ามีกำลังการผลิตไฟฟ้าในแต่ละวันอยู่ในเกณฑ์สูง ปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อระยะเวลาคืนทุนของระบบทั้งสิ้น โดยการจำลองในการศึกษานี้ได้เลือกใช้ราคาของอุปกรณ์ของปี พ.ศ. 2562 เพื่อใช้ในการคำนวณการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (PB)} = \frac{\text{เงินทุนเริ่มต้น}}{\text{กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (1)$$

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{1 + r} \quad (2)$$

กำหนดให้

- B_t = ผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t
- C_t = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t
- r = อัตราคิดลด (Discount Rate)
- n = อายุของโครงการ
- t = ปีของโครงการ

อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR)

$$\sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad (3)$$

กำหนดให้

- B_t = ผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t
- C_t = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t
- n = อายุของโครงการ
- t = ปีของโครงการ

3. การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

การคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เพื่อประเมินผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมและนำไปวิเคราะห์หาแนวทางหรือมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดยใช้ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.48 kgCO₂/kWh.year ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2562 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2564) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4 (วิรัตน์ พิชิตกุญชร และกิริติ ชยะกุลศิริ, 2561)

$$\text{Avoided CO}_2 \text{ Emissions} = ER * 0.48 \text{ (kgCO}_2\text{/kWh.year)} \quad (4)$$

โดยที่ ER คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh)

โดยผลการศึกษาที่ได้แสดงถึงการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งอายุการใช้งานของอุปกรณ์ที่บริษัทผู้ผลิตรับประกันที่ 25 ปี ดังนั้นแสดงว่ายิ่งกำลังผลิตไฟฟ้ามีปริมาณมากเท่าใด ก็จะส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นไปด้วย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

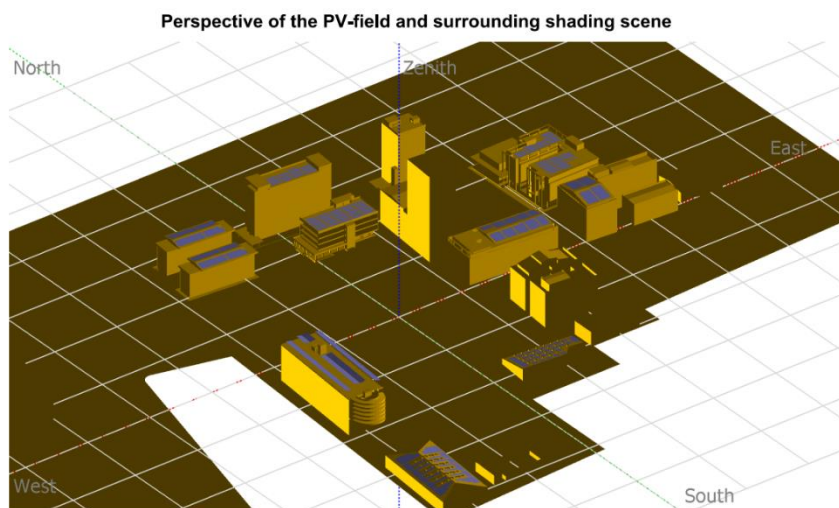
การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยที่เหมาะสมควรติดตั้งให้ด้านหน้าของแผงหันไปทางทิศใต้ และมีความลาดชัน 15-20 องศากับพื้นดิน เนื่องด้วยอาคารของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตยังไม่ได้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีแนวอาคารส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับทิศใต้ ผู้วิจัยจึงได้ใช้โปรแกรม PVSYST Version 6.87 มาช่วยในการออกแบบติดตั้งเพื่อให้ผลิตพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 5 การจำลองการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารมีรายละเอียดดังนี้

พิกัดที่ติดตั้ง	ละติจูด 13.870090 องศาเหนือ และลองจิจูด 100.550579 องศาตะวันออก
อาคารทำมุม	10 องศากับทิศตะวันตกเฉียงใต้
ค่าการบังเงา (Shading Loss)	ร้อยละ 2.62
จำนวนแผง	2,480 แผง
จำนวนสตริง	124 สตริง สตริงละ 20 แผง
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด	400 Wp
กำลังการผลิต	992 kWp
ค่าประสิทธิภาพระบบ	ร้อยละ 76.79
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้	1,357,797 kWh/year

2. ประสิทธิภาพของระบบ

การจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ วิเคราะห์ประสิทธิภาพ (Efficiency) และอัตราส่วนสมรรถนะ (Performance Ratio) ของระบบ โดยใช้ข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์จากฐานข้อมูลขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (National Aeronautics and Space Administration: NASA) จากภาพที่ 5 กำลังผลิตพลังงานรวมอยู่ที่ 992 kWp พื้นที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4,990 m² ในระบบประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์ 36 kW ประสิทธิภาพสูงสุดที่ร้อยละ 98.6 ที่ค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1 จำนวน 25 เครื่อง และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด PERC, Monocrystalline ขนาด 400 Wp แรงดันที่ กำลังสูงสุดของแผง 41.7 Volt ค่ากระแสที่ กำลังไฟฟ้าสูงสุด 9.60 Amp จำนวน 2,480 แผง โดยระบบสามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่ากับ 1,357,797 kWh/year โดยที่ประสิทธิภาพของระบบเท่ากับร้อยละ 76.79 ค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับไฟฟ้าที่ผลิตติดตั้งต่อปีเท่ากับ 1,369 kWh/kWp/year สามารถคำนวณค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ได้เท่ากับ 651,742.56 kgCO₂/kWh.year เมื่อวิเคราะห์ผลการจำลองเป็นรายเดือน

ดังตารางที่ 1 สามารถวิเคราะห์ศักยภาพของระบบรายเดือนได้ พบว่า ในเดือนมีนาคมมีค่าพลังงานสุทธิที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ได้รับมากที่สุด 160.0 kWh/m^2 จึงสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด แต่สมรรถนะของระบบ $PR=0.763$ น้อยกว่าเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม $PR=0.773$ เนื่องจากอุณหภูมิแวดล้อมของเดือนมีนาคม (29.86°C) สูงกว่าเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม (27.72°C) ทำให้มีพลังงานสูญเสียมากขึ้นจึงทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง



ภาพที่ 5 จำลองการออกแบบติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ PVSYS Version 6.87

3. ค่าสูญเสียในระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

ในการจำลองระบบนี้มีค่าสูญเสียในระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้น (Default) ที่โปรแกรมปรับตั้งไว้โดยค่าการสูญเสียของการออกแบบระบบทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้าลดลง อีกทั้งยังเป็นค่าเผื่อในการออกแบบทำให้เมื่อนำระบบที่ออกแบบไว้ไปติดตั้งจริงได้ค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้าได้ตามที่ต้องการ โดยสาเหตุหลักเกิดจากการสูญเสียที่แผงเซลล์ (Photovoltaic Loss: PV Loss) ถึงร้อยละ 16.39 และการสูญเสียที่อินเวอร์เตอร์ ขณะทำงานอีกร้อยละ 1.39 ดังแสดงในภาพที่ 6

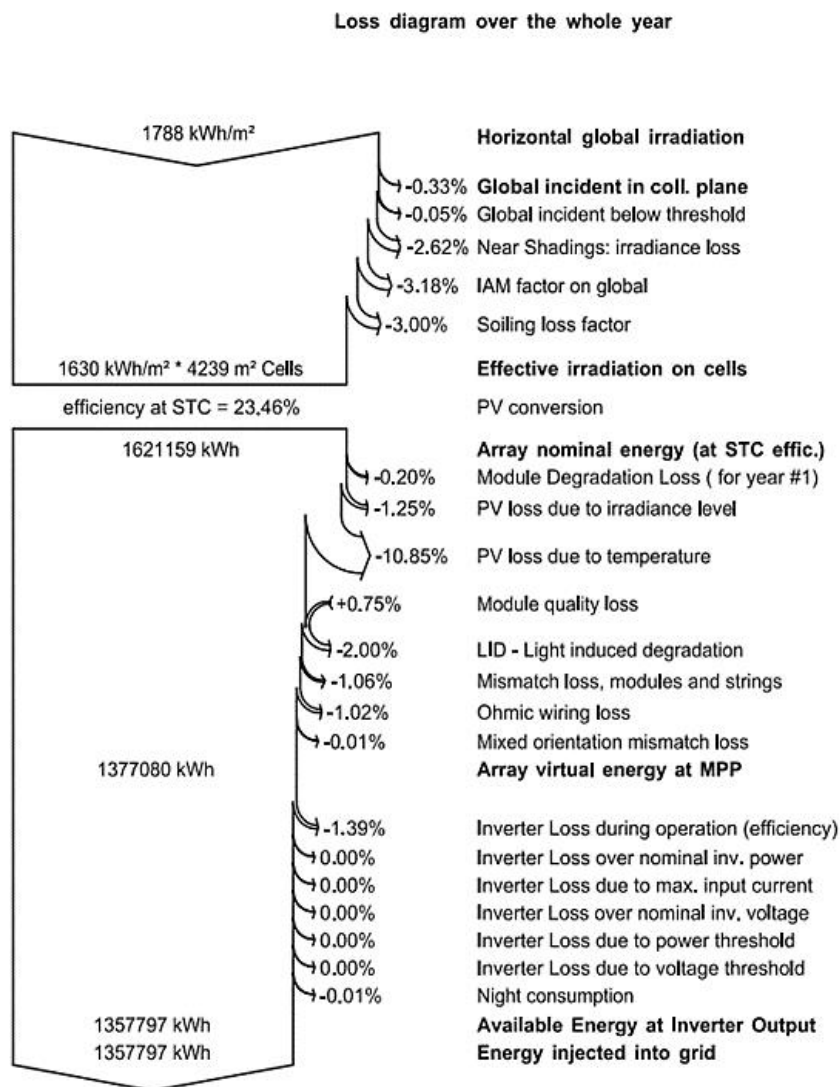
4. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษานี้ วิเคราะห์การลงทุน 3 ประการ คือ ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนการลงทุน โดยการลงทุนเริ่มต้นที่ 32,736,000 บาท คำนวณหาระยะเวลาคืนทุนโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่าระยะเวลาคืนทุน 7 ปี 3 เดือน จากผลการวิเคราะห์ด้านการเงินข้างต้นมาวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) โดยใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 5 พบว่าค่า NPV ตลอดอายุมีค่าเท่ากับ 27,294,732.67 บาท ซึ่งมีค่าเป็นบวกแสดงว่ายอมรับโครงการ ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการเงินข้างต้นนำมาวิเคราะห์

อัตราผลตอบแทนลดค่า (IRR) พบว่าค่า IRR ตลอดโครงการมีค่าเท่ากับร้อยละ 13 ซึ่งอัตราผลตอบแทนการลงทุนมีค่าสูงกว่า Minimum Acceptable Rate of Return (MARR) จึงน่าสนใจลงทุน สำหรับการวิเคราะห์การลงทุนนั้น พบว่าเหมาะสมต่อการลงทุน และผลการศึกษายังพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ ได้แก่ ชนิสร่า สุทธิพันธ์ (2559) และ วิรัตน์ พิชาติบุญชู และกิริติ ชยะกุลศิริ (2561)

ตารางที่ 1 ผลการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

เดือน	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR
มกราคม	144.5	60.81	27.27	145.9	132.7	113143	111567	0.771
กุมภาพันธ์	143.4	68.61	28.55	144.0	131.8	111412	109902	0.770
มีนาคม	174.3	82.67	29.86	173.9	160.0	133502	131704	0.763
เมษายน	174.5	80.07	30.14	173.2	159.5	132478	130652	0.760
พฤษภาคม	163.5	83.11	29.69	161.7	148.0	124347	122615	0.765
มิถุนายน	152.2	78.95	29.17	150.4	137.6	115992	114343	0.766
กรกฎาคม	149.0	88.52	29.34	147.1	134.3	113836	112215	0.769
สิงหาคม	138.7	75.78	29.28	137.1	125.8	105720	104189	0.766
กันยายน	129.9	75.93	28.24	129.1	118.0	100126	98673	0.770
ตุลาคม	137.4	79.31	28.58	137.2	125.4	106481	104960	0.771
พฤศจิกายน	139.5	67.19	27.72	140.1	127.5	109014	107485	0.773
ธันวาคม	141.5	61.88	27.22	142.8	129.7	111028	109491	0.773
รวม	1788.4	902.84	28.76	1782.5	1630.3	1377080	1357797	0.768



ภาพที่ 6 แผนภาพสมดุลพลังงานระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

สรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดหาพลังงานไฟฟ้ามุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนในมหาวิทยาลัยสุรนารี โดยจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาทั้งหมด 10 อาคาร พื้นที่ติดตั้ง 4,990 m² ระบบประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์ 36 kW จำนวน 25 เครื่อง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 400 Wp จำนวน 2,480 แผง ต่อขนานกัน 124 สตริง และใน 1 สตริงต่ออนุกรมกัน 20 แผง ทำให้ได้กำลังผลิตรวมอยู่ที่ 992 kWp โดยใช้โปรแกรม PVSYS Version 6.87 ในการจำลอง สามารถลดปริมาณหน่วยการใช้ไฟฟ้าได้ถึง 1,379,477.70 kWh/year คิดเป็นมูลค่าเงินจากการประหยัดพลังงานต่อปีเท่ากับ 4,768,470.42

บาทต่อปี มีระยะคืนทุนภายใน 7 ปี 3 เดือน และสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ถึง 651,742.56 kgCO₂/kWh.year จากผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปช่วยตัดสินใจในการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา และใช้เป็นแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และเพื่อให้อาคารสถานศึกษาอื่น ๆ ประยุกต์ใช้งานวิจัยนี้เพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนได้

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ถือเป็นเพียงส่วนหนึ่งของการจัดหาพลังงานเพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนของสถานศึกษา ซึ่งยังมีมาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าอีกหลายมาตรการที่จะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เช่น การปรับปรุงกรอบอาคารโดยเลือกใช้วัสดุมีค่าการการนำความร้อนต่ำ การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนอุปกรณ์ไฟฟ้าเดิมที่มีประสิทธิภาพต่ำ เพื่อลดการใช้พลังงานในอาคารได้ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ บัณฑิตศึกษาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต (College of Innovative Technology and Engineering Dhurakij Pundit University) ที่สนับสนุนทั้งข้อมูล ความรู้ เทคนิคต่าง ๆ และขอบขอบคุณทีมงานช่างซ่อมบำรุงที่อำนวยความสะดวกและให้การช่วยเหลือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- การุณย์ ชัยวนิชย์, พุทธิ อุบลสุข, และมนตรี สังข์ทอง. (2561). การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 10(12), 35–46.
- กิตติพงศ์ เพทาย. (2562). การศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดตั้งโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ กรณีศึกษา จังหวัดตรัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จุฑารัตน์ ชุนหะศร. (2556). พฤติกรรมการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์:กรณีศึกษานุเคราะห์ที่ปฏิบัติงานในเทศบาลตำบลเมืองแกลง จังหวัดระยอง. วารสารวิทยบริการ, 24(3), 82-93.
- ฉัตร ผลนาค, จอมภพ แววศักดิ์, สมพล ชีวมงคลกานต์, และ ปราณี หนูทองแก้ว. (2560). การประเมินประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาและเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายขนาดกำลัง 3 กิโลวัตต์ โดยอาศัยการจำลองแบบด้วยโปรแกรม PVsyst. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 20, 261–268.

- ชนิสรา สุทธิพันธ์. (2559). การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ธนากร น้ำหอมจันทร์. (2560). การอนุรักษ์พลังงานในสถานศึกษา. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 11(1), 67–75.
- บัญชา งามชื่น. (2562). การวิเคราะห์ความพร้อมในการผลิตกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ 1 เมกกะวัตต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- บุญญา บัวเผื่อน. (2563). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา บริษัท บีเอ็มที เอเชีย จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- วรศรา สิริวัฒน์, วิภาดา ทองหอม, ศุภิสรา แขวงโสภ, ธนกฤต เนียมหอม และ วิธิดา พัฒนอิสรานุกุล. (2564). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตพะเยา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 29(4), 604-617.
- วิรัตน์ พิธิกุลบุตร, และกิริติ ชยะกุลศิริ. (2561). การออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก. วิ ศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 29(1), 25–36.
- ศรายุทธ จิตรพัฒนานุกุล, และกฤษณะ จันทสิทธิ์. (2564). ระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากระดับครัวเรือน. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 16(1), 87-102.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2564). การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) จากการใช้พลังงาน ปี2564. สืบค้นจาก http://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/download/22061_5ccc70b8d6aaf1e3d34dc98b6d138bc2
- อิทธิเดช ภู่นันทพงษ์, และฐิติศักดิ์ บุญปรางโมทย์. (2563). การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย. วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน, 3(1), 58–64.