



การศึกษาแนวทางการพัฒนาศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
แบบติดตั้งบนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

พิพัฒน์ กรรณิกา

วิทยานิพนธ์หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
มิถุนายน 2569

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากกองทุนสนับสนุนงานวิจัยเพื่อการพัฒนา
ประเภทการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การศึกษาแนวทางการพัฒนาศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ชื่อผู้ศึกษา : นายพิพัฒน์ วรรณิกา

ปริญญา : ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้าและสมารถกริดเทคโนโลยี

ปีการศึกษา : 2568

อาจารย์ที่ปรึกษา :

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรัญ คนแรง

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนพล แสงสุวรรณ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภพ ใจแข็ง

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาแนวทางการพัฒนาศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยได้คัดเลือกอาคารจำนวน 10 อาคาร จาก 121 อาคาร ที่คงเหลือจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาไปแล้ว 10 อาคาร ตามเกณฑ์การประเมินอาคาร เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา วิเคราะห์การลดก๊าซเรือนกระจก (Carbon Credit) และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ผลที่ได้พบว่า ผลศักยภาพเชิงกายภาพความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ จำนวน 10 อาคารอยู่ที่ 4.73 kWh/m²/day ผลศักยภาพเชิงกายภาพพื้นที่หลังคาของอาคารอยู่ที่ 54,472.04 kWh/day ผลวิเคราะห์ทางเทคนิคด้วยการสร้างแบบจำลองด้วยซอฟต์แวร์ PVsyst ขนาดติดตั้ง อยู่ที่ 2,482 kWp ผลผลิตไฟฟ้าที่ได้อยู่ที่ 3,663.85 MWh/ปี ผลด้านสิ่งแวดล้อมสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon Credit) อยู่ที่ 1,868.93 tCO₂/ปี และผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ ใช้สมมติฐานทางการเงิน (MRR) ที่อัตราคิดลด 7.295 % ค่าไฟฟ้า 4.73 บาท/หน่วย (ค่าเฉลี่ยจากค่าไฟฟ้าปี 2567) ตลอดอายุการใช้งานระยะเวลาโครงการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาอยู่ที่ 25 ปี และเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ทุก 10 ปี พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ 257,579,308.81 บาท อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ 26.49 % และระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด 3.60 ปี และสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ถึง 65 % ของการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยทั้งหมด ผลการวิเคราะห์ศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในพื้นที่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายพบว่า มีความคุ้มค่าการลงทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการและอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการมีค่าเป็นบวก ระยะเวลาคืนทุนสั้นทำให้เป็นโครงการที่น่าสนใจและคุ้มค่าในการลงทุนสำหรับมหาวิทยาลัยอย่างยิ่ง

คำสำคัญ: ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา, โปรแกรม PVsyst, คาร์บอนเครดิต, ก๊าซเรือนกระจก, การพัฒนาศักยภาพ

Abstract

Title : A Study of Guidelines for Developing the Potential of Rooftop Solar Power Generation Systems
at Chiang Rai Rajabhat University

Author : Mr.Phiphat Kannika

Degree : Master of Science in Technical Education

Major Field : Electrical Engineering and Smart Grid Technology

Academic Year : 2025

Advisors :

Assistant Professor Dr. Jarun Khonrang

Major Advisors

Assistant Professor Dr. Thanapon Saengsuwan

Co- Advisors

Assistant Professor Dr. Wipobh Jaikhang

Co- Advisors

This study aims to investigate guidelines for developing the potential of rooftop solar power generation systems at Chiang Rai Rajabhat University. Ten buildings were selected from 121 remaining buildings after ten buildings had already been installed with rooftop solar power generation systems. The selection was based on building evaluation criteria. The study analyzes the potential of rooftop solar power generation systems, greenhouse gas emission reduction (carbon credits), and economic feasibility using engineering economic analysis. The results indicate that the physical potential of solar radiation intensity for the ten selected buildings is 4.73 kWh/m²/day, while the physical potential of rooftop area is 54,472.04 kWh/day. Technical analysis using PVsyst software modeling shows that the installed capacity is 2,482 kWp, with an annual electricity generation of 3,663.85 MWh. Environmental analysis demonstrates a reduction in greenhouse gas emissions equivalent to 1,868.93 tCO₂ per year.

Economic analysis is conducted using financial assumptions based on the minimum retail rate (MRR), with a discount rate of 7.295%, an electricity tariff of 4.73 baht per unit (average electricity cost in 2024), a project lifespan of 25 years, and inverter replacement every 10 years. The results show that the net present value of the project is 257,579,308.81 baht, the internal rate of return is 26.49%, and the discounted payback period is 3.60 years. In addition, the system can reduce electricity costs by up to 65% of the university's total electricity consumption. The potential analysis confirms that rooftop

solar power generation systems at Chiang Rai Rajabhat University represent a financially viable investment. Positive net present value and internal rate of return, together with a short payback period, indicate that the project is attractive and worthwhile for university investment.

Keywords: Rooftop Solar Power Generation System; PVsyst; Carbon Credit; Greenhouse Gas; Potential Development

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรัญ คนแรง อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนพล แสงสุวรรณและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภ ใจแข็ง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาเป็น ที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดเวลาในการทำวิทยานิพนธ์จนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ ด้วยความเอาใจใส่ และเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สำหรับคำแนะนำในด้านต่าง ๆ

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ได้ให้กำลังใจและการ สนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

สุดท้ายนี้ทางผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้ช่วยพิจารณาและให้คำแนะนำแก้ไข ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่าง สมบูรณ์และทรงคุณค่า ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ศักยภาพ การลดก๊าซเรือนกระจก และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของการลงทุนติดตั้งระบบผลิต ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายและผู้ที่เกี่ยวข้องไม่มาก ก็น้อย

พิพัฒน์ วรรณิกา

มิถุนายน 2569

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ญ
 บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตการวิจัย	4
กรอบแนวคิด	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	5
 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์	7
2. แนวคิดเกี่ยวกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา	12
3. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาศักยภาพระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในสถาบัน การศึกษา	13
4. นโยบายและมาตรการส่งเสริมพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย	15
5. โปรแกรม PVsyst	16
6. คาร์บอนเครดิต	18
7. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	19
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3	
วิธีดำเนินการวิจัย	29
ขั้นตอนการดำเนินการ	29
วิธีการดำเนินการวิจัย	30
4	
ผลการศึกษา	39
ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล	39
ผลการวิเคราะห์ศักยภาพและความเหมาะสม	44
การพัฒนาแนวทางและข้อเสนอแนะ	52
แนวทางการพัฒนาศักยภาพที่เหมาะสมและยั่งยืน	52
5	
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	54
สรุปผลการวิจัย	54
อภิปรายผล	55
ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้	57
ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป	58
รายการอ้างอิง	59
ภาคผนวก	64
ภาคผนวก ก ข้อมูลการเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์	65
ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วย โปรแกรม PVsyst จำนวน 10 อาคาร	68
ภาคผนวก ค ข้อมูลตารางที่ 2 อัตราดอกเบี้ยให้สินเชื่อ ธนาคารกรุงไทย เริ่ม ใช้ตั้งแต่วันที่ 15 พฤษภาคม 2568	89
ประวัติผู้ศึกษา	90

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การเก็บข้อมูลการคัดเลือกอาคาร ตามเกณฑ์การประเมินอาคาร	30
2 การเก็บข้อมูลการคำนวณพื้นที่ติดตั้งโดยใช้โปรแกรม Google Earth ทำการวัดพื้นที่ที่ติดตั้งโดยคำนึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้ง ซึ่งใช้เงื่อนไขด้านกายภาพ	31
3 การเก็บข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายจากมิเตอร์ AMR (Automatic Meter Reading) และบิลค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในปี 2567	31
4 การเก็บข้อมูลแหล่งพลังงานทดแทนภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) ขนาด 501.12 kWp	33
5 การวิเคราะห์ข้อมูลความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	38
6 ผลพื้นที่และร้อยละของประเภทหลังคาอาคาร	39
7 ผลการคัดเลือกอาคาร ตามเกณฑ์การประเมินอาคาร	40
8 ผลการคำนวณพื้นที่ติดตั้งโดยใช้โปรแกรม Google Earth ทำการวัดพื้นที่ติดตั้งโดยคำนึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้ง ซึ่งใช้เงื่อนไขด้านกายภาพ	41
9 ผลข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายจากมิเตอร์ AMR (Automatic Meter Reading) และบิลค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในปี 2567	42
10 ผลการเก็บข้อมูลแหล่งพลังงานทดแทนภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) ขนาด 501.12 kWp	43
11 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงกายภาพความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ของตำบลบ้านดู่ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย	45
12 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงกายภาพพื้นที่หลังคาของอาคาร โดยคำนึงถึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้งซึ่งใช้เงื่อนไขด้านกายภาพ	46
13 ผลการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม PVsyst	47
14 การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยกับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบโซลาร์เซลล์	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ผลการคำนวณคาร์บอนเครดิตใช้ T-VER-S-METH-01-01	50
16	ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	50

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิด	5
2	ระบบแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง	9
3	ระบบแบบอิสระ	9
4	ระบบแบบผสม	10
5	โปรแกรม PV syst	17
6	คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit)	18
7	ขั้นตอนการดำเนินการ	29
8	แผนภาพแสดงพื้นที่ดำเนินโครงการ	40
9	แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของปี 2567	43
10	แสดงค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ	51
11	แสดงผลการประเมินจุดคุ้มทุนจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา	52

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร เป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้เกิดการใช้พลังงานมากขึ้นเพื่อขับเคลื่อนกิจกรรมทางเศรษฐกิจ และตอบสนองความต้องการต่าง ๆ เพื่อยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของประชาชน อันเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และวิกฤตพลังงานเป็นความท้าทายสำคัญที่ทั่วโลกกำลังเผชิญในปัจจุบัน ส่งผลให้หลายประเทศรวมถึงประเทศไทยหันมาให้ความสำคัญกับการพัฒนาและใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่มีศักยภาพสูงในประเทศไทย เนื่องจากตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตรที่ได้รับแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี และสามารถช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ส่งเสริมความมั่นคงทางพลังงานและการพัฒนาอย่างยั่งยืน นอกจากนี้ แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 (AEDP 2018) ของประเทศไทยได้พยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ได้นำค่าพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายตามแผนอนุรักษ์พลังงานที่พยากรณ์ภายใต้สมมติฐานประมาณการอัตราขยายตัวทางเศรษฐกิจระยะยาวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 – 2580 ของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ กรณีที่สามารถบรรลุเป้าหมายลดการใช้พลังงานลงร้อยละ 30 ในปี 2580 เมื่อเทียบกับปี 2553 แล้ว มีผลคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ณ ปี 2580 อยู่ที่ระดับ 126,867 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) ซึ่งจะใช้เป็นฐานในการตั้งเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก โดยพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย กรณีที่สามารถบรรลุเป้าหมายตามแผนอนุรักษ์พลังงานในปี 2580 จะมีค่า 250,204 ล้านหน่วยหรือเทียบเท่า 21,320 ktoe และได้กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ไว้ที่ 15,574 เมกะวัตต์ภายในปี พ.ศ. 2580 และเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งแสดงให้เห็นถึงทิศทางและความมุ่งมั่นของประเทศในการส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2563)

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพมากที่สุดบนโลก ดวงอาทิตย์ส่งพลังงานมายังโลกในแต่ละชั่วโมงมากกว่าพลังงานทั้งหมดที่มนุษยชาติใช้ในหนึ่งปี

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในทศวรรษที่ผ่านมาได้ทำให้การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ในปัจจุบัน พลังงานแสงอาทิตย์กลายเป็นส่วนสำคัญของการเปลี่ยนผ่านด้านพลังงานทั่วโลก ด้วยราคาที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง การกระจายตัวของเทคโนโลยีที่เพิ่มขึ้น และความต้องการพลังงานสะอาดที่สูงขึ้น ทำให้พลังงานแสงอาทิตย์กลายเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ทำให้มีทั้งภาคเอกชน ภาคประชาชน และหน่วยงานภาครัฐ ให้ความสนใจจำนวนมากในเรื่องการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ หนึ่งในนั้น คือ สถาบันการศึกษา (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2563)

สถาบันการศึกษาเป็นหนึ่งในภาคส่วนที่มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนการใช้พลังงานทดแทน ทั้งในฐานะผู้ใช้พลังงาน ผู้พัฒนาองค์ความรู้ และต้นแบบแก่สังคม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย ในจังหวัดเชียงรายซึ่งมีภูมิประเทศและภูมิอากาศที่มีลักษณะเฉพาะ มีพื้นที่กว้างขวางประมาณ 940 ไร่ ประกอบด้วยอาคารเรียน อาคารปฏิบัติการ หอพักนักศึกษา และพื้นที่กิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง การพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่มหาวิทยาลัยจึงเป็นแนวทางที่มีความเหมาะสมทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และการเป็นต้นแบบการพัฒนาพลังงานทดแทนให้แก่ชุมชนและสังคม ปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แล้วบางส่วน ที่ได้รับงบประมาณในโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในหน่วยงานภาครัฐ จากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ปีงบประมาณ 2560 สำหรับติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังอาคาร (Solar Rooftop) จำนวน 10 อาคาร ขนาดกำลังติดตั้ง 501.12 kWp ตามนโยบายของรัฐ เพื่อให้เกิดการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนให้แก่หน่วยงานภาครัฐและลดการใช้พลังงานในหน่วยงานภาครัฐ แต่ยังไม่ครอบคลุมทั่วทั้งมหาวิทยาลัยและมีศักยภาพที่จะพัฒนาเพิ่มเติมได้อีกมาก และการบูรณาการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop) ได้ผลประโยชน์ทางตรงในเรื่องลดค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้าในทันทีเมื่อเปิดระบบใช้งาน และได้ประโยชน์ทางอ้อมในเรื่องการลดก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนเครดิต) จากการผลิตพลังงานที่สะอาด (มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 2563)

โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) คือ โครงการลดก๊าซเรือนกระจกที่องค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ทุกภาคส่วน มีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศโดยความสมัครใจ และสามารถนำปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ที่เรียกว่า คาร์บอนเครดิต ซึ่งภายใต้โครงการ T-VER นี้เรียกว่า “TVER” ไปขายในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจในประเทศได้ ทั้งนี้ อบก. ได้กำหนดหลักเกณฑ์และขั้นตอนในการ

พัฒนาโครงการ ระเบียบวิธีการในการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology) การขึ้นทะเบียนและการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยจะต้องเป็นโครงการที่ก่อให้เกิดการลด/ดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในประเทศไทย โดยมีการเริ่มดำเนินโครงการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 เป็นต้นมา (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2559)

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาแนวทางการพัฒนาศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยทำการวิเคราะห์สภาพปัจจุบันของการใช้พลังงานไฟฟ้าและระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาที่มีอยู่ จำนวน 10 อาคาร เพื่อประเมินศักยภาพในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายเพิ่มมากขึ้น ศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในด้านการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน การลดก๊าซเรือนกระจก การสร้างประโยชน์เชิงการศึกษาและการวิจัยได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
2. เพื่อวิเคราะห์การลดก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนเครดิต) ของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
3. เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สร้างสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้น
2. ได้ต้นแบบและกรณีศึกษาสำหรับสถาบันการศึกษาอื่นๆ และหน่วยงานที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยที่มีลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศคล้ายคลึงกัน

3. สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนและพัฒนาโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในระดับชุมชนและระดับท้องถิ่น ซึ่งสอดคล้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัยราชภัฏในการพัฒนาท้องถิ่นและเป็นสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

1.1 ประเมินศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop) โดยใช้โปรแกรม PVsyst

1.2 ประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนเครดิต) โดยใช้วิธีการคำนวณโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER)

1.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน จะใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจทั้งสิ้น 3 เกณฑ์ ได้แก่

1.3.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ซึ่งหากค่า NPV มากกว่าศูนย์ หมายถึง โครงการนั้นมีความคุ้มค่าลงทุน

1.3.2 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) ซึ่งหากค่า IRR สูงกว่าอัตราลดค่า (Discount rate) หมายถึง โครงการนั้นมีความคุ้มค่าการลงทุน

1.3.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) หากระยะเวลาคืนทุนยิ่งสั้นกว่าอายุการใช้งานเท่าใดยิ่งทำให้โครงการนั้นมีความคุ้มค่าลงทุนมากขึ้นเท่านั้น

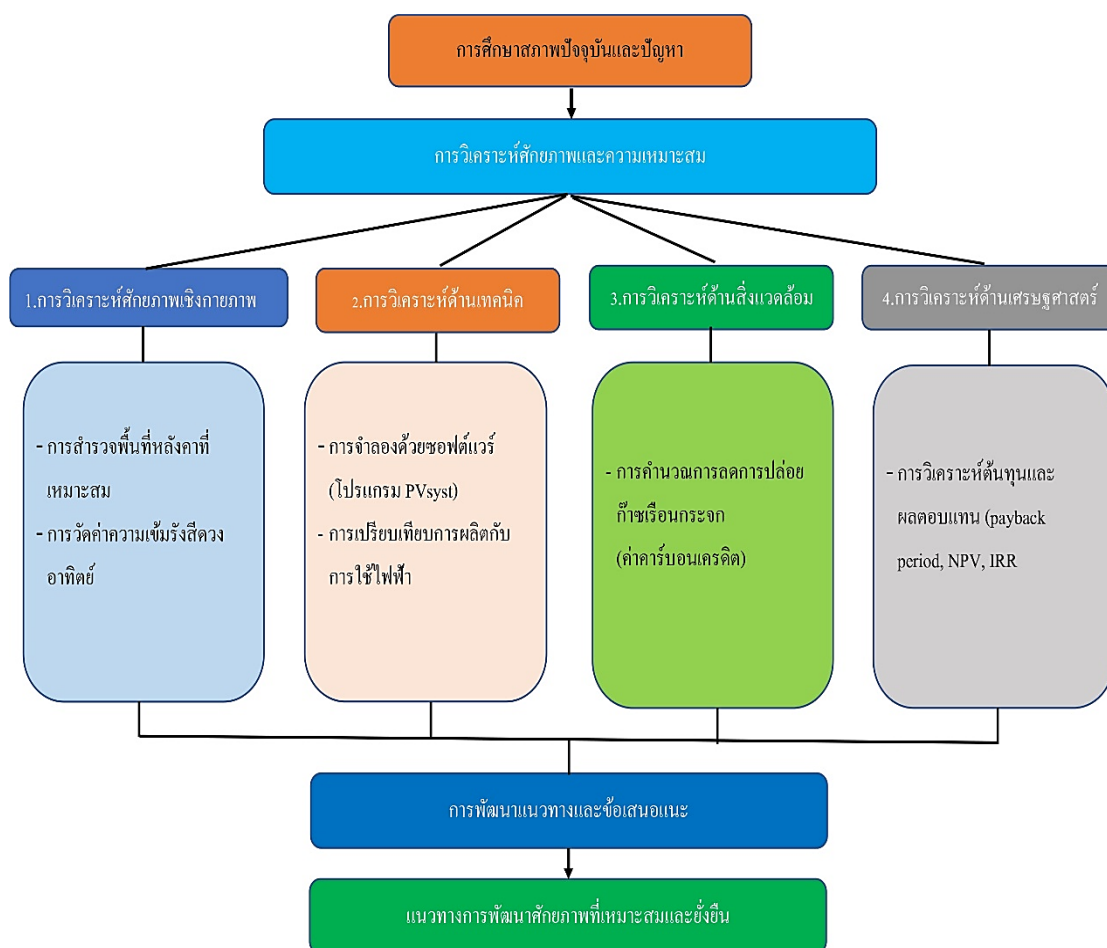
2. ขอบเขตด้านสถานที่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

3. ขอบเขตระยะเวลา

มีนาคม 2568 ถึง ธันวาคม 2568

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

นิยามศัพท์เฉพาะ

การพัฒนาศักยภาพ หมายถึง การพัฒนาศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะช่วยให้สามารถผลิตพลังงานสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ รองรับการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเพิ่มความมั่นคงทางพลังงานให้กับประเทศ

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Rooftop Solar System) หมายถึง ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาอาคาร บ้านเรือน หรือโรงงาน โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ (Solar Panel) ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) หมายถึง การดำเนิน โครงการที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจก เช่น พลังงานหมุนเวียน โครงการปลูกป่า หรือการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงาน ซึ่งสามารถสร้างเครดิตที่

นำไปขายในตลาดคาร์บอนได้ โดยใบอนุญาตหรือสิทธิที่ให้ผู้ถือสามารถปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ ในปริมาณที่กำหนด โดย 1 คาร์บอนเครดิตมีค่าเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1 ตัน

พลังงานแสงอาทิตย์ หมายถึง พลังงานที่ได้จากแสงและความร้อนของดวงอาทิตย์ ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การผลิตไฟฟ้า การให้ความร้อน และการอบแห้ง

ก๊าซเรือนกระจก หมายถึง ก๊าซในชั้นบรรยากาศที่สามารถกักเก็บความร้อนจากแสงอาทิตย์ไว้ในโลก ทำให้เกิด ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของ ภาวะโลกร้อน (Global Warming) และ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)

โปรแกรม PVsyst หมายถึง โปรแกรมจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบและจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อช่วยในการออกแบบ, วิเคราะห์ และประเมินประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (PV) ทั้งแบบติดตั้งบนหลังคา (Rooftop) และแบบติดตั้งบนพื้นดิน (Ground-mounted)

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา วิเคราะห์การลดก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนเครดิต) และศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop) ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการสำรวจ และวิเคราะห์ศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยผู้วิจัยได้รวบรวม วิเคราะห์ สังเคราะห์เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัย ดังนี้

1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์
2. แนวคิดเกี่ยวกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา
3. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาศักยภาพระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในสถาบันการศึกษา
4. นโยบายและมาตรการส่งเสริมพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย
5. โปรแกรม PVsyst
6. คาร์บอนเครดิต
7. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์

1.1 หลักการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยอาศัยเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic cells) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรงผ่านปรากฏการณ์โฟโตวอลเทอิก (Photovoltaic effect) เมื่อแสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วยโฟตอน กระแทกกับสารกึ่งตัวนำ (เช่น ซิลิคอน) จะเกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอนและสร้างกระแสไฟฟ้า การแปลงและจัดการพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จะถูกแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ผ่านอินเวอร์เตอร์เพื่อให้สามารถใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไปหรือส่งเข้าระบบสายส่งไฟฟ้า โดยมีองค์ประกอบหลักของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่

1.1.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Panels) ทำหน้าที่รับแสงอาทิตย์และแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

1.1.2 อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

1.1.3 ระบบควบคุมการประจุ (Charge Controller) ใช้ในระบบที่มีแบตเตอรี่ทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จและการจ่ายไฟฟ้า

1.1.4 แบตเตอรี่ (Battery) ใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้ในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ (ใช้ในระบบแบบอิสระ)

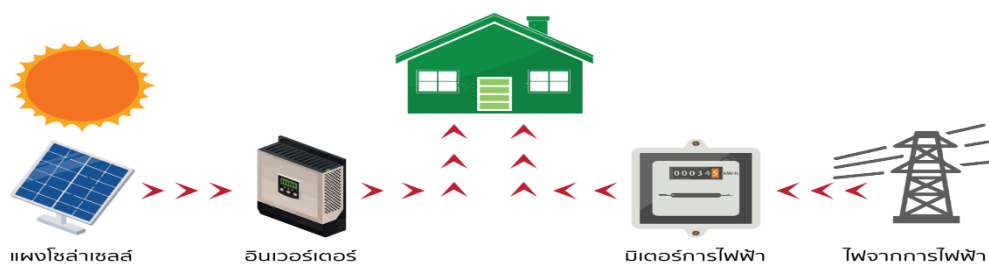
1.1.5 มิเตอร์และระบบติดตาม (Meters & Monitoring) ใช้ติดตามการผลิตไฟฟ้าและการใช้พลังงาน

1.1.6 อุปกรณ์ป้องกัน (Protection Devices) ใช้ป้องกันความเสียหายจากกระแสไฟฟ้าเกินแรงดันเกิน หรือฟ้าผ่า (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2564). คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์.)

1.2 ประเภทของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีดังนี้

1.2.1 ระบบแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (Grid-connected system) คือ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าทำให้สามารถส่งไฟฟ้าที่ผลิตได้เข้าสู่ระบบสายส่งและสามารถใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งได้เมื่อระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอ ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟ มีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่ง (Grid-tied inverter) มีระบบการป้องกันการจ่ายไฟย้อนกลับ (Anti-islanding protection) และมีมิเตอร์ไฟฟ้าแบบสองทิศทาง (Net metering)

ระบบ On grid

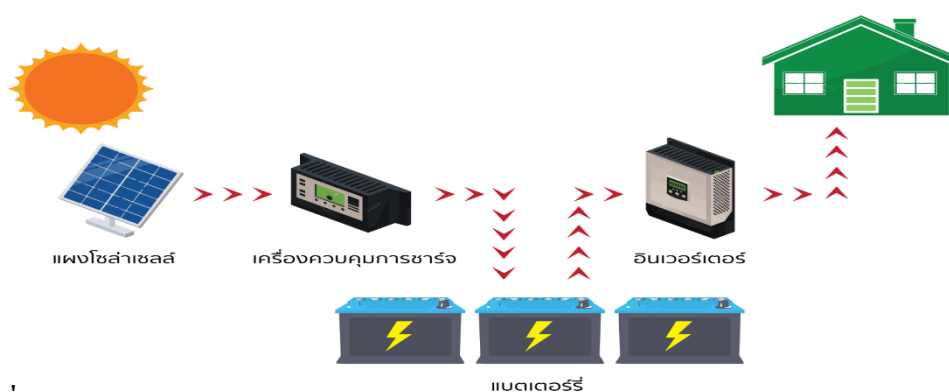


ภาพที่ 2 ระบบแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (On grid)

(ที่มา : maktronic green power design/2569)

1.2.2 ระบบแบบอิสระ (Stand-alone system) คือ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับระบบสายส่งไฟฟ้าทำงานอย่างอิสระเหมาะสมสำหรับพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีไฟฟ้าเข้าถึงหรือต้องการระบบไฟฟ้าที่พึ่งพาตนเองได้ ซึ่งจำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้า มีอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Charge controller) ต้องออกแบบให้เหมาะสมกับภาระไฟฟ้า (Load) และอาจมีอินเวอร์เตอร์แบบอิสระ (Off-grid inverter) เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ

ระบบ Off grid

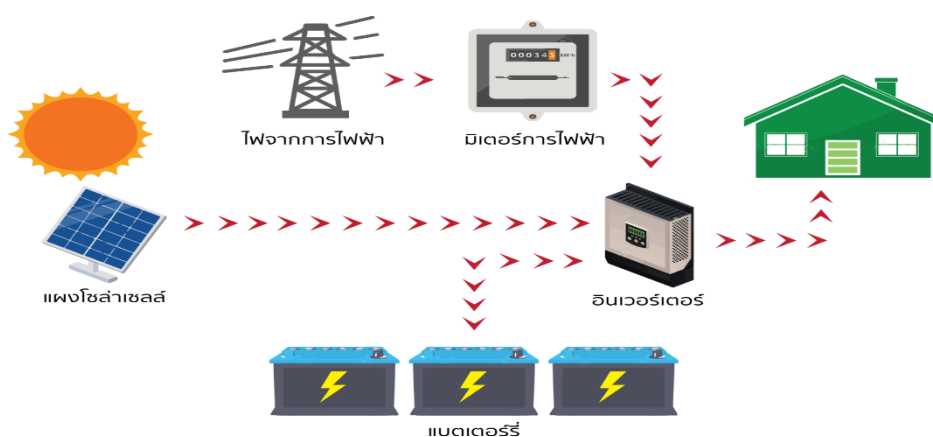


ภาพที่ 3 ระบบแบบอิสระ (Off Grid)

(ที่มา : maktronic green power design/2569)

1.2.3 ระบบแบบผสม (Hybrid system) คือ ระบบที่ผสมผสานระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์กับแหล่งพลังงานอื่น ๆ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล กังหันลม หรือเซลล์เชื้อเพลิง เพื่อเพิ่มความเสถียรและความน่าเชื่อถือของระบบ ซึ่งมีการทำงานร่วมกันของแหล่งพลังงานหลายประเภท มีระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ (Hybrid controller) ส่วนใหญ่มีระบบกักเก็บพลังงาน (แบตเตอรี่) สามารถเชื่อมต่อหรือไม่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งไฟฟ้าก็ได้ และมีความยืดหยุ่นสูงในการรองรับภาระไฟฟ้าที่หลากหลาย (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2563) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580)

ระบบ HYBRID



ภาพที่ 4 ระบบแบบผสม (HYBRID)

(ที่มา : maktronic green power design/2569)

1.3 องค์ประกอบของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา มีดังนี้

1.3.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar panels) คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์หลักในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมากเชื่อมต่อกันทั้งแบบอนุกรมและขนาน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่ แผงโมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline panels) มีประสิทธิภาพสูง 17-22%, แผงโพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline panels) มีประสิทธิภาพ 15-17% และแผงฟิล์มบาง (Thin-film panels) บางเบา ติดตั้งง่าย แต่ประสิทธิภาพประมาณ 10-13%

1.3.2 อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไปหรือส่งเข้าระบบสายส่งอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ อินเวอร์เตอร์แบบรวมศูนย์ (Central inverter) สำหรับระบบขนาดใหญ่, อินเวอร์เตอร์แบบสตริง (String inverter) เหมาะกับบ้านและอาคารทั่วไป ไมโครอินเวอร์เตอร์ (Micro inverter) ติดตั้งที่แผงแต่ละแผงเพิ่มประสิทธิภาพเมื่อมีเงาบัง และออปติไมเซอร์กำลังไฟฟ้า (Power optimizer) ปรับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมที่แต่ละแผง

1.3.3 ระบบติดตั้ง (Mounting system) คือ โครงสร้างที่ใช้ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับหลังคาหรือพื้นที่ติดตั้งทำหน้าที่รักษาความมั่นคงและกำหนดทิศทางและมุมเอียงของแผงระบบติดตั้งที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ ระบบยึดติดกับหลังคาโดยตรง (Direct roof mount) ติดตั้งขนานกับความลาดเอียงของหลังคา, ระบบโครงสร้างยกระดับ (Railed system) มีการยกระดับแผงจากหลังคาเพื่อปรับทิศทางและการระบายอากาศ, ระบบผนึกกับหลังคา (Building integrated photovoltaics - BIPV) แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นส่วนหนึ่งของวัสดุผนังหลังคา และระบบบัลลาสต์ (Ballasted system) สำหรับหลังคาเรียบ ใช้น้ำหนักถ่วงแทนการเจาะยึด

1.3.4 ระบบควบคุมและติดตามผล (Monitoring system) คือ ระบบที่ใช้ติดตามควบคุม และรายงานประสิทธิภาพการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้ารวมถึงปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้การใช้พลังงานและสถานะของระบบ องค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ เซ็นเซอร์วัดกำลังไฟฟ้า (Power sensors), อุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (Data communication devices), ซอฟต์แวร์แสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูล (Monitoring software) และระบบแจ้งเตือน (Alert system) เมื่อเกิดปัญหา

1.3.5 ระบบกักเก็บพลังงาน (Energy storage system) คือ ระบบที่ใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาที่มีการผลิตมากเกินไปความต้องการเพื่อนำมาใช้ในช่วงเวลาที่ไม่สามารถผลิตได้ เช่น เวลากลางคืน แบตเตอรี่ที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-ion batteries) มีประสิทธิภาพสูงอายุการใช้งานยาวนานแต่ราคาค่อนข้างสูง, แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead-acid batteries) ราคากว่าแต่อายุการใช้งานสั้นกว่าและแบตเตอรี่โฟลว์ (Flow batteries) เหมาะสำหรับระบบขนาดใหญ่มีความจุสูง (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2563) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580)

2. แนวคิดเกี่ยวกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

2.1 รูปแบบการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา มีดังนี้

2.1.1 แบบยึดติดกับหลังคา (Roof-mounted) คือ การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์โดยยึดติดไว้บนโครงสร้างหลังคาที่มีอยู่แล้วโดยมีระยะห่างระหว่างแผงกับหลังคาเล็กน้อยระบบนี้เป็นที่นิยมเนื่องจากติดตั้งง่ายใช้พื้นที่ที่มีอยู่แล้ว และมีราคาติดตั้งที่ถูกกว่าเมื่อเทียบกับรูปแบบอื่นโดยแผงโซลาร์เซลล์จะถูกติดตั้งวางขนานไปกับความลาดเอียงของหลังคาหรือใช้โครงยึดปรับมุมเพื่อให้ได้มุมรับแสงที่เหมาะสม

2.1.2 แบบติดตั้งเป็นหลังคา (Building-integrated photovoltaics - BIPV) คือ การบูรณาการแผงโซลาร์เซลล์เข้าเป็นส่วนหนึ่งของวัสดุก่อสร้างอาคารแทนที่จะติดตั้งแยกต่างหากโดยแผงโซลาร์เซลล์จะทำหน้าที่เป็นทั้งหลังคาและผลิตไฟฟ้าไปพร้อมกัน เช่น กระเบื้องหลังคาโซลาร์ (Solar tiles/shingles) หรือกระจกโซลาร์ระบบนี้มีความสวยงามกลมกลืนกับตัวอาคารแต่ก็มีต้นทุนสูงกว่าและประสิทธิภาพต่ำกว่าระบบติดตั้งแบบอื่น

2.1.3 แบบติดตั้งบนโครงสร้างยกระดับ (Elevated structure) คือ การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนโครงสร้างที่ยกสูงเหนือหลังคาโดยมีระยะห่างจากหลังคาค่อนข้างมากเพื่อให้อากาศไหลเวียนได้ดีช่วยลดอุณหภูมิได้แผงทำให้แผงมีประสิทธิภาพสูงขึ้นนอกจากนี้ยังสามารถปรับมุมการติดตั้งให้เหมาะสมกับตำแหน่งดวงอาทิตย์โดยไม่ต้องคำนึงถึงความลาดเอียงของหลังคาการติดตั้งแบบนี้มักใช้กับหลังคาเรียบหรืออาคารอุตสาหกรรมและบางกรณีอาจเรียกว่า Canopy หรือ Carport เมื่อติดตั้งเหนือลานจอดรถ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2563). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580.)

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา มีดังนี้

2.2.1 ทิศทางและมุมเอียงของการติดตั้ง คือ การกำหนดตำแหน่งและองศาการวางแผงโซลาร์เซลล์เพื่อให้ได้รับแสงอาทิตย์อย่างเต็มที่ในซีกโลกเหนือควรหันแผงไปทางทิศใต้ส่วนในซีกโลกใต้ควรหันไปทางทิศเหนือสำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ในซีกโลกเหนือมุมเอียงที่เหมาะสมคือประมาณ 15-20 องศาหันไปทางทิศใต้มุมและทิศทางที่เหมาะสมจะช่วยให้แผงผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้นถึง 20-30% เมื่อเทียบกับการติดตั้งที่ไม่เหมาะสม

2.2.2 ความเข้มของรังสีอาทิตย์ในพื้นที่ คือ ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่ในแต่ละพื้นที่ วัดในหน่วย kWh/m²/day หรือ Peak Sun Hours ประเทศไทยได้รับรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 5-5.5 kWh/m²/day พื้นที่ที่มีค่าความเข้มรังสีสูงจะผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าโดยศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่าความเข้มรังสีแม้จะใช้อุปกรณ์ชนิดเดียวกัน

2.2.3 อุณหภูมิแวดล้อมและการระบายความร้อน คือ สภาพอากาศและกลไกการถ่ายเทความร้อนออกจากแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งแผงโซลาร์เซลล์จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (ประมาณ 0.4-0.5% ต่อองศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น) การออกแบบให้มีการระบายอากาศที่ดีได้แก่แผง เช่น เว้นระยะห่างระหว่างแผงกับหลังคาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้โดยเฉพาะในประเทศไทยที่มีอากาศร้อน เป็นต้น

2.2.4 เงาบังและสิ่งกีดขวาง คือ วัตถุที่บดบังแสงอาทิตย์ไม่ให้ตกกระทบแผงโซลาร์เซลล์ เช่น ต้นไม้ อาคารข้างเคียงหรือโครงสร้างอื่นๆ เงาบังแม้เพียงบางส่วนของแผงอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าลดลงอย่างมากเนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์มักต่อกันแบบอนุกรมหากเซลล์ใดเซลล์หนึ่งได้รับเงาจะทำให้กำลังการผลิตของทั้งชุดลดลงได้ถึง 30-40%

2.2.5 ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ คือ คุณภาพและความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ ทั้งแผงโซลาร์เซลล์ อินเวอร์เตอร์และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ แผงโซลาร์เซลล์มีประสิทธิภาพหลายระดับตั้งแต่ 15-22% ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีส่วนอินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพประมาณ 95-98% การเลือกอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงแม้จะมีราคาแพงกว่าแต่จะให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าในระยะยาว

2.2.6 การบำรุงรักษา คือ การดูแลรักษาอุปกรณ์ในระบบให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์การตรวจสอบการทำงานของอินเวอร์เตอร์ และการตรวจสอบการเชื่อมต่อทางไฟฟ้า การไม่ทำความสะอาดแผงอาจทำให้ประสิทธิภาพลดลง 5-15% ขึ้นอยู่กับปริมาณฝุ่นและความสกปรกการบำรุงรักษาที่ดีสามารถยืดอายุการใช้งานของระบบจาก 25 ปี เป็น 30 ปีหรือมากกว่า (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2563). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580.)

3. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาศักยภาพระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในสถาบันการศึกษา

3.1 มหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University) คือ การบริหารจัดการทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และมีจัดระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัยอย่างยั่งยืน รวมทั้งลดผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนทั้งการอนุรักษ์พลังงาน การเพิ่มพื้นที่สีเขียว และพลังงานทดแทน โดยมีหลักการและเหตุผลคือ ความรับผิดชอบต่อสังคมของมหาวิทยาลัยต่อสังคม (University Social Responsibility) โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อการรักษาสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ภาวะโลกร้อน และสภาพเรือนกระจก เป็นพันธกิจที่สำคัญภารกิจหนึ่งที่มหาวิทยาลัยจะต้องให้ความสำคัญในฐานะที่เป็นสถาบันการศึกษาที่มีนักศึกษา อาจารย์ และบุคลากรมารวมตัวกันเป็นจำนวนมาก รวมทั้งมีที่ดิน สิ่งปลูกสร้าง อาคารเรียน

ห้องปฏิบัติการ ระบบสาธารณูปโภค ตลอดจนความรู้ และเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในการรักษา สภาพแวดล้อมทั้งภายในมหาวิทยาลัย รวมทั้งเป็นต้นแบบในเรื่องการรักษาสิ่งแวดล้อมแก่ชุมชนและ สังคมในวงกว้าง ดังนั้น มหาวิทยาลัยทั่วโลกส่วนใหญ่จึงได้ดำเนินการในเรื่องนี้อย่างจริงจังโดยได้ บรรลุประเด็นนี้ไว้ในวิสัยทัศน์และพันธกิจของมหาวิทยาลัย แล้วดำเนินการตามแผนปฏิบัติการที่ได้ กำหนดไว้ทั้งในด้านการป้องกัน การแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการวิจัยและ พัฒนาเพื่อหาองค์ความรู้ใหม่ ๆ มาใช้ในการรักษาสภาพแวดล้อมให้มีคุณภาพอย่างเป็นรูปธรรมและ ต่อเนื่อง (พนาวัน เปรมศรี และ โชติ บศิริรัฐ, 2565, น. 424)

3.2 การจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัย คือ ระบบการดำเนินงานภายในองค์กรซึ่ง ประกอบด้วย บุคลากร ทรัพยากร นโยบาย และขั้นตอนการดำเนินงาน โดยมี 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน 2) การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงาน เบื้องต้น 3) การกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน 4) การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน 5) การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน แผนการฝึกอบรมและแผนกิจกรรมส่งเสริมการ อนุรักษ์พลังงาน 6) การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติ ตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน 7) การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน 8) การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน มีการทำงานประสานกันอย่างมี ระเบียบและแบบแผน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ (กองกำกับและอนุรักษ์พลังงาน, 2566) ระบบการจัดการพลังงาน ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535)

3.3 ประโยชน์ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในมหาวิทยาลัย มีประโยชน์หลากหลายต่อ มหาวิทยาลัยทั้งในด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และการศึกษา ดังนี้

3.3.1 ประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าในระยะยาว ลดการพึ่งพา พลังงานจากภายนอก มีความเสถียรด้านราคาพลังงานไม่ผันแปรตามราคาเชื้อเพลิงฟอสซิล และได้รับ สิทธิประโยชน์เงินสนับสนุนจากรัฐบาล เป็นต้น

3.3.2 ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษทาง อากาศช่วยบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นพลังงานสะอาดไม่สร้างมลพิษระหว่าง การผลิตไฟฟ้าลดการใช้ทรัพยากรน้ำเมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าแบบดั้งเดิม และส่งเสริมภาพลักษณ์ ด้านความยั่งยืนของมหาวิทยาลัย

3.3.3 ประโยชน์ด้านการศึกษาและวิจัย เป็นแหล่งเรียนรู้และห้องปฏิบัติการมีชีวิต สำหรับนักศึกษา สนับสนุนการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนบูรณาการเข้ากับหลักสูตร วิศวกรรม วิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมสร้างโอกาสฝึกงานและการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง และเป็นแบบอย่างด้านความยั่งยืนให้กับชุมชนและสังคม

3.3.4 ประโยชน์ด้านความมั่นคงทางพลังงาน เพิ่มความเสถียรของระบบไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยรองรับการใช้งานในกรณีฉุกเฉินหรือไฟฟ้าดับลดความเสี่ยงจากความผันผวนของราคาพลังงานกระจายแหล่งพลังงานไม่พึ่งพาแหล่งพลังงานเดียวรองรับการขยายตัวของมหาวิทยาลัยในอนาคต

3.3.5 ประโยชน์ด้านภาพลักษณ์องค์กร เสริมสร้างภาพลักษณ์ด้านนวัตกรรมและความรับผิดชอบต่อสังคมช่วยในการจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียว (UI Green Metric) ดึงดูดนักศึกษาและบุคลากรที่มีความสนใจด้านความยั่งยืนสร้างพันธมิตรกับองค์กรที่มีแนวคิดด้านสิ่งแวดล้อม และเป็นต้นแบบให้กับสถาบันการศึกษาและองค์กรอื่นๆ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน)

4. นโยบายและมาตรการส่งเสริมพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ประเทศไทยมีนโยบายและมาตรการส่งเสริมพลังงานแสงอาทิตย์หลายประการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 นโยบายหลักด้านพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan: AEDP) เป็นแผนที่กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Power Development Plan: PDP) เป็นที่กำหนดสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนในการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย โดยทั้ง 2 แผน อยู่ใน 5 แผนของแผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ กระทรวงพลังงาน (แผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ ประกอบด้วย 1) แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย 2) แผนอนุรักษ์พลังงาน 3) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 4) แผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติของไทย 5) แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง) โดยพิจารณาบททวนให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) และแผนการปฏิรูปประเทศด้านพลังงาน ที่มุ่งเน้นการสร้างสมดุลระหว่างการพัฒนา ความมั่นคง เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยความร่วมมือของทุกฝ่ายทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน ซึ่งแผนพลังงานทั้ง 5 แผนมีความเชื่อมโยงและสอดคล้องซึ่งกันและกัน และนโยบาย Thailand 4.0 ที่สนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านพลังงานทดแทน

4.2 มาตรการส่งเสริมพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ มาตรการด้านราคารับซื้อไฟฟ้า มาตรการสนับสนุนด้านการเงินและภาษี มาตรการส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในภาคส่วนต่าง ๆ รายละเอียดมีดังนี้

4.2.1 มาตรการด้านราคารับซื้อไฟฟ้า ประกอบด้วยโครงการ Feed-in Tariff (FiT) เป็นอัตราซื้อไฟฟ้าแบบคงที่ตลอดอายุสัญญา (20-25 ปี) โครงการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop) สำหรับภาคประชาชน ธุรกิจและหน่วยงานราชการ และโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบโซลาร์ฟาร์ม สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) และรายเล็กมาก (VSPP) เป็นต้น

4.2.2 มาตรการสนับสนุนด้านการเงินและภาษี ประกอบด้วยสิทธิประโยชน์จากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ในการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลการยกเว้นอากรขาเข้าสำหรับเครื่องจักร เงินกู้ดอกเบี้ยต่ำให้ผ่านสถาบันการเงินเฉพาะกิจของรัฐ เช่น ธนาคารเพื่อการส่งออกและนำเข้าแห่งประเทศไทย (EXIM Bank) และกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับโครงการด้านพลังงานทดแทน เป็นต้น

4.2.3 มาตรการส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในภาคส่วนต่าง ๆ ได้แก่ โครงการ Energy for All ในการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในชุมชน, การลดภาษีสำหรับอาคารที่ติดตั้งระบบพลังงานทดแทนโดยใช้มาตรการภาษีเพื่อส่งเสริมอาคารประหยัดพลังงาน และโครงการโซลาร์ภาคประชาชนให้การสนับสนุนการติดตั้งโซลาร์เซลล์สำหรับที่อยู่อาศัย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน)

5. โปรแกรม PVsyst

โปรแกรม PVsyst คือ โปรแกรมจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบและจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อช่วยในการออกแบบ วิเคราะห์ และประเมินประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (PV) ทั้งแบบติดตั้งบนหลังคา (Rooftop) และแบบติดตั้งบนพื้นดิน (Ground-mounted)

โปรแกรมจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV simulation software) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์เสมือนจริงสามารถระบุขนาดพิกัดของกำลังผลิตหรือพื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์รวมทั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น สถานที่ติดตั้ง ขนาดและประเภทของแผงโซลาร์เซลล์ มุมเอียงและทิศทางของแผงสภาพอากาศมาคำนวณเพื่อประเมินผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจากการติดตั้งระบบ ได้แก่

5.1 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ช่วยประเมินศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าของระบบเพื่อเปรียบเทียบกับความต้องการใช้ไฟฟ้าและประเมินผลตอบแทนจากการลงทุน

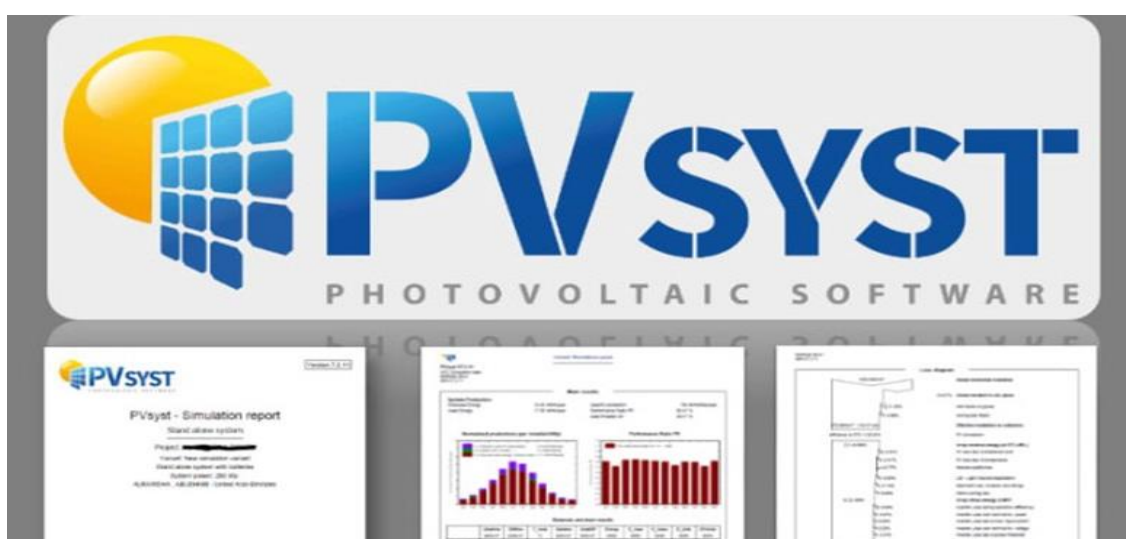
5.2 ผลกระทบของเงา วิเคราะห์ผลกระทบของเงาจากสิ่งกีดขวางต่าง ๆ เช่น ต้นไม้ อาคาร ต่อประสิทธิภาพของระบบ

5.3 การออกแบบระบบ ช่วยในการออกแบบขนาดและรูปแบบการจัดวางแผงโซลาร์เซลล์ ให้เหมาะสมกับพื้นที่และความต้องการ

5.4 การวิเคราะห์ทางการเงิน คำนวณระยะเวลาคืนทุนและผลตอบแทนจากการลงทุน

ประโยชน์ของการใช้โปรแกรม PVsyst คือ การเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบในการเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมและวางตำแหน่งแผงโซลาร์เซลล์อย่างมีประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงในการประเมินความเสี่ยงและผลตอบแทนจากการลงทุนในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เพิ่มความมั่นใจได้ว่าระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถผลิตพลังงานได้ตามที่คาดหวัง ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการออกแบบและติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์

โดยโปรแกรมจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นเครื่องมือที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ ช่วยให้การลงทุนในระบบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า สร้างความมั่นใจให้กับผู้ลงทุน และส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดอย่างยั่งยืน



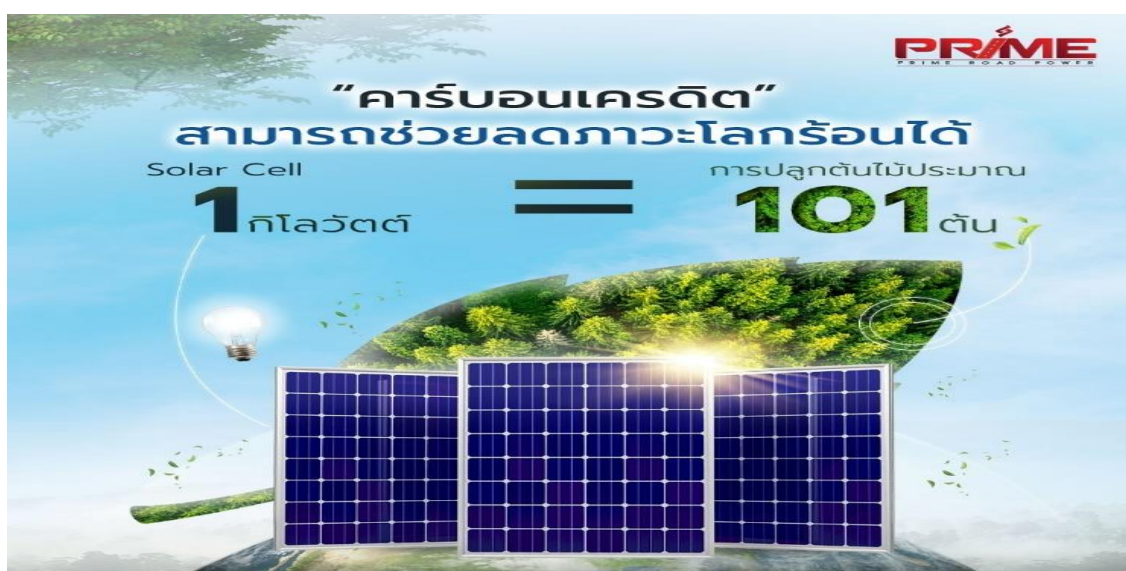
ภาพที่ 5 โปรแกรม PVsyst

(ที่มา : <https://fastwork.co/user/mjolnir>)

6. คาร์บอนเครดิต

คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) คือ เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์รูปแบบหนึ่งที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เข้าสู่บรรยากาศ เป็นเหมือน "ใบอนุญาต" ที่อนุญาตให้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในปริมาณหนึ่ง โดยแต่ละหน่วยของคาร์บอนเครดิตจะแทนการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลง 1 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tonne of CO₂ equivalent หรือ tCO₂e) เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ดังนั้น การสร้างกลไกคาร์บอนเครดิตจึงเป็นหนึ่งในวิธีการที่สำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และช่วยบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คาร์บอนเครดิตได้มาจาก

- 1) โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น โครงการผลิตพลังงานหมุนเวียน โครงการปลูกป่า โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงาน โครงการ T-VER
- 2) โครงการกักเก็บคาร์บอน เช่น โครงการจับคาร์บอนจากอากาศ และเก็บไว้ใต้ดิน โดยเมื่อองค์กรหรือนักลงทุนดำเนินโครงการเหล่านี้ และสามารถพิสูจน์ได้ว่าได้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจริง ก็จะได้รับคาร์บอนเครดิต (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน))



ภาพที่ 6 คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit)

(ที่มา : บริษัท ไพร์ม โรด เพาเวอร์ จำกัด (มหาชน))

7. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ หมายถึง การประเมินหรือการพิจารณาถึงความเหมาะสมของการลงทุนหรือการใช้ทรัพยากรในการดำเนินกิจกรรมหรือโครงการใด ๆ โดยใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์มาช่วยในการตัดสินใจ เพื่อให้ได้ผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ที่เหมาะสมและคุ้มค่ากับการใช้ทรัพยากรที่ลงทุนไป การวิเคราะห์ด้านการเงินและการลงทุนของโครงการพัฒนาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยได้ทำการวิเคราะห์หาผลตอบแทนด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) เพื่อทำการเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กับต้นทุนของเงินทุนที่นำไปใช้ในการติดตั้งระบบนี้ มีพารามิเตอร์หลักที่นิยมใช้ในการประเมินความเหมาะสมของโครงการด้านการลงทุนดังนี้

7.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการคือมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งสามารถคำนวณจากการทำส่วนลดกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน ซึ่งการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ หากค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ ≥ 0 แสดงว่าเป็นโครงการที่สมควรจะดำเนินการเนื่องจากมีผลตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบกับ ปัจจุบันมากกว่าค่าใช้จ่ายแต่ในทางตรงกันข้ามหากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่าศูนย์แสดงว่าเป็นโครงการที่ไม่น่าจะลงทุนเนื่องจากมีผลตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจุบันน้อยกว่าค่าใช้จ่าย

7.2 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return, IRR) อัตราผลตอบแทนของโครงการคืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ทำให้ค่า NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้น อัตราผลตอบแทนของโครงการจึงได้แก่อัตราดอกเบี้ยหรือ i ที่ทำให้ $NPV=0$ ซึ่งหากว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ สถานการณ์ปัจจุบันสูงกว่าค่าอัตราผลตอบแทนของโครงการที่คำนวณได้ก็ไม่สมควรที่จะลงทุนโครงการดังกล่าวในทางตรงกันข้ามหากอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ สถานการณ์ปัจจุบันยังต่ำกว่าค่าอัตราผลตอบแทนของโครงการที่คำนวณได้มากเท่าไรแสดงเป็นโครงการที่ให้ผลตอบแทนมากขึ้นตามลำดับ

7.3 ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio, B/C) ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนคืออัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนหรือมูลค่าผลตอบแทนของโครงการเทียบกับมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนหรือต้นทุนรวมของโครงการซึ่ง ค่าเซลล์แสงอาทิตย์ ค่าที่ดิน ค่าติดตั้ง ค่าดำเนินการ ค่าซ่อมบำรุงรักษา ถ้าอัตราส่วนที่ได้มากกว่า 1 แสดงว่าควรตัดสินใจเลือกโครงการนั้น แต่ถ้าอัตราส่วนที่ได้น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการนั้นไม่น่าสนใจลงทุน แต่ถ้าเท่ากับ 1 แสดงว่าโครงการคุ้มทุน

7.4 ต้นทุนพลังงานต่อหน่วย (Cost of Energy) การพิจารณาความคุ้มค่าทางการเงินและการลงทุนที่สำคัญอีกตัวชี้วัดหนึ่ง คือ การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตไฟฟ้าซึ่งวิเคราะห์จากต้นทุนการผลิตตลอดอายุโครงการ สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต้นทุนเริ่มต้นในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้ารวมทั้งต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นรายปีตลอดอายุโครงการที่ทำการผลิตไฟฟ้าแล้วคำนวณหาค่าใช้จ่ายต่อปีที่เท่ากัน (Equivalent annual costs, EAC) ซึ่งได้คำนึงถึงการปรับค่าของเวลาและการเลือกค่าเสียโอกาสของทุนที่เหมาะสมเข้าไว้ด้วยแล้วและคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วยโดยหารด้วยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยสามารถใช้ประโยชน์ในการพิจารณาเปรียบเทียบกับราคาไฟฟ้าที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับซื้อ ซึ่งจะเป็นเกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสมในการเลือกพื้นที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และมีการวิเคราะห์ผลกระทบที่ปัจจัยด้านอัตราดอกเบี้ยเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis)

7.5 ระยะเวลาการลงทุน (Payback Period) คือ ระยะเวลาที่รายได้หลังจากหักค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสามารถนำไปชำระเงินที่ใช้ลงทุนในการพัฒนาโครงการได้ครบถ้วนโดยส่วนใหญ่ใช้นับเป็นจำนวนปีโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นจะเป็นโครงการที่ดีกว่าโครงการที่มีระยะคืนทุนยาว โดยทฤษฎีระยะเวลาคืนทุนจะต้องไม่นานกว่าอายุการใช้งานของโครงการ แต่ในภาคปฏิบัติระยะเวลาคืนทุนของโครงการขนาดใหญ่จะยอมรับกันที่ 7-10 ปี

7.6 งบกระแสเงินสด (Cash Flow) เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและรายได้ที่เกิดขึ้นในแต่ละปีในช่วงอายุที่โครงการยังก่อให้เกิดรายได้ว่า รายได้รับจะเพียงพอต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในปีนั้น ๆ หรือไม่ ทั้งนี้ เพื่อให้ให้นักลงทุนจะได้ตระหนักและหาทางแก้ไขล่วงหน้าเพื่อมิให้เกิดสถานการณ์เงินขาดมือในช่วงใดช่วงหนึ่ง ซึ่งจะส่งผลให้โครงการสะดุด ซึ่งในกรณีการกู้เงิน สถาบันการเงินจะให้ความสำคัญกับงบกระแสเงินสดมาก (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2564). คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์.)

8.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยภายในประเทศ

ชัชชัย วรพัฒน์ และคณะ (2566) ได้ศึกษาการจำลองการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน และวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่เป็นคาบฟ้าของอาคารโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ด้วยวิธีการจำลองการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน และวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก

การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ผลการศึกษาพบว่า สามารถติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่เป็นดาดฟ้า ขนาด 60 kWp ตลอดระยะเวลา 25 ปี สามารถผลิตไฟฟ้าได้ เท่ากับ 2,324,972 kWh และผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ Life Cycle Assessment (LCA) พบว่าประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมในการก่อสร้าง (Construction) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 0.19 kgCO₂eq/ kWh และจากกิจกรรมซ่อมบำรุงรักษา (Operation & Maintenance) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 0.01 kg CO₂eq/ kWh และมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมรวมทั้งสิ้น เท่ากับ 0.20 kg CO₂eq/ kWh และจากการจำลองติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่เป็นดาดฟ้า (Flat Roof Mounted) ขนาด 60 kWp ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนตลอดระยะเวลาของโครงการ เท่ากับ 2,403,750 บาท พบว่ามีผลตอบแทนจากการลดการใช้ไฟฟ้าจากสายส่ง เท่ากับ 8,459,949 บาท ตลอดระยะเวลา 25 ปี และมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เท่ากับ 265,215.71 บาท มีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) 5.43 ปี จากผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าโครงการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีความคุ้มค่าในการลงทุน

ณัฐดนัย เรือนคา และคณะ (2566) ได้ศึกษาความเป็นไปได้การนำพลังงานทดแทนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาอาคารเรียน 7 วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร โดยเปรียบเทียบต้นทุนในการลงทุนระหว่างระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) และระบบโคดเดี่ยว (Off grid system) ที่ติดตั้งบนหลังคาอาคาร 7 วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร รวบรวมข้อมูลใบบันทึก ค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดกำแพงเพชร และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ พบว่า อาคารมีพื้นที่ใช้สอย 300 ตารางเมตร จำนวน 4 ชั้น มีผู้ใช้งานมากที่สุด หลังคาโปร่งโล่งไม่มีสิ่งกีดขวางปริมาณแสงแดด มีความเป็นไปได้สูงในการติดตั้งเพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และการประมาณการติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาของระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) ขนาด 20 kWp ใช้งบลงทุน 335,927 บาท ผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาได้ 80 kWh หรือ 80 หน่วย สามารถลดค่าไฟฟ้าได้เดือนละ 12,720 บาท หรือ 152,640 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 2.20 ปี ที่อายุโครงการ 20 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 12,982,950 อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 20.36 ระยะเวลาคืนทุน (PB) มีค่าเท่ากับ 0.25 ปี และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับร้อยละ 19.98 ส่วนระบบโคดเดี่ยว (Off grid system) ขนาด 20 kWp ใช้งบลงทุน 800,330 บาท สามารถลดค่าไฟฟ้าได้เดือนละ 12,720 บาท หรือ 152,640 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 5.24 ปี ที่อายุโครงการ 20 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 12,073,411 อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 8.04 ระยะเวลาคืนทุน (PB) มีค่าเท่ากับ 0.61 ปี และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับร้อยละ 14.53 ดังนั้นการนำพลังงานทดแทนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

ในรูปแบบระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) มาใช้ในพื้นที่อาคารเรียน 7 วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร จึงมีความเป็นไปได้และมีความคุ้มค่า

ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ และโสภิตสุดา ทองโสภิต (2558) ได้ศึกษาการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยได้คัดเลือกอาคาร 10 อาคารจากทั้งหมด 183 อาคารในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารที่ได้รับคัดเลือกผ่านเกณฑ์การคัดกรองทั้งทางด้านกายภาพและด้านภูมิศาสตร์ ทำให้มีพื้นที่การติดตั้งที่เหมาะสมและการเข้าถึงความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ผลที่ได้ พบว่าผลรวมของศักยภาพเชิงเทคนิค จำนวน 10 อาคารที่ศึกษา อยู่ที่ 2,949.19 kWh/day และผลการศึกษาศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ที่อัตราส่วนลด 7.08% พบว่ามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 26,744,616.98 บาท ระยะเวลาการคืนทุน 7.41 ปี และ ผลตอบแทนภายใน 15% และเมื่อเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และความต้องการการใช้ไฟฟ้าของทุกอาคารที่ศึกษา พบว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 10.97% ในปีแรกและสามารถลดการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในปีต่อ ๆ ไป ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าบนหลังคาของ 10 อาคารที่คัดเลือกในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีความคุ้มค่าการลงทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิและผลตอบแทนภายในมีค่าเชิงบวก และระยะการคืนทุนสั้น ทำให้การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาเป็นทางเลือกในการช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่น่าสนใจสำหรับมหาวิทยาลัยแห่งนี้

ธัญญพัทธ์ ทิพย์สุภวงษ์ และคณะ (2565) ได้ศึกษาสมรรถนะและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของเทศบาลตำบลแม่เมว จังหวัดลำปาง ด้วยวิธีการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิงตามภาระโหลดของเทศบาลย้อนหลัง 1 ปี บนพื้นที่หลังคา 704 ตารางเมตร ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วย โมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ ระบบสายไฟฟ้า อุปกรณ์ต่างๆและการเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า จากนั้นทำการจำลองระบบโดยใช้ซอฟต์แวร์ PVsyst 7.1 และประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในรูปแบบผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และระยะเวลาคืนทุน (PP) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณพลังงานไฟฟ้า ที่ผลิตได้ทั้งปีมีค่าเท่ากับ 152.12 เมกะวัตต์ชั่วโมง สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.711 การสูญเสียพลังงานของระบบผลิตไฟฟ้าเกิดขึ้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดจำแนกเป็นการสูญเสียจากอัตราการเสื่อมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ร้อยละ 12.50 (ระยะเวลา 25 ปี) การสูญเสียเนื่องจากอุณหภูมิเซลล์ ร้อยละ 11.00 และมีการสูญเสียขณะใช้งาน Inverter ร้อยละ 3.50 โดยประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (STC) เท่ากับร้อยละ 16.81 ที่อายุโครงการ 25 ปี มีค่าผลตอบแทนจากการลงทุน เท่ากับ

ร้อยละ 164.30 มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 2,364,334 บาท และระยะเวลาคืนทุน 8.3 ปี โครงการนี้ยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 91.06 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือตลอดทั้งอายุโครงการ 25 ปี มีค่าเท่ากับ 2,139.89 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ข้อมูลที่ได้งานวิจัยนี้เทศบาลตำบลแม่มาะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการลงทุนสร้างระบบผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม

พัชรินทร์ อินทมาศ และคณะ (2565) ได้ศึกษาการวิเคราะห์เชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาระดับครัวเรือน กรณีศึกษา: ครัวเรือนในเขตพื้นที่ อ.สามพราน จ.นครปฐม โดยแบ่งกรอบหัวข้อการวิจัยเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย ศักยภาพเชิงกายภาพ ศักยภาพเชิงเทคนิค และศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยทำการคัดเลือกกรณีประเภทที่อยู่อาศัยที่มีศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ จำนวน 3 หลังคาเรือน เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดค่าใช้จ่าย ในส่วนของค่าไฟฟ้าในอนาคตได้ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้สมมุติฐานทางการเงินที่อัตราคิดลด 6.5% ตลอดอายุการใช้งาน ระยะเวลาโครงการการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่ 25 ปี และการเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ทุก 10 ปี ผลการวิเคราะห์พบว่าหากติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาจะสามารถลดค่าไฟฟ้าของทั้ง 3 หลังคาเรือนรวมได้ 302 kWh/month คิดเป็น 20,606 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 4.85 ปี ผลการวิเคราะห์การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาครัวเรือนพบว่าสามารถลดค่าไฟฟ้าได้จริง

วรเชษฐ์ แสงสีดา และคณะ (2567) ได้ศึกษาศึกษาภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาและการอนุรักษ์พลังงาน ด้วยวิธีการเปลี่ยนอุปกรณ์ของของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ได้แก่ เครื่องปรับอากาศและระบบแสงสว่าง ผลการศึกษาพบว่า หากดำเนินการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาและการอนุรักษ์พลังงานด้วยการเปลี่ยนอุปกรณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิจะสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ในภาพรวมได้มากกว่า 48.60% ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานส่องสว่างโดยการเปลี่ยนเป็นระบบ LED with Built-in IoT สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 90% และ Inverter Air Conditioner ที่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 37.50% การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสามารถออกแบบกำลังผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ประมาณ 450 kWp ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า 668,172.59 kWh คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ 3,006,776.66 บาท/ปี

8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Ali O.M. Maka and Jamal M. Alabid (2022) ได้ศึกษาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์และบทบาทของมันในการพัฒนาที่ยั่งยืน ผลการศึกษาพบว่า พลังงานแสงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นแหล่งพลังงานที่ยั่งยืนและเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานหมุนเวียนและพลังงานสีเขียว

เขียวที่สำคัญที่สุด พลังงานแสงอาทิตย์มีบทบาทสำคัญในการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนด้านพลังงาน ด้วยปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มหาศาลที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในแต่ละวัน ทำให้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นทรัพยากรที่น่าสนใจอย่างมากสำหรับการผลิตไฟฟ้า ทั้งเทคโนโลยีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมแสง (CSP) และเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) อยู่ในการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการด้านพลังงาน ดังนั้น การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของการใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วโลกจึงช่วยสนับสนุนภาคพลังงานและตอบสนองตลาดแรงงานเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างเพียงพอ บทความนี้เน้นย้ำถึงการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และบทบาทของพลังงานแสงอาทิตย์ในการพัฒนาอย่างยั่งยืน รวมถึงพิจารณาศักยภาพการจ้างงานโดยรวมของพลังงานหมุนเวียน บทความนี้ให้ข้อมูลเชิงลึกและการวิเคราะห์เกี่ยวกับความยั่งยืนของพลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึงการพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ นอกจากนี้ ยังได้ระบุถึงการมีส่วนร่วมของการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการพัฒนาอย่างยั่งยืนโดยการตอบสนองความต้องการด้านพลังงาน การสร้างโอกาสในการจ้างงาน และการเสริมสร้างการปกป้องสิ่งแวดล้อม ที่ท้ายที่สุด มุมมองของเทคโนโลยีพลังงานสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาคพลังงานและให้วิสัยทัศน์ของการพัฒนาในอนาคตในด้านนี้

Armin Razmjoo et al., (2023) ได้ศึกษาการออกแบบและวิเคราะห์ระบบโซลาร์เซลล์แบบเชื่อมต่อกริด เพื่อการพัฒนาพื้นที่ห่างไกลอย่างยั่งยืน โดยวิเคราะห์การขยายตัวของพลังงานแสงอาทิตย์ในอิหร่าน โดยพิจารณาจากทางการเมือง เศรษฐกิจ ปัจจัยทางสังคมและเทคโนโลยี เนื่องจากการคว่ำบาตรอิหร่านเป็นเวลานาน การพัฒนาของความสะดวก โรงไฟฟ้าพลังงานถูกหยุดหรือลดลงอย่างมาก ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุอุปสรรคในการขยายโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และจำลองโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ซอฟต์แวร์ฟิสิกส์ (Photovoltaic system) การศึกษามีลักษณะเฉพาะในวิธีการผสมผสานทางเทคนิคการวิเคราะห์กับสังคมศาสตร์เพื่ออำนวยความสะดวกในการดำเนินการขยายพลังงานแสงอาทิตย์ในระยะไกลพื้นที่ การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่ สองพื้นที่เฉพาะที่มีรังสีแสงอาทิตย์สูง ได้แก่ ดาราบ และ ไมบอด ซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดฟาร์สและยัคด์ตามลำดับ พลังงานแสงอาทิตย์สามารถสร้างได้จากสิ่งเหล่านี้สองพื้นที่เนื่องจากตำแหน่งเฉพาะที่มีระดับการระคายเคืองจากแสงอาทิตย์สูง เพื่อบรรลุเป้าหมายนี้การวิเคราะห์ทางเทคนิคมุ่งเน้นไปที่การจำลองประสิทธิภาพของ 9 kWp (เอาต์พุตพลังงานสูงสุดกิโวลต์ของระบบ) โรงงานพลังงานแสงอาทิตย์โพลีซิลิคอน (poly-Si) ที่เชื่อมต่อกับระบบกริดสำหรับดาราบ และ 9.90 kWp สำหรับไมบอด การจำลองถูกดำเนินการเพื่อให้ได้การผลิตไฟฟ้าสูงสุดและประเมินผลพารามิเตอร์ เช่น การแผ่รังสีที่เกิดขึ้น อัตราส่วนประสิทธิภาพ พลังงานเข้าสู่ตาราง พลังงานออกที่การเรียงลำดับและการสูญเสีย พลังงานผลิตสำหรับดาราบ คือ 20.40 MWh/ปี โดยมีการผลิตได้ 2,061

kWh/ kWp/ปี และอัตราส่วนประสิทธิภาพ (PR) คือ 81.26 % สำหรับไมบอด การผลิตคือ 20.70 MWh/ปี มีการผลิตได้ 2,091 kWh/ kWp/ปี และอัตราส่วนประสิทธิภาพ (PR) คือ 80.88 % ผ่านการวิเคราะห์ PEST จะเห็นได้ว่าการวางแผนเชิงกลยุทธ์และการดำเนินการที่เหมาะสม มีความสำคัญในระดับจังหวัด ระดับชาติ และระดับท้องถิ่นสำหรับการพัฒนาระบบพลังงาน นี่แสดงให้เห็นว่าทั้งรัฐบาลและประชาชนควรมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการขยายพลังงานระบบโดยการวางแผนและสร้างความตระหนักในหมู่ประชาชนในการโอบกอดและนำระบบพลังงานมาใช้

Mehmet Duranay et al., (2022) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทดลองของระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้การสะท้อนแบบระนาบ เนื่องจากการบริโภคพลังงานในทุกประเทศทั่วโลกเพิ่มขึ้นทุกวัน ความต้องการและความสนใจในแหล่งพลังงานหมุนเวียนก็เพิ่มขึ้นในอัตราเดียวกัน การใช้พลังงานที่มีอยู่ในปัจจุบันอย่างดีที่สุดและการค้นหาแหล่งพลังงานต่าง ๆ ได้กลายเป็นสาขาการศึกษาที่สำคัญสำหรับประเทศต่างๆ การศึกษาในด้านนี้ยังคงดำเนินต่อไปซึ่งศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ ในการศึกษาเชิงทดลองนี้ ซึ่งขั้นตอนการออกแบบและการผลิตดำเนินการไปพร้อมกัน ผลกระทบของรังสีสะท้อนต่อแผงโฟโตโวลตาอิก (PV) ถูกสังเกต และทำการเปรียบเทียบรังสีสะท้อนกับรังสีโดยตรง ระบบที่ติดตามดวงอาทิตย์และระบบที่ติดตั้งในมุมที่เหมาะสมถูกนำมาเปรียบเทียบ นอกจากนี้ ประสิทธิภาพเชิงทฤษฎีและเชิงทดลองอันเป็นผลมาจากการศึกษาเชิงทดลองของระบบเคลื่อนที่และระบบคงที่ถูกคำนวณและเปรียบเทียบสำหรับรังสีโดยตรงและรังสีสะท้อน กลไกที่นำเสนอในการศึกษานี้ช่วยให้ใช้รังสีดวงอาทิตย์ได้มากขึ้นโดยการเพิ่มประสิทธิภาพผ่านการสะท้อนจากพื้นผิวหนึ่งไปยังอีกพื้นผิวหนึ่ง ด้วยการศึกษาเชิงทดลองนี้ จะได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากขึ้นด้วยแผงที่วางอยู่ด้านหลัง นอกเหนือจากแผงที่สัมผัสกับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง ดังนั้น จึงเป็นไปได้ที่จะใช้แผงสองด้านสำหรับระบบติดตามแสงอาทิตย์

Satish Kumar Yadav And Usha Bajpai (2019) ได้ศึกษาเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop Photovoltaic) ได้พัฒนาไปถึงระดับที่สามารถตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าแบบกระจายศูนย์ของประเทศอินเดียได้อย่างยั่งยืน ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเลือกติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาจำนวน 4 ระบบ ที่มีขนาดกำลังการผลิตต่างกัน เพื่อประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงาน เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาพบว่า ค่าประสิทธิภาพการทำงานของระบบ (Performance Ratio: PR) อยู่ในช่วง 75.70–84.81% และ ระยะเวลาคืนพลังงาน (Energy Payback Time: EPBT) อยู่ระหว่าง 5.31–6.14 ปี โดยเมื่อคำนวณ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (Levelized Cost of Electricity) ภายใต้อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 และอายุโครงการ 30 ปี พบว่ามีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2.88 รูปีต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (INR/kWh) จากการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ปริมาณการผลิตไฟฟ้ารายปี และต้นทุนระบบ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อ ระยะเวลาคืนทุนและต้นทุนค่าไฟฟ้า ทั้งนี้ พบว่าระบบ

ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคามีสักยภาพสูงในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากชั้นบรรยากาศ

S. Manju and Netramani Sagar (2017) ได้ศึกษาความก้าวหน้าสู่การพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืน: วิฤติบททวนสถานะปัจจุบัน แอปพลิเคชัน อุปสรรคในการพัฒนาและแนวโน้มของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในอินเดีย ในความเท่าเทียมกันระหว่างความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับประเทศกำลังพัฒนา เช่น อินเดีย ในปัจจุบัน เศรษฐกิจของอินเดียกำลังเติบโตอย่างรวดเร็วในโหมดที่มีชีวิตชีวาและมีประสิทธิภาพ ซึ่งในทางกลับกัน ต้องการพลังงานจำนวนมากอย่างต่อเนื่อง ความต้องการพลังงานของประเทศส่วนใหญ่ได้รับการตอบสนองโดยการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและไฟฟ้าเกือบ 70% ผลิตจากโรงไฟฟ้าถ่านหินในอินเดีย เกือบ 840 ล้านคน ผู้คนพึ่งพาชีวมวลแบบดั้งเดิมเพื่อตอบสนองความต้องการพลังงานของพวกเขา ประชากรชนบทประมาณ 74 ล้านคน ไม่มีสิทธิ์เข้าถึงระบบแสงสว่างที่ทันสมัย และราว 81 ล้านครัวเรือนไม่มีสิทธิ์เข้าถึงไฟฟ้า ซึ่งเป็นความท้าทายที่สำคัญต่อความมั่นคงด้านพลังงานของอินเดีย เพื่อให้ได้พลังงานที่ยั่งยืนที่มั่นคงในความก้าวหน้าที่สำคัญในระยะยาวในภาคพลังงานหมุนเวียนเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากภูมิศาสตร์ของอินเดีย ที่ตั้งประเทศได้รับพรจากทรัพยากรพลังงานหมุนเวียนที่อุดมสมบูรณ์ซึ่งยังไม่ได้ถูกใช้ประโยชน์อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น รัฐบาลกลางและรัฐของประเทศจึงได้กำหนดนโยบายต่าง ๆ และจัดให้มีการเงินอุดหนุนเพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ในบทความนี้มีการทบทวนอย่างครอบคลุมของศักยภาพ สถานะการเชื่อมต่อสภาพในปัจจุบัน และแนวโน้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของอินเดียถูกทอดทิ้ง หลากหลายการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เช่น เครื่องทำน้ำอุ่น หน่วยแยกเกลือ เครื่องพาสเจอร์ไรเซอร์ หน่วยแห้งอาหาร น้ำ เครื่องฟอกอากาศ ระบบทำความร้อนพื้นที่ เครื่องปรับอากาศ หม้อหุงข้าว ปั๊มน้ำ เครื่องผสมลมสุริยะ มีการอธิบายระบบและระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับระบบกริด การศึกษายังกล่าวถึงปัจจุบันที่หมุนเวียนได้ นโยบายด้านพลังงานอุปสรรคขัดขวางความก้าวหน้าของหน่วยผลิตพลังงานแสงอาทิตย์และอนาคตที่เป็นไปได้บางประการข้อเสนอแนะที่อาจเร่งการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนในอินเดีย

Umer Farooq et al., (2022) ได้ศึกษาการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์โดยอาศัยการเรียนรู้ของเครื่องจักรเพื่อการตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพ พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียน มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ อย่างไรก็ตาม ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ รูปแบบสภาพอากาศ หยาดน้ำฟ้า และสถานะภูมิอากาศโดยรวม ก่อให้เกิดความท้าทายต่อการบูรณาการการผลิตพลังงานเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าอย่างราบรื่น การพยากรณ์ผลผลิตพลังงานของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์อย่างแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบูรณาการพลังงานหมุนเวียนเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้า งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การใช้

ระเบียบวิธี Machine Learning (ML) เพื่อการพยากรณ์การผลิตพลังงานแสงอาทิตย์อย่างแม่นยำ โดยมุ่งแก้ไขความท้าทายที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการพลังงานหมุนเวียนเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้า ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตพลังงานและการใช้แบบจำลอง ML ขั้นสูง งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการคาดการณ์ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ความสำคัญของงานวิจัยนี้อยู่ที่ศักยภาพในการปรับปรุงการผลิตพลังงานหมุนเวียนให้เหมาะสม เพิ่มเสถียรภาพของโครงข่ายไฟฟ้า และมีส่วนช่วยในการเปลี่ยนผ่านไปสู่แหล่งพลังงานที่ยั่งยืน งานวิจัยนี้ประเมินความเหมาะสมของแนวทาง ML สำหรับการคาดการณ์การผลิตพลังงานแสงอาทิตย์อย่างแม่นยำในรอบครึ่งชั่วโมงสำหรับวันถัดไป งานวิจัยนี้ประกอบด้วยหลายขั้นตอนการวิเคราะห์ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น การวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตพลังงาน และการวิเคราะห์ข้อมูลอินเวอร์เตอร์ ซึ่งดำเนินการกับโรงไฟฟ้าสองแห่งแยกกัน ขั้นตอนต่อไปคือการดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ข้อมูลถูกวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง ML เช่น ตัวจำแนกแบบ Gradient Boosting และการถดถอยเชิงเส้น โรงไฟฟ้าแห่งแรกให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยมีความแม่นยำที่นำทิ้งถึง 0.97% โดยใช้ตัวจำแนกแบบ Gradient Boosting และตัวจำแนกแบบ Linear Regression ในทางตรงกันข้าม โรงไฟฟ้าแห่งที่สองมีความแม่นยำ 0.61% ด้วยตัวจำแนกแบบ Gradient Boosting และ 0.62% ด้วยแบบจำลอง Linear Regression เทคนิคและข้อมูลเชิงลึกของงานวิจัยนี้สามารถช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานโรงไฟฟ้าโซลาร์เซลล์และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในตลาดไฟฟ้าตัดสินใจอย่างมีข้อมูลเพื่อปรับปรุงการใช้พลังงานโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ให้เหมาะสม ลดของเสีย วางแผนการบำรุงรักษาระบบ ลดต้นทุน และอำนวยความสะดวกในการบูรณาการพลังงานโซลาร์เซลล์เข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าอย่างแพร่หลาย

Vinod a et al., (2018) ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลองและการจำลองระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์: เป็นโซลูชันพลังงานหมุนเวียน ในการผลิตพลังงานหมุนเวียน พลังงานแสงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีพลังงานสะอาดและสีเขียว มีบทบาทสำคัญเพื่อเติมเต็มการขาดแคลนพลังงานของประเทศใด ๆ การสร้างแบบจำลอง การจำลอง และการวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์ (PV) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นขั้นตอนที่สำคัญก่อนที่จะติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ณ สถานที่ใด ๆ ซึ่งช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมและลักษณะในสภาพภูมิอากาศจริงของสถานที่นั้น ในบทความนี้ แบบจำลองวงจรไดโอดเดี่ยวเทียบเท่ากัน พร้อมการจำลองรายละเอียดตามขั้นตอนของโมดูลโซลาร์ฟิวิภายใต้การแผ่กลับหรือซิมมูลิงค์ในการนำเสนอกราฟ I-V และ P-V ของโมดูลโซลาร์ฟิวิให้ความเข้าใจอย่างกว้างขวางแก่นักวิจัยหัวข้อ-ปัจจัยและทางสังคม ผลลัพธ์จำลองของเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับการเคารพจากผู้ผลิตแผ่นข้อมูลของโมดูล JAP6-72-320/4BB และเปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาดสัมพัทธ์สูงสุดพบ 1.65% ซึ่งแสดงข้อตกลงที่ดีระหว่างค่าผู้ผลิตและค่าจำลอง ยิ่งไปกว่านั้นการแสดงผลของโมดูล PV สำหรับข้อมูลทางมาตรวิทยา

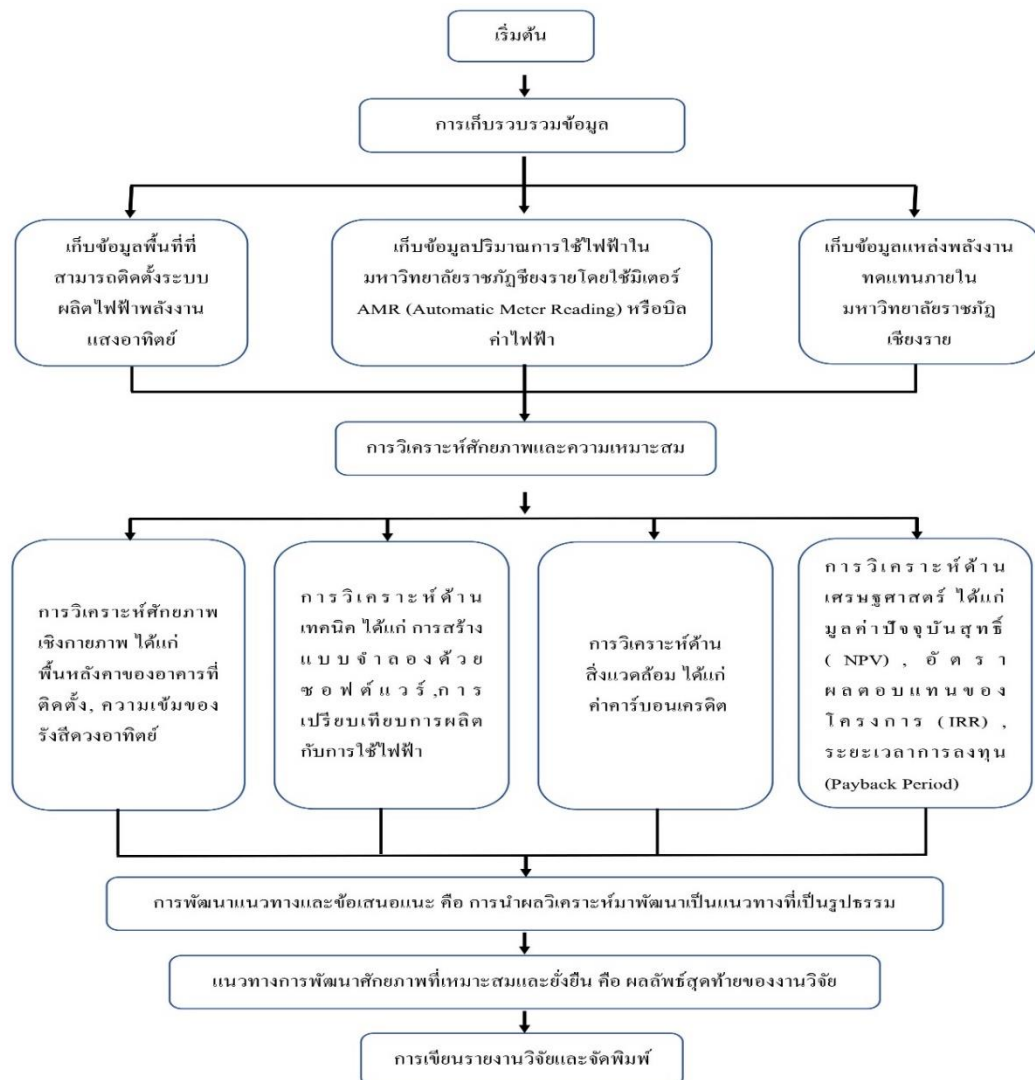
จริง (irradiance และ temperature) แสดงผลที่ดี นอกเหนือจากสิ่งนี้ถือว่าเป็นเครื่องมือที่แข็งแกร่งในการประเมินประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา วิเคราะห์การลดก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนเครดิต) และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop) ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ผู้วิจัยได้มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินการ



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการดำเนินการ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.1 คัดเลือกพื้นที่ที่สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้จริง จำนวน 10 อาคาร จาก 121 อาคาร โดยใช้เกณฑ์การประเมินอาคารในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายดังต่อไปนี้ 1) ทิศทางของหลังคา โดยพิจารณาคัดเลือกอาคารที่มีหลังคาหันไปทางทิศใต้ หรือทิศตะวันออกเฉียงใต้ เท่านั้น 2) พื้นที่หลังคาที่ใช้งานได้ มีพื้นที่เพียงพอสำหรับติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ตามขนาดที่ต้องการ โดยพิจารณาคัดเลือกพื้นที่หลังคาที่เป็นดาดฟ้าคอนกรีตและเมทัลชีทเท่านั้น 3) ความแข็งแรงและโครงสร้างของหลังคา โดยพิจารณาคัดเลือกอาคารที่หลังคาต้องรับน้ำหนักของแผงโซลาร์เซลล์และแรงลมได้อย่างปลอดภัย 4) ความเหมาะสมด้านระบบไฟฟ้าและการเชื่อมต่อ โดยพิจารณาอาคารที่มีระบบไฟฟ้าที่พร้อมสำหรับการเชื่อมต่อกับระบบโซลาร์เซลล์และใกล้จุดเชื่อมกับระบบไฟฟ้าหลักของการไฟฟ้า ดังตารางที่ 1 และคำนวณพื้นที่ติดตั้ง โดยใช้ Google Earth ทำการวัดพื้นที่หลังคาที่จะทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) โดยคำนึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้ง ซึ่งใช้เงื่อนงำด้านกายภาพ ได้แก่ พื้นที่ที่มีเงาบัง (ต้นไม้, อาคารข้างเคียง) คิดเป็น 15% ของพื้นที่รวมของอาคาร และพื้นที่สำหรับทางเดิน/บำรุงรักษา คิดเป็น 10% ของพื้นที่รวมของอาคาร พบว่ามีศักยภาพเชิงกายภาพรวม จำนวน 10 อาคาร โดยบันทึกข้อมูล ดังนี้ รายชื่ออาคาร, พื้นที่, ร้อยละ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การเก็บข้อมูลการคัดเลือกอาคาร ตามเกณฑ์การประเมินอาคาร

เกณฑ์การประเมินอาคาร	จำนวนอาคาร
ทิศทางของหลังคา (ทางทิศใต้หรือทิศตะวันออกเฉียงใต้) พื้นที่หลังคาที่ใช้งานได้ (ดาดฟ้าคอนกรีตและเมทัลชีท) ความแข็งแรงและ โครงสร้างของหลังคา (พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร) ความเหมาะสมด้านระบบไฟฟ้าและการเชื่อมต่อ (มาตรฐานไฟฟ้าของ วสท.)	

ตารางที่ 2 การเก็บข้อมูลการคำนวณพื้นที่ที่ตั้งโดยใช้โปรแกรม Google Earth ทำการวัดพื้นที่ที่ตั้ง
โดยคำนึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้ง ซึ่งใช้เงื่อนไขด้านกายภาพ

ลำดับที่	รายชื่ออาคาร	พื้นที่ (ตารางเมตร)	ร้อยละ
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
รวม			100.00

1.2 เก็บข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายโดยใช้มิเตอร์ AMR (Automatic Meter Reading) และบิลค่าไฟฟ้า โดยเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในปี 2567 ผ่านช่องทาง <https://www.amr.pea.co.th/AMRWEB/Index.aspx> และบิลค่าไฟฟ้ารายเดือนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) โดยบันทึกข้อมูล ดังนี้ เดือน, ปริมาณที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง), ค่าไฟฟ้าทั้งหมด (บาท) และค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเก็บข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายจากมิเตอร์
AMR (Automatic Meter Reading) และบิลค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในปี 2567

เดือน	การใช้ไฟฟ้ารวม (kWh/เดือน)	ค่าไฟฟ้ารวม (บาท/เดือน)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/ kWh)
ม.ค.			
ก.พ.			
มี.ค.			

ตารางที่ 3 (ต่อ)

เดือน	การใช้ไฟฟ้ารวม (kWh/เดือน)	ค่าไฟฟ้ารวม (บาท/เดือน)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/ kWh)
เม.ย.			
พ.ค.			
มิ.ย.			
ก.ค.			
ส.ค.			
ก.ย.			
ต.ค.			
พ.ย.			
ธ.ค.			
รวมทั้งหมด			
เฉลี่ย			

1.3 เก็บข้อมูลแหล่งพลังงานทดแทนภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา พบว่าในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา เป็นโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในหน่วยงานภาครัฐ ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ปีงบประมาณ 2560 ขนาด 501.12 kWp จำนวน 10 อาคาร โดยบันทึกข้อมูล ดังนี้ รายชื่ออาคารและขนาดกำลังติดตั้ง (kWp) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเก็บข้อมูลแหล่งพลังงานทดแทนภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) ขนาด 501.12 kWp

ลำดับที่	รายชื่ออาคาร	ขนาดกำลังติดตั้ง kWp
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
รวม		

2. การวิเคราะห์ศักยภาพและความเหมาะสม แบ่งเป็น 4 ด้าน ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงกายภาพ ได้แก่ ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ และการประเมินศักยภาพเชิงกายภาพพื้นที่หลังคาของอาคารที่ติดตั้ง

2.1.1 การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงกายภาพ ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Irradiance) เป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการวางแผนและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย V.660317 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน โดยเลือกพื้นที่ตำบลบ้านดู่ จังหวัดเชียงราย ผ่านสถานีเชียงราย ซึ่งมีข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2559–2563) จาก 38 สถานีทั่วประเทศ ที่ทำการหาค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีรายวันในแต่ละเดือน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยรายปีระยะยาว ผ่านช่องทาง <https://maps.su.ac.th/solarth/> โดยบันทึกข้อมูล ดังนี้ เดือน, ค่ารังสีดวงอาทิตย์ (kWh/m²/day หรือ MJ/m²/day (1 kWh = 3.6 MJ)) และค่าชั่วโมงแสงแดดสูงสุด (ชั่วโมง/วัน) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ศึกษา

2.1.2 การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงกายภาพพื้นที่หลังคาของอาคารที่สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) โดยคำนึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้ง ซึ่งใช้เงื่อนไขด้านกายภาพ ได้แก่ พื้นที่ที่มีเงาบัง (ต้นไม้, อาคารข้างเคียง) คิดเป็น 15% ของพื้นที่รวมของอาคาร และพื้นที่สำหรับทางเดิน/บำรุงรักษา คิดเป็น 10% ของพื้นที่รวมของอาคาร พบว่ามีศักยภาพเชิงกายภาพรวม จำนวน 10 อาคาร โดยบันทึกข้อมูล ดังนี้ รายชื่ออาคาร, พื้นที่, ค่ารังสีดวงอาทิตย์และศักยภาพเชิงกายภาพ

2.2 การวิเคราะห์ทางเทคนิค

2.2.1 การสร้างแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม Pvsyst คือ นำพื้นที่หลังคาของอาคารที่สามารถติดตั้ง ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) จำนวน 10 อาคารใส่ข้อมูลลงในโปรแกรมจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV simulation software) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างแบบจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์เสมือนจริง ซึ่งมีขั้นตอนการจำลองระบบโดยภาพรวมมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกประเภทของระบบที่จะติดตั้ง ได้แก่ แบบ Grid Connected

ขั้นตอนที่ 2 เลือกสถานที่ติดตั้งระบบ ได้แก่ การใส่พิกัด (Latitude/Longitude) เพื่อระบุสถานที่ที่จะจำลองการติดตั้งระบบ

ขั้นตอนที่ 3 ประกาศตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ข้อมูลด้านภูมิศาสตร์และสภาพอากาศ ตามแหล่งข้อมูลที่ต้องการติดตั้ง โดยโปรแกรมจะแนะนำฐานข้อมูลให้เป็นของ Meteonorm 8.0

ขั้นตอนที่ 4 ใส่ตัวแปรของโครงการ (พื้นที่) ได้แก่ ขนาดพื้นที่ที่จะทำการติดตั้งระบบ

ขั้นตอนที่ 5 ใส่ข้อมูลทิศทางและมุมของการติดตั้งแผง ได้แก่ หัวข้อ Orientation เพื่อกำหนดตัวแปรในแต่ละหัวข้อตามลำดับ สำหรับการตั้งค่าระบบ

ขั้นตอนที่ 6 ใส่ข้อมูลของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ (แผง PV และ Inverter) ได้แก่ หัวข้อ System เพื่อกำหนดตัวแปรในแต่ละหัวข้อตามลำดับ สำหรับการตั้งค่าระบบ

ขั้นตอนที่ 7 ใส่ตัวแปรที่เกี่ยวข้องของการสูญเสียของระบบ ได้แก่ หัวข้อ Detailed Losses เพื่อกำหนดตัวแปรในแต่ละหัวข้อตามลำดับ สำหรับการตั้งค่าระบบ

ขั้นตอนที่ 8 ตั้งค่าและดำเนินการจำลองระบบ เมื่อใส่ตัวแปรต่างๆในการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ให้ทำการบันทึกระบบและเริ่มทำการจำลองการผลิตไฟฟ้าของระบบที่ทำการตั้งค่าไว้

ขั้นตอนที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ เมื่อโปรแกรมคำนวณการจำลองการผลิตไฟฟ้าจากระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เสร็จสิ้น สามารถตรวจสอบรายงานของระบบได้ เพื่อประเมินผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับการติดตั้งระบบต่อไป

2.2.2 การเปรียบเทียบการผลิตกับการใช้ไฟฟ้า คือ การเปรียบเทียบปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากระบบ Solar Rooftop จากโปรแกรม PVsyst กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง โดยอ้างอิงข้อมูลจากบิลค่าไฟฟ้าและระบบ AMR ของปี 2567 เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องและประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้า

2.3 การวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ค่าคาร์บอนเครดิต คือ การคำนวณคาร์บอนเครดิตใช้ T-VER-S-METH-01-01 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Electricity Generation from Renewable Energy) ฉบับที่ 02 Scope: 01 - Energy industries มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 25 ตุลาคม 2566 (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)) เป็นโครงการที่มีกิจกรรมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน โดยเป็นการผลิตไฟฟ้าเพื่อทดแทนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน หรือน้ำมัน ซึ่งไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถทดแทนไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือไฟฟ้าจากระบบสายส่ง เพื่อใช้เองและหรือจำหน่ายเข้าระบบสายส่ง ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบสายส่งตามที่ อบก. กำหนด ที่จะนำไปคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) หรือจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) มีค่าเท่ากับ 0.5101 tCO₂/MWh รายงานผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย โดย อบก. สำหรับโครงการประเภทพลังงานแสงอาทิตย์ (ประกาศใช้เมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ.2568) ใช้เป็นค่าอ้างอิงสำหรับโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) และมีระยะเวลาคาร์บอนเครดิต 10 ปี กำหนดหาได้จากสมการ (1)

$$\text{Carbon Credit} = \text{Energy Produced} \times \text{Emission Factor} \quad (1)$$

โดยที่ Carbon Credit คือ ค่าคาร์บอนเครดิต (t CO₂e/MWh), Energy Produced คือ ค่าพลังงานที่ผลิตได้ (MWh), Emission Factor คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (t CO₂e/MWh)

กำหนดสมมติฐาน โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบโซลาร์เซลล์ (Solar PV) ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การผลิตไฟฟ้าทั้งหมดจากโครงการใช้แทนพลังงานจากกริด (ระบบสายส่ง

เดิม) ซึ่งมีค่า Emission Factor = 0.5101 tCO₂/MWh และโครงการไม่มีการใช้เครื่องยนต์ดีเซลหรือแหล่งพลังงานอื่น

2.4 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เป็นการวิเคราะห์หาผลตอบแทนด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) เพื่อทำการเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กับต้นทุนของเงินทุนที่นำไปใช้ในการติดตั้งระบบนี้ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าทำโครงการนั้นแล้วคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ มีพารามิเตอร์หลักที่นิยมใช้ในการประเมินความเหมาะสมของโครงการด้านการลงทุนได้แก่

2.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value, NPV) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2 (พัชรินทร์, 2565)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_o \quad (2)$$

โดยที่	NPV	=	มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)
	ES _t	=	กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี (บาท)
	n	=	อายุโครงการ (ปี)
	i	=	อัตราคิดลด (Discount Rate) หรืออัตราดอกเบี้ย
	t	=	ปี (0 แทนปีปัจจุบัน, 1 แทนอีก 1 ปีข้างหน้า ตามลำดับ)
	I _o	=	เงินลงทุนตอนเริ่มโครงการ (บาท)

เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้ของโครงการ มีค่ามากกว่า 0 ก็ตัดสินใจลงทุนหรือยอมรับโครงการนั้น หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่า 0 หรือ มีค่าเป็นลบก็ไม่ลงทุนในโครงการดังกล่าวเนื่องจากไม่คุ้มค่าที่จะลงทุน

2.4.2 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3 (พัชรินทร์, 2565)

$$I_o = \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (3)$$

โดยที่	IRR	= อัตราผลตอบแทนภายใน
	ES_t	= กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี (บาท)
	Io	= เงินลงทุนตอนเริ่มโครงการ (บาท)
	r	= อัตราคิดลด (Discount Rate) หรืออัตราดอกเบี้ย
	t	= ปีของโครงการ คือปีที่ 1,2,3,.....n
	n	= อายุของโครงการ

เกณฑ์ตัดสินใจว่าจะลงทุนหรือไม่นั้นจะพิจารณา ดังนี้

หาก $IRR >$ ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจลงทุน

หาก $IRR <$ ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจไม่ลงทุน

2.4.3 ระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด (Discounted Payback Period) สามารถคำนวณได้
ดังสมการที่ 4 (กนิกนันต์, 2556)

$$DPP = \sum_{t=1}^m \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = C_0 \quad (4)$$

โดยที่	DPP	= ระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด
	B_t	= ผลตอบแทนของโครงการที่เกิดขึ้นในแต่ละปี
	C_t	= ต้นทุนโครงการที่เกิดขึ้นในแต่ละปี
	r	= อัตราคิดลด (Discount Rate) หรืออัตราดอกเบี้ย
	m	= ปีที่คืนทุน หรือระยะเวลาคืนทุนเป้าหมาย (Target Payback Period)
	t	= ปี (0 แทนปีปัจจุบัน, 1 แทนอีก 1 ปีข้างหน้า ตามลำดับ)

เกณฑ์ตัดสินใจว่าจะลงทุนหรือไม่นั้นจะพิจารณาระยะเวลาที่โครงการสามารถคืนเงินลงทุนเริ่มแรกได้ครบ โดยพิจารณาจากกระแสเงินสดที่ถูกปรับลดด้วยอัตราคิดลด (Discount Rate) โดยถ้า $DPP \leq m$ (ระยะเวลาคืนทุนเป้าหมาย) เป็นโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่าลงทุน แต่ถ้า $DPP > m$ เป็นโครงการที่มีระยะคืนทุนยาวอาจไม่คุ้มค่าหรือเสี่ยงเกินไปไม่ลงทุน

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ลำดับที่	รายชื่ออาคาร	NPV (บาท)	IRR (%)	DPP (ปี)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
รวม				

3. การพัฒนาแนวทางและข้อเสนอแนะ คือ การนำผลวิเคราะห์มาพัฒนาเป็นแนวทางที่เป็น
รูปธรรม

4. แนวทางการพัฒนาศักยภาพที่เหมาะสมและยั่งยืน คือ ผลลัพธ์สุดท้ายของงานวิจัย

5. การเขียนรายงานวิจัยและจัดพิมพ์

บทที่ 4

ผลการศึกษา

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา วิเคราะห์การลดก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนเครดิต) และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop) ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ผู้วิจัยได้ผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการสำรวจพื้นที่โดยใช้ Google Earth พบว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายตั้งอยู่ที่พิกัด 19°58'50"N 99°51'00"E มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 940 ไร่ หรือ 1,504,000 ตารางเมตร โดยมีอาคารต่างๆ จำนวน 131 อาคาร (แผนที่มหาวิทยาลัยฯ ประจำปี 2566) ประกอบด้วย อาคารเรียน อาคารปฏิบัติการ อาคารสำนักงาน หอพัก และอาคารสนับสนุนการเรียนการสอน มีพื้นที่หลังคาทั้งหมดประมาณ 108,848.58 ตารางเมตร แบ่งประเภทหลังคาอาคารออกเป็น 4 ประเภทได้แก่ หลังคาลาดฟ้าคอนกรีต, หลังคาเมทัลชีท, หลังคากระเบื้องและหลังคาไม้ซีดาร์ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลพื้นที่และร้อยละของประเภทหลังคาอาคาร

ประเภทหลังคาอาคาร	พื้นที่ (ตร.ม.)	ร้อยละ
หลังคาลาดฟ้าคอนกรีต	12,919.53	11.86
หลังคาเมทัลชีท	83,585.24	76.72
หลังคากระเบื้อง	11,101.94	10.19
หลังคาไม้ซีดาร์	1,341.87	1.23
รวม	108,948.58	100.0

จากตารางที่ 6 พบว่า หลังคาเมทัลชีทมีพื้นที่มากที่สุด คือ 83,585.24 ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 76.72 และหลังคาไม้ซีดาร์มีพื้นที่น้อยที่สุด คือ 1,341.87 ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.23

1.1 ผลการคัดเลือกอาคารพื้นที่ที่สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ตามเกณฑ์การประเมินอาคารในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จำนวน 131 อาคาร ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาไปแล้ว 10 อาคาร คงเหลือจำนวน 121 อาคาร เพื่อเลือกอาคารที่เหมาะสมกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา จำนวน 10 อาคาร ดังตารางที่ 7 และแสดงจุดติดตั้งพื้นที่ดำเนินโครงการ ดังภาพที่ 8

ตารางที่ 7 ผลการคัดเลือกอาคาร ตามเกณฑ์การประเมินอาคารของมหาวิทยาลัย

เกณฑ์การประเมินอาคาร	จำนวนอาคาร
ทิศทางของหลังคา (ทางทิศใต้หรือทิศตะวันออกเฉียงใต้)	82
พื้นที่หลังคาที่ใช้งานได้ (คาดฟ้าคอนกรีตและเมทัลชีท)	57
ความแข็งแรงและ โครงสร้างของหลังคา (พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร)	28
ความเหมาะสมด้านระบบไฟฟ้าและการเชื่อมต่อ (มาตรฐานไฟฟ้าของ วสท.)	10



ภาพที่ 8 แผนภาพแสดงพื้นที่ดำเนินโครงการ

ผลคำนวณพื้นที่ติดตั้ง โดยใช้ Google Earth ทำการวัดพื้นที่หลังคาที่จะทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) โดยคำนึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้ง ซึ่งใช้เงื่อนไขด้านกายภาพ ได้แก่ พื้นที่ที่มีเงาบัง (ต้นไม้, อาคารข้างเคียง) คิดเป็น 15% ของพื้นที่รวมของอาคาร และพื้นที่สำหรับทางเดิน/บำรุงรักษา คิดเป็น 10% ของพื้นที่รวมของอาคาร พบว่ามีพื้นที่ติดตั้งของทั้ง 10 อาคาร เท่ากับ 11,516.29 ตารางเมตร ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการคำนวณพื้นที่ติดตั้งโดยใช้โปรแกรม Google Earth ทำการวัดพื้นที่ติดตั้ง โดยคำนึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้ง ซึ่งใช้เงื่อนไขด้านกายภาพ

ลำดับที่	รายชื่ออาคาร	พื้นที่ (ตารางเมตร)	ร้อยละ
1	หอประชุมใหญ่	5,897.12	51.21
2	หอประชุมสุพรรณิการ์	474.89	4.12
3	คณะนิติศาสตร์	401.61	3.49
4	คณะรัฐศาสตร์ฯ	542.82	4.71
5	อาคารไบโอเทค 1	372.73	3.24
6	หอกริมย์ราชภัฏ 8	638.15	5.54
7	หอกริมย์ราชภัฏ 9	638.15	5.54
8	หอกริมย์ราชภัฏ 11	638.15	5.54
9	โรงยิมเนเซียม	1,590.23	13.81
10	อาคารฟิตเนส	322.44	2.80
รวม		11,516.29	100.00

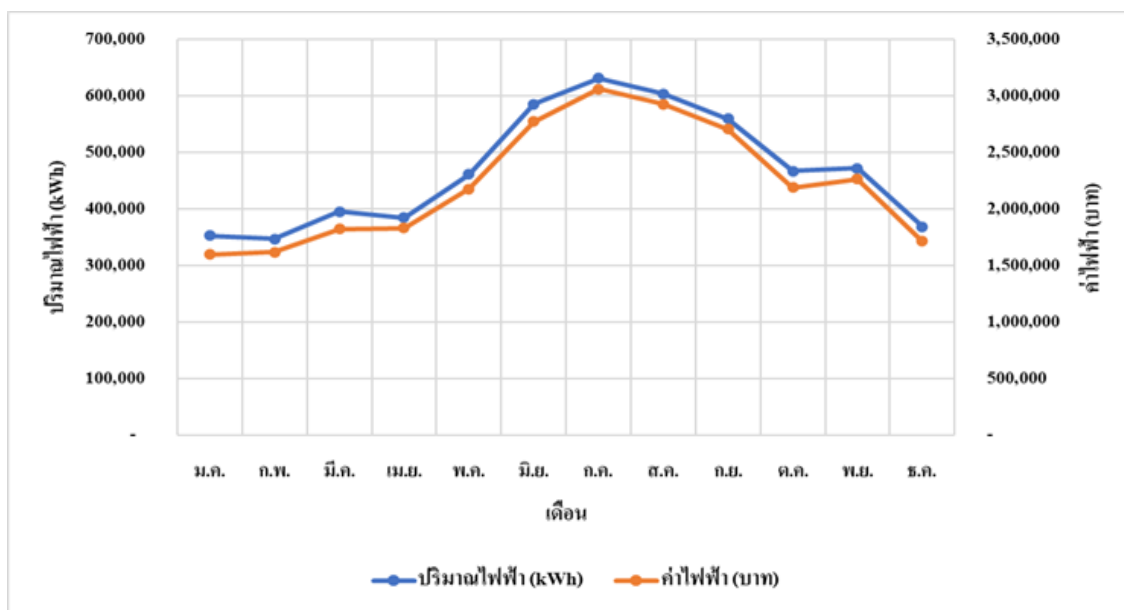
จากตารางที่ 8 พบว่า อาคารหอประชุมใหญ่มีพื้นที่ติดตั้งมากที่สุด คือ 5,897.12 ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 51.21 และอาคารฟิตเนสมีพื้นที่ติดตั้งน้อยที่สุด คือ 322.44 ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.80

1.2 ผลเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายโดยใช้มิเตอร์ AMR (Automatic Meter Reading) และบิลค่าไฟฟ้า โดยเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในปี 2567 ผ่านช่องทางบิลค่าไฟฟ้ารายเดือนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) และ <https://www.amr.pea.co.th/AMRWEB/Index.aspx> ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายจากมิเตอร์ AMR
(Automatic Meter Reading) และบิลค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในปี 2567

เดือน	การใช้ไฟฟ้ารวม (kWh/เดือน)	ค่าไฟฟ้ารวม (บาท/เดือน)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/ kWh)
ม.ค.	353,460.00	1,601,345.80	4.53
ก.พ.	347,820.00	1,621,597.64	4.66
มี.ค.	396,420.00	1,826,799.69	4.61
เม.ย.	385,140.00	1,834,001.73	4.76
พ.ค.	461,640.00	2,182,016.28	4.73
มิ.ย.	585,960.00	2,778,132.57	4.74
ก.ค.	632,160.00	3,065,500.38	4.85
ส.ค.	604,320.00	2,932,283.66	4.85
ก.ย.	560,400.00	2,710,162.54	4.84
ต.ค.	467,400.00	2,192,007.53	4.69
พ.ย.	472,740.00	2,268,318.94	4.80
ธ.ค.	369,540.00	1,719,557.32	4.65
รวมทั้งหมด	5,637,000.00	26,731,724.08	
เฉลี่ย	469,750.00	2,227,643.67	4.73

จากตารางที่ 9 พบว่า ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ของปี 2567 มีการใช้ไฟฟ้ารวม 5,637,000 kWh/ปี ค่าไฟฟ้ารวม 26,734,291.08 บาท/ปี และมีค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4.73 บาท/kWh



ภาพที่ 9 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของปี 2567

จากภาพที่ 9 พบว่า เดือนกรกฎาคมมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารวมมากที่สุด คือ 632,160 kWh/เดือน เป็นเงิน 3,065,500.38 บาท/เดือน และเดือนมกราคมมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารวมน้อยที่สุด คือ 347,820 kWh/เดือน เป็นเงิน 1,601,345.80 บาท/เดือน

1.3 ผลการเก็บข้อมูลแหล่งพลังงานทดแทนภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา พบว่าในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา เป็นโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในหน่วยงานภาครัฐ ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ปีงบประมาณ 2560 ขนาด 501.12 kWp จำนวน 10 อาคาร ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการเก็บข้อมูลแหล่งพลังงานทดแทนภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) ขนาด 501.12 kWp

ลำดับที่	รายชื่ออาคาร	ขนาดกำลังติดตั้ง kWp
1	อาคารคณะวิทยาการจัดการ	42.24
2	อาคารอธิการบดีหลังใหม่	201.60
3	ที่จอดรถหน้าอาคารอธิการบดีหลังใหม่	34.56

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่ออาคาร	ขนาดกำลังติดตั้ง kWp
4	หอประชุมกาสะลองคำ	42.24
5	อาคารเทคโนโลยีเกษตร	30.08
6	อาคารเรียนรวม 8 ชั้น	35.84
7	อาคารเรียนคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	23.36
8	อาคารสาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์	30.08
9	อาคารคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	23.04
10	อาคารเรียนคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	38.08
รวม		501.12

2. ผลการวิเคราะห์ศักยภาพและความเหมาะสม แบ่งเป็น 4 ด้าน ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงกายภาพ ได้แก่ ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ และการประเมินศักยภาพเชิงกายภาพพื้นที่หลังคาของอาคารที่ติดตั้ง

2.1.1 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงกายภาพความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ จากฐานข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย V.660317 (<https://maps.su.ac.th/solarth/>) ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน พบว่าค่าเฉลี่ยรังสีดวงอาทิตย์ ของตำบลบ้านคู้ อำเภอมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย มีค่ารังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ $17.03 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$ หรือ $4.73 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ (1 kWh เท่ากับ 3.6 MJ) ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงกายภาพความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ของตำบลบ้านดู่
อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

เดือน	ค่ารังสีดวงอาทิตย์ (kWh/m ² /day)	ค่าชั่วโมงแสงแดดสูงสุด ชั่วโมง/วัน
มกราคม	4.15	4.15
กุมภาพันธ์	5.02	5.02
มีนาคม	5.50	5.50
เมษายน	5.89	5.89
พฤษภาคม	5.51	5.51
มิถุนายน	4.87	4.87
กรกฎาคม	4.33	4.33
สิงหาคม	4.29	4.29
กันยายน	4.64	4.64
ตุลาคม	4.56	4.56
พฤศจิกายน	4.16	4.16
ธันวาคม	3.84	3.84
เฉลี่ย	4.73	4.73

จากตารางที่ 11 พบว่า ค่ารังสีดวงอาทิตย์ เดือนเมษายนมีค่ามากที่สุด คือ 5.89 kWh/m²/day และเดือนธันวาคมมีค่าน้อยที่สุด คือ 3.84 kWh/m²/day

2.1.2 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงกายภาพพื้นที่หลังคาของอาคารที่สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) โดยคำนึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้ง ซึ่งใช้เงื่อนไขด้านกายภาพ ได้แก่ พื้นที่ที่มีเงาบัง (ต้นไม้, อาคารข้างเคียง) คิดเป็น 15% และพื้นที่สำหรับทางเดิน/บำรุงรักษา คิดเป็น 10% ของพื้นที่รวมของอาคาร รวมเป็น 25 % พบว่ามีศักยภาพเชิงกายภาพรวม จำนวน 10 อาคาร ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงกายภาพพื้นที่หลังคาของอาคาร โดยคำนึงถึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้งซึ่งใช้เงื่อนไขด้านกายภาพ

ลำดับที่	รายชื่ออาคาร	พื้นที่ (ตารางเมตร)	ค่ารังสีดวงอาทิตย์ (kWh/m ² /day)	ศักยภาพ เชิงกายภาพ (kWh/day)
1	หอประชุมใหญ่	5,897.12	4.73	27,893.39
2	หอประชุมสุพรรณิการ์	474.89	4.73	2,246.21
3	คณะนิติศาสตร์	401.61	4.73	1,899.62
4	คณะรัฐศาสตร์ฯ	542.82	4.73	2,567.54
5	อาคารไปโอเทค 1	372.73	4.73	1,763.00
6	หอภิรมย์ราชภัฏ 8	638.15	4.73	3,018.46
7	หอภิรมย์ราชภัฏ 9	638.15	4.73	3,018.46
8	หอภิรมย์ราชภัฏ 11	638.15	4.73	3,018.46
9	โรงยิมเนเซียม	1,590.23	4.73	7521.76
10	อาคารฟิตเนส	322.44	4.73	1,525.14
รวม		11,516.29		54,472.04

จากตารางที่ 12 พบว่า ศักยภาพเชิงกายภาพพื้นที่หลังคาของอาคาร โดยคำนึงถึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้ง เช่น พื้นที่ที่มีเงาบัง พื้นที่ทางเดิน หรือพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวาง อาคารหอประชุมใหญ่มีค่ามากที่สุด คือ 27,893.39 kWh/day และอาคารฟิตเนสมีค่าน้อยที่สุด คือ 1,525.14 kWh/day

2.2 ผลการวิเคราะห์ทางเทคนิค ได้แก่ การสร้างแบบจำลองด้วยซอฟต์แวร์ PVsyst และการเปรียบเทียบการผลิตกับการใช้ไฟฟ้า

2.2.1 ผลการสร้างแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม PVsyst Version 8.0.12 เป็นการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา แบบเชื่อมต่อสายส่ง (On Grid) ขนาดติดตั้งรวม 2,482 kWp โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Monocrystalline ขนาด 600 Wp มีค่า Module Efficiency STC (22.21%) จำนวน 4,139 แผงและใช้อินเวอร์เตอร์ จำนวน 17 เครื่อง ดังนี้ ขนาด 300 kW จำนวน 4 เครื่อง, ขนาด 150 kW จำนวน 5 เครื่อง, ขนาด 100 kW จำนวน 4 เครื่อง, ขนาด 65 kW จำนวน 1 เครื่อง, ขนาด 60 kW จำนวน 2 เครื่อง และ ขนาด 40 kW จำนวน 2 เครื่อง ที่มีใน Database ติดตั้งบนอาคาร 10 อาคาร โดย 9 อาคารหันทางทิศใต้ (Azimuth 0°,

Tilt 20°) และ 1 อาคาร(หอประชุมใหญ่) หันทางตะวันออกเฉียงใต้ (Azimuth 107°, Tilt 6°) เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าในสภาพแวดล้อมจริงจากการติดตั้งระบบ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม PVsyst

ลำดับ	ชื่ออาคาร	พื้นที่ หลังคา (ตร.ม.)	ขนาด ติดตั้ง (kWp)	ผลผลิตไฟฟ้า (MWh/ปี)	PR (%)	พลังงานสุทธิที่ ได้ (kWh/ kWp/ปี)
1	หอประชุมใหญ่	5,897.12	1,267.00	1,814.70	85.77	1,432
2	หอประชุม สุพรรณิการ	474.89	101.00	153.96	85.99	1,527
3	คณะนิติศาสตร์	401.61	86.40	132.37	86.25	1,532
4	คณะรัฐศาสตร์ฯ	542.82	120.00	181.91	85.35	1,516
5	อาคารไบโอเทค 1	372.73	81.60	125.12	86.32	1,533
6	หอกริรมย์ราชภัฏ 8	638.15	140.00	211.76	84.93	1,508
7	หอกริรมย์ราชภัฏ 9	638.15	140.00	211.76	84.93	1,508
8	หอกริรมย์ราชภัฏ 11	638.15	140.00	211.76	84.93	1,508
9	โรงยิมเนเซียม	1,590.23	343.00	523.61	85.89	1,525
10	อาคารฟิตเนส	322.44	63.00	96.90	86.60	1,538
รวม		11,516.29	2,482.00	3,663.85		

จากตารางที่ 13 พบว่า การจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม PVsyst อาคารฟิตเนสมีค่าพลังงานสุทธิที่ได้มีค่ามากที่สุด คือ 1,538 kWh/ kWp/ปี และอาคารหอประชุมใหญ่ มีค่าน้อยที่สุด คือ 1,432 kWh/ kWp/ปี

2.2.2 ผลการเปรียบเทียบการผลิตกับการใช้ไฟฟ้า คือ การนำข้อมูลค่าการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) จากโปรแกรม PVsyst มาเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากบิลค่าไฟฟ้าและระบบ AMR ปี 2567 ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยกับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบโซลาร์เซลล์

ลำดับที่	รายการ	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (MWh/ปี)	ร้อยละ (%)
1	การใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยปี 2567	5,637	100 %
2	การผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์	3,663.85	65 %
3	การพึ่งพาไฟฟ้าจากระบบภายนอก (เช่น PEA)	1,973.15	35 %

จากตารางที่ 14 พบว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยปี 2567 เท่ากับ 5,637 Mwh/ปี การผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ทั้งปี เท่ากับ 3,663.85 Mwh/ปี คิดเป็น 65 % และการพึ่งพาไฟฟ้าจากระบบภายนอก (PEA) เท่ากับ 1,973.15 Mwh/ปี คิดเป็น 35 % ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยปี 2567

2.3 ผลการวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ค่าคาร์บอนเครดิต คือ การคำนวณคาร์บอนเครดิตใช้ T-VER-S-METH-01-01 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Electricity Generation from Renewable Energy) ฉบับที่ 02 Scope: 01 - Energy industries มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 25 ตุลาคม 2566 (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)) เป็นโครงการที่มีกิจกรรมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน โดยเป็นการผลิตไฟฟ้าเพื่อทดแทนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน หรือน้ำมัน ซึ่งไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถทดแทนไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือไฟฟ้าจากระบบสายส่ง เพื่อใช้เองหรือจำหน่ายเข้าระบบสายส่ง ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบสายส่งตามที่ อบก. กำหนด ที่จะนำไปคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) หรือจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) มีค่าเท่ากับ 0.5101 tCO₂/MWh รายงานผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย โดย อบก. สำหรับโครงการประเภทพลังงานแสงอาทิตย์ (ประกาศใช้เมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2568) ใช้เป็นค่าอ้างอิงสำหรับโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) และมีระยะเวลาคาร์บอนเครดิต 10 ปี

2.3.1 ผลการคำนวณคาร์บอนเครดิตใช้ T-VER-S-METH-01-01 โดยมีขั้นตอนการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนี้

2.3.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

$$PE = 0 \text{ tCO}_2/\text{ปี}$$

เหตุผล : การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระหว่างการดำเนินงาน

2.3.1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) คำนวณตามสูตร

$$BE = EG \times EF$$

โดยที่ $EG =$ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ (MWh/ปี)

$EF =$ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบไฟฟ้า
(tCO_2/MWh)

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์ (EF) มีค่าเท่ากับ $0.5101 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$ ตามมาตรฐาน T-VER

$$BE = 3,663.85 \text{ MWh/ปี} \times 0.5101 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$$

$$BE = 1,868.93 \text{ tCO}_2/\text{ปี}$$

2.3.1.3 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction)

$$ER = BE - PE$$

$$ER = 1,868.93 - 0$$

$$ER = 1,868.93 \text{ tCO}_2/\text{ปี}$$

มีระยะเวลาคาร์บอนเครดิต 10 ปี

$$\text{Carbon Credit} = 1,868.93 \text{ tCO}_2/\text{ปี} \times 10$$

$$\text{Carbon Credit} = 18,689.3 \text{ tCO}_2$$

ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการคำนวณคาร์บอนเครดิตใช้ T-VER-S-METH-01-01

ลำดับที่	รายการ	ค่าคาร์บอนเครดิต (tCO ₂ /ปี)
1	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (BE)	1,868.93
2	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (PE)	0
3	การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ER)	1,868.93
4	มีระยะเวลาคาร์บอนเครดิต 10 ปี	18,689.3

จากตารางที่ 15 พบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 1,868.93 tCO₂/ปี และมีระยะเวลาคาร์บอนเครดิต 10 ปี จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 18,689.3 tCO₂

2.4 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา แบบเชื่อมต่อสายส่ง (On Grid) ขนาด 2,482 kWp เป็นการวิเคราะห์หาผลตอบแทนด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ พบว่าศักยภาพด้านเศรษฐศาสตร์ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของทั้งโครงการ (10 อาคาร) ตลอดอายุ 25 ปี ได้ 257,579,308.81 บาท, อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 26.49 % และระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด (DPP) เท่ากับ 3.60 ปี เหตุผลที่ค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และค่าระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด (DPP) เท่ากันทุกอาคาร เพราะว่ามีสมมติฐานต้นทุนคำนวณจากฐานเดียวกัน คือ 22,000 บาทต่อkWp ของทุกอาคาร ดังตารางที่ 16

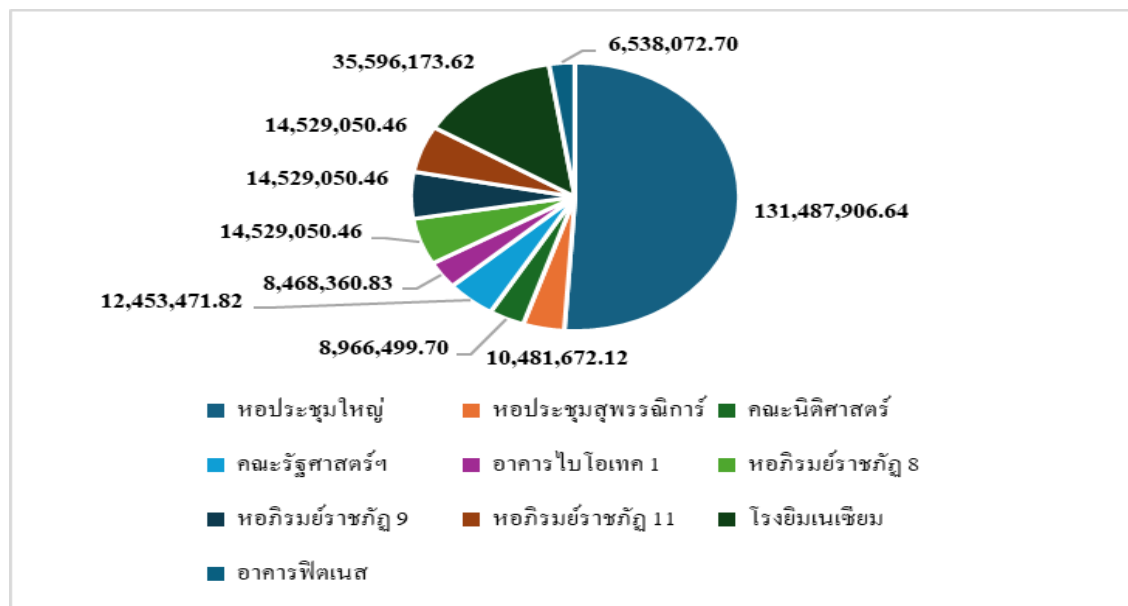
ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ลำดับที่	รายชื่ออาคาร	NPV (บาท)	IRR (%)	DPP (ปี)
1	หอประชุมใหญ่	131,487,906.64	26.49	3.70
2	หอประชุมสุพรรณิการ์	10,481,672.12	26.49	3.70
3	คณะนิติศาสตร์	8,966,499.70	26.49	3.70
4	คณะรัฐศาสตร์ฯ	12,453,471.82	26.49	3.70
5	อาคารไบโอเทค 1	8,468,360.83	26.49	3.70

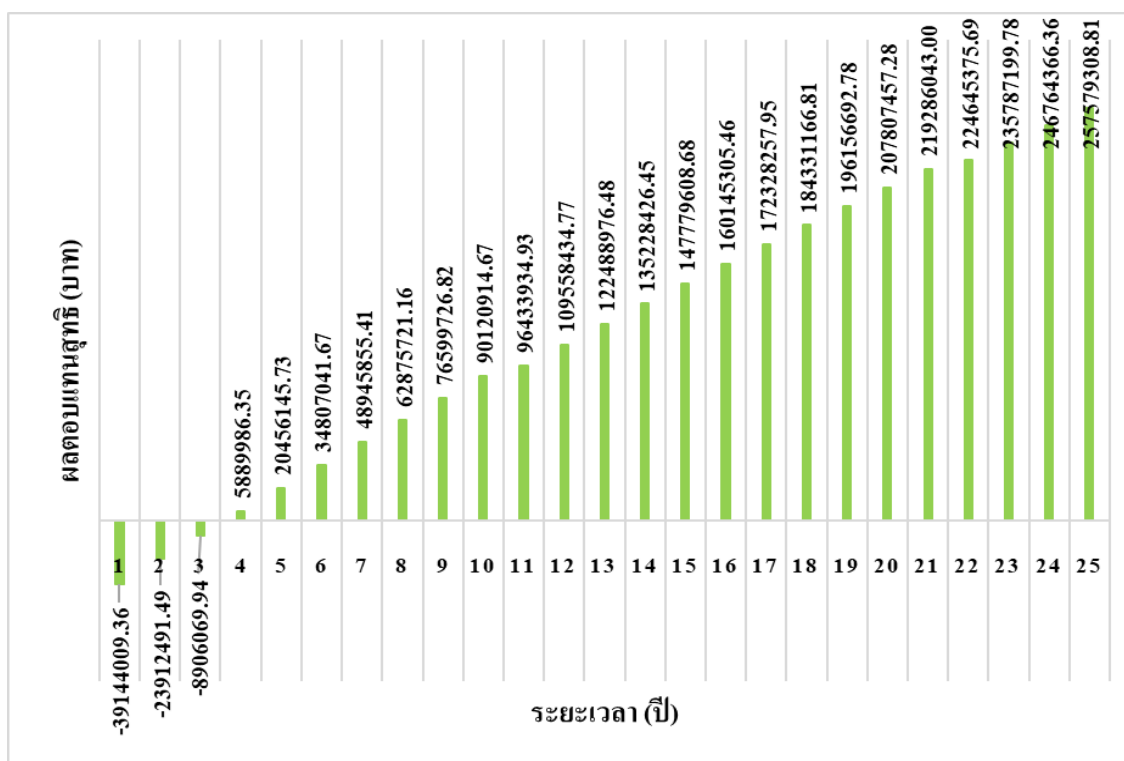
ตารางที่ 16 (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่ออาคาร	NPV (บาท)	IRR (%)	DPP (ปี)
6	หอภิรมย์ราชภัฏ 8	14,529,050.46	26.49	3.70
7	หอภิรมย์ราชภัฏ 9	14,529,050.46	26.49	3.70
8	หอภิรมย์ราชภัฏ 11	14,529,050.46	26.49	3.70
9	โรงยิมเนเซียม	35,596,173.62	26.49	3.70
10	อาคารฟิตเนส	6,538,072.70	26.49	3.70
รวม		257,579,308.81		

จากตารางที่ 16 พบว่า อาคารหอประชุมใหญ่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่ามากที่สุด คือ 131,487,906.64 บาท และอาคารฟิตเนสมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าน้อยที่สุด คือ 6,538,072.70 บาท



ภาพที่ 10 แสดงค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)



ภาพที่ 11 แสดงผลการประเมินจุดคุ้มทุนจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

3. การพัฒนาแนวทางและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์ศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย พบว่าระบบดังกล่าวมีความคุ้มค่าในการลงทุนทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม จึงสามารถพัฒนาแนวทางและข้อเสนอแนะ ได้แก่ การขยายการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ในอาคารที่เหลือ การจัดตั้งกองทุนหรือแหล่งเงินทุนสนับสนุน การบำรุงรักษาและติดตามผลการดำเนินงาน การสร้างความตระหนักรู้และมีส่วนร่วมของบุคลากรและนักศึกษา และการพัฒนาเป็นต้นแบบให้กับสถาบันการศึกษาอื่น

4. แนวทางการพัฒนาศักยภาพที่เหมาะสมและยั่งยืน

จากผลการศึกษาศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าและประสิทธิภาพของระบบทั้งใน

ด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม สามารถกำหนดแนวทางการพัฒนาศักยภาพที่เหมาะสมและยั่งยืน ได้แก่ การใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด การวางแผนระยะยาวในการจัดการระบบ การบริหารจัดการ การพลังงานแบบองค์รวม การเสริมสร้างศักยภาพด้านบุคลากรและองค์ความรู้ การติดตามประเมินผล และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และการขยายผลและสร้างเครือข่ายความร่วมมือ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop) ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ได้ผลการวิจัยในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ศักยภาพเชิงกายภาพ จากการสำรวจพื้นที่โดยใช้ Google Earth พบว่า มหาวิทยาลัยมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 940 ไร่ มีอาคารต่าง ๆ จำนวน 131 อาคาร โดยมีพื้นที่หลังคาทั้งหมด 108,948.58 ตารางเมตร แบ่งเป็นหลังคาเมทัลชีทมากที่สุด (76.72 %) หลังคาแดดฟ้าคอนกรีต (11.86 %) หลังคากระเบื้อง (10.19%) และหลังคาไม้ซีดาร์ (1.23 %) จากการคัดเลือกอาคารตามเกณฑ์การประเมิน พบว่า สามารถติดตั้งระบบได้ 10 อาคาร มีพื้นที่ติดตั้งรวม 11,516.29 ตารางเมตร โดยหลังจากคำนึงถึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้งได้ เช่น พื้นที่ที่มีเงาบัง (15%) และพื้นที่สำหรับทางเดิน/บำรุงรักษา (10%) ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยในพื้นที่มีค่า 4.73 kWh/m²/day โดยเดือนเมษายนมีค่าสูงสุด (5.89 kWh/m²/day) และเดือนธันวาคมมีค่าต่ำสุด (3.84 kWh/m²/day) ทำให้มีศักยภาพเชิงกายภาพรวม 54,472.04 kWh/day

2. ศักยภาพทางเทคนิค จากการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม PVsyst Version 8.0.12 เป็นการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา แบบเชื่อมต่อสายส่ง (On Grid) ขนาดติดตั้งรวม 2,482 kWp โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Monocrystalline ขนาด 600 Wp มีค่า Module Efficiency STC (22.21%) และใช้อินเวอร์เตอร์ จำนวน 17 เครื่อง ดังนี้ ขนาด 300 kW จำนวน 4 เครื่อง, ขนาด 150 kW จำนวน 5 เครื่อง, ขนาด 100 kW จำนวน 4 เครื่อง, ขนาด 65 kW จำนวน 1 เครื่อง, ขนาด 60 kW จำนวน 2 เครื่อง และ ขนาด 40 kW จำนวน 1 เครื่อง ที่มีใน Database ติดตั้งบนอาคาร 10 อาคาร โดย 9 อาคารหันทางทิศใต้ (Azimuth 0°, Tilt 20°) และ 1 อาคาร (หอประชุมใหญ่) หันทางตะวันออกเฉียงใต้ (Azimuth 107°, Tilt 6°) สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3,663.85 MWh/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยในปี 2567 เท่ากับ 5,637 MWh/ปี คิดเป็น 65 % และการพึ่งพาไฟฟ้าจากระบบภายนอก (PEA) เท่ากับ 1,973.15 MWh คิดเป็น 35 % ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยปี 2567

3. ศักยภาพด้านสิ่งแวดล้อม การคำนวณคาร์บอนเครดิตตาม T-VER-S-METH-01-01 พบว่าระบบสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 1,868.93 tCO₂/ปี โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการเท่ากับ 0 tCO₂/ปี (เนื่องจากไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง) และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระยะเวลา 10 ปี รวม 18,689.3 tCO₂

4. ศักยภาพด้านเศรษฐศาสตร์ การวิเคราะห์ทางการเงินพบว่าโครงการมีความคุ้มค่าสูง โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) รวม 257,579,308.81 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 26.49 % และระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด (DPP) 3.60 ปี สำหรับอายุโครงการ 25 ปี อาคารหอประชุมใหญ่ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงสุด (131,487,906.64 บาท) เนื่องจากมีพื้นที่ติดตั้งมากที่สุด (5,897.12 ตารางเมตร) ส่วนอาคารฟิตเนสมีค่าต่ำสุด (6,538,072.70 บาท) เนื่องจากมีพื้นที่ติดตั้งน้อยที่สุด (322.44 ตารางเมตร)

5. ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า การใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยในปี 2567 มีค่าเฉลี่ย 469,750 kWh/เดือน โดยเดือนกรกฎาคมมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารวมมากที่สุด คือ 632,160 kWh/เดือน เป็นเงิน 3,065,500.38 บาท/เดือน และเดือนมกราคมมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารวมน้อยที่สุด คือ 347,820 kWh/เดือน เป็นเงิน 1,601,348.80 บาท/เดือน และมีค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4.73 บาท/kWh

อภิปรายผล

การขยายตัวทางเศรษฐกิจและการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานของประเทศเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนำไปสู่ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความไม่มั่นคงทางพลังงาน ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนนโยบายด้านพลังงาน โดยให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานทดแทน โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีศักยภาพสูง เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี การใช้พลังงานแสงอาทิตย์จึงสามารถช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลจากต่างประเทศ เสริมสร้างความมั่นคงทางพลังงาน และสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืน ภายใต้แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561–2580 (AEDP 2018) ประเทศไทยตั้งเป้าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ให้ได้ 15,574 เมกะวัตต์ ภายในปี 2580 เพื่อรองรับความต้องการพลังงานขั้นสุดท้ายที่คาดว่าจะสูงถึง 126,867 ktoe และความต้องการไฟฟ้ารวมกว่า 250,204 ล้านหน่วย ตัวเลขดังกล่าวสะท้อนถึงทิศทางเชิงยุทธศาสตร์ของประเทศในการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานสะอาดอย่างเป็นรูปธรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายถือเป็นกรณีศึกษาที่สะท้อนบทบาทของสถาบันการศึกษาในฐานะ “ผู้ใช้พลังงาน ผู้พัฒนาองค์ความรู้ และต้นแบบการจัดการพลังงานอย่างยั่งยืน” ด้วยพื้นที่กว่า 940 ไร่ ซึ่งประกอบด้วยอาคารเรียน หอพัก และพื้นที่กิจกรรมต่าง ๆ ทำให้มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาจึงเป็นแนวทางที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า พร้อมทั้งเป็นต้นแบบการจัดการพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันมหาวิทยาลัยได้ติดตั้งระบบขนาด 501.12 kWp ภายใต้โครงการสนับสนุนของภาครัฐ ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ยังมีศักยภาพในการขยายการติดตั้งเพิ่มเติมเพื่อให้ครอบคลุมความต้องการใช้พลังงานในอนาคต อีกทั้งยังสามารถเชื่อมโยงกับโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T-VER) ของประเทศไทย เพื่อรับรองผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบของคาร์บอนเครดิต อันเป็นโอกาสทางเศรษฐกิจใหม่ขององค์กร

ผลการศึกษาพบว่าระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายมีศักยภาพสูงทั้งในด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม

1. ด้านเทคนิค พบว่าค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยอยู่ที่ $4.73 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานสากลที่แนะนำไม่ต่ำกว่า $4 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ ส่งผลให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าประสิทธิภาพของระบบ (Performance Ratio: PR) อยู่ระหว่าง 84–86% ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานการประเมินสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2. ด้านเศรษฐศาสตร์ ผลการคำนวณพบว่าอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) เท่ากับ 26.49% ซึ่งสูงกว่าอัตราคิดลดที่ใช้ในการประเมิน และมีระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลดเพียง 3.60 ปี ถือว่าอยู่ในระดับคุ้มค่าและน่าสนใจในการลงทุน โดยเฉพาะในช่วงที่ราคาค่าไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของระบบพลังงานแสงอาทิตย์

3. ด้านสิ่งแวดล้อม ระบบสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 1,868.93 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (tCO_2/year) ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการเป็น “Carbon Neutral” ของประเทศไทย และสนับสนุนนโยบายการใช้พลังงานสะอาดของรัฐบาล อย่างไรก็ตาม ระบบสามารถตอบสนองความต้องการไฟฟ้าได้เพียงร้อยละ 65 ของความต้องการทั้งหมดของมหาวิทยาลัย แสดงให้เห็นถึงโอกาสในการพัฒนาระบบเพิ่มเติม เช่น การขยายพื้นที่ติดตั้ง การใช้ระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage) หรือการบูรณาการร่วมกับเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนอื่น ๆ

ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ชัชชัย วรพัฒน์ และคณะ (2566) ซึ่งได้จำลองการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนอาคารโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ขนาด 60 kWp พบว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้กว่า 2.3 ล้านหน่วยตลอดอายุโครงการ 25 ปี ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่คุ้มค่า โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวก และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 5.43 ปี นอกจากนี้ ฌ็องพงศ์ สุวรรณสังข์

และโสภิตสุตา ทองโสภิต (2558) ได้ศึกษาการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าผลรวมศักยภาพเชิงเทคนิคของ 10 อาคารอยู่ที่ 2,949.19 kWh/day โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 26.74 ล้านบาท ระยะเวลาคืนทุน 7.41 ปี และอัตราผลตอบแทนภายใน 15% ซึ่งยืนยันถึงความคุ้มค่าของการลงทุนในระบบดังกล่าว ในทำนองเดียวกัน รัชญพัทธ์ ทิพย์สุวงษ์ และคณะ (2565) ได้ศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อสายส่ง (On-grid) ของเทศบาลตำบลแม่เมาะะ จังหวัดลำปาง พบว่าระบบขนาด 704 ตร.ม. สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 152.12 MWh/ปี ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้กว่า 2,100 ตันตลอดอายุโครงการ และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่ชัดเจน โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 2.36 ล้านบาท และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 8.3 ปี และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยต่างประเทศ เช่น การศึกษาของ Satish Kumar Yadav และ Usha Bajpai (2019) เกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในประเทศอินเดีย พบว่าระบบมีค่าประสิทธิภาพการทำงาน (PR) อยู่ระหว่าง 75.70–84.81% และระยะเวลาคืนพลังงาน (Energy Payback Time: EPBT) อยู่ที่ 5.31–6.14 ปี โดยมีต้นทุนเฉลี่ยการผลิตไฟฟ้า (Levelized Cost of Electricity) ต่ำสุดอยู่ที่ 2.88 รูปี/kWh ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับแนวโน้มที่พบในกรณีศึกษาของประเทศไทย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคามีสภาพสูงทั้งด้านพลังงาน เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม

โดยสรุป ผลการศึกษานี้ยืนยันว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคามีสภาพสูงในการส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดทั้งในระดับสถาบันและระดับประเทศ อีกทั้งยังมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และให้ประโยชน์เชิงสิ่งแวดล้อมที่สอดคล้องกับนโยบายพลังงานของประเทศและเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (SDGs)

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย มหาวิทยาลัยควรกำหนดนโยบายการใช้พลังงานสะอาดเป็นลายลักษณ์อักษร โดยตั้งเป้าหมายให้ชัดเจนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และควรจัดสรรงบประมาณเพื่อการลงทุนในระบบพลังงานหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง

2. ข้อเสนอแนะด้านการดำเนินงาน การขยายการติดตั้ง ควรดำเนินการติดตั้งระบบในอาคารที่ได้รับการคัดเลือกตามลำดับความคุ้มค่า โดยเริ่มจากอาคารที่มี NPV สูงสุด เช่น หอประชุมใหญ่และโรงยิมเนเซียม, การจัดหาแหล่งเงินทุน แสวงหาแหล่งเงินทุนที่หลากหลาย เช่น งบประมาณแผ่นดิน โครงการสนับสนุนจากหน่วยงานรัฐ การกู้ยืมจากสถาบันการเงิน หรือการร่วมทุนกับภาคเอกชน, การ

บำรุงรักษา จัดตั้งทีมบำรุงรักษาระบบและจัดฝึกอบรมบุคลากรให้มีความเชี่ยวชาญในการดูแลระบบโซลาร์เซลล์

3. ข้อเสนอแนะด้านการพัฒนาเพิ่มเติม การศึกษาพื้นที่เพิ่มเติม สำรวจพื้นที่อื่น ๆ ที่สามารถติดตั้งระบบได้ เช่น ลานจอดรถ พื้นที่ว่างเปล่า หรือการสร้างโครงสร้างพิเศษสำหรับติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์, การพัฒนาระบบจัดเก็บพลังงาน พิจารณาการลงทุนในระบบแบตเตอรี่เพื่อเก็บพลังงานส่วนเกินในช่วงกลางวันไว้ใช้ในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด, การสร้างความรู้และตระหนักรู้ จัดกิจกรรมรณรงค์เพื่อสร้างจิตสำนึกในการประหยัดพลังงานแก่บุคลากรและนักศึกษา และใช้โครงการเป็นแหล่งเรียนรู้สำหรับการศึกษาด้านพลังงานทดแทน

4. ข้อเสนอแนะด้านการขยายผล การเป็นต้นแบบ พัฒนามหาวิทยาลัยให้เป็นต้นแบบด้านการใช้พลังงานสะอาดสำหรับสถาบันการศึกษาอื่น ๆ และแบ่งปันประสบการณ์และความรู้, การสร้างเครือข่าย ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยอื่น ๆ ในการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้และประสบการณ์ด้านพลังงานทดแทน, การติดตามและประเมินผล จัดทำระบบติดตามประเมินผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้น

การดำเนินการตามข้อเสนอแนะเหล่านี้จะทำให้มหาวิทยาลัยสามารถใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มศักยภาพ และเป็นส่วนสำคัญในการสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศ

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. ข้อเสนอแนะด้านเทคนิคและประสิทธิภาพ โดยการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคโนโลยีแผงโซลาร์เซลล์รุ่นใหม่ในสภาพอากาศภาคเหนือ การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบจัดเก็บพลังงานแบตเตอรี่สำหรับระบบ Solar Rooftop ในสถาบันการศึกษา และการพัฒนาระบบการติดตามและบำรุงรักษาอัจฉริยะสำหรับระบบ Solar Rooftop ขนาดใหญ่

2. ข้อเสนอแนะด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน โดยการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิต (LCA) ของระบบ Solar Rooftop ในประเทศไทย และการพัฒนาระบบการจัดการและรีไซเคิลแผงโซลาร์เซลล์หมดอายุการใช้งานในประเทศไทย

ข้อเสนอแนะเหล่านี้จะช่วยให้การวิจัยในอนาคตมีความครอบคลุม เชื่อมโยงกับปัญหาจริง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดี

รายการอ้างอิง

- กนิกันต์ กล้าหาญ. (2556). *แบบจำลองการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนโครงการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ กรณีศึกษาหน่วยงานของมหาวิทยาลัยของรัฐ*. (วิทยานิพนธ์การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา
- กระทรวงพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2564). *คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์*. สืบค้นจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน : https://oldwww.dede.go.th/article_attach/h_solar.pdf
- กระทรวงพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2564). *ฐานข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย V. 660317*. สืบค้น จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน : <https://maps.su.ac.th/solarth/>
- กระทรวงพลังงาน กองกำกับและอนุรักษ์พลังงาน.(2566). *ระบบการจัดการพลังงาน ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535*. สืบค้นจากกองกำกับและอนุรักษ์พลังงาน: http://berc.dede.go.th/?page_id=842
- กระทรวงพลังงาน สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2563). *แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 (AEDP 2018)*. สืบค้น จากสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน : <https://www.erc.or.th/web-upload/200xf869baf82be74c18cc110e974eea8d5c/filecenter/PDF/AEDP%202018.pdf>
- กระทรวงพลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2563). *แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 – 2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1*. สืบค้นจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน: https://www.eppo.go.th/images/Information_service/public_relations/PDP2018/PDP2018 Rev1.pdf
- กระทรวงพลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2567). *รายงานสถิติพลังงานรายปี 2567*. สืบค้นจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน : <https://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/20753-energy-statistics-2567>
- การไฟฟ้านครหลวง.(2568). MEA SOLAR. สืบค้นจาก: <https://www.mea.or.th/electricity/about-solar-cell/measolar-feb-mar2025>

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.(2568).ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

(*SOLAR ROOFTOP*) : *Plan for Businesses & Enterprises*.สืบค้นจาก

<https://energysolutions.egat.co.th/index.php/solutions-mobile/solutions-solar-mobile>

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.(2568). *Automatic Meter Reading (AMR)*. สืบค้นจาก:

<https://www.amr.pea.co.th/AMRWEB/Index.aspx>

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.(2568).*คำนวณขนาด Solar Rooftop ที่เหมาะสม*.สืบค้นจาก

การุณย์ ชัยวนิชย์, พุทธิ อุบลสุข และมนตรี สังข์ทอง. (2561). การประเมินการปล่อยก๊าซเรือน

กระจกและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์

แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า.

วารสารวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 10(12), 120-150.

ชัยชัย วรพัฒน์, สุรัตน์ เศษโพธิ์ และนเรศ ไหญ่วงศ์. (2566). ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

และความคุ้มค่าจากการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ บนหลังคาที่เป็นดาดฟ้า

กรณีศึกษา : อาคารโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. สักทอง : *วารสาร*

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.). 10(1), 50-80.

ณัฐดนัย เรือนคา, คมกริช กลิ่นศรีสุข และเทอดพล เพชรจันทร์.(2566). การศึกษาความเป็นไป

ได้การใช้พลังงานทดแทนด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาอาคารเรียน 7

วิทยาลัยเทคนิคกาแพงเพชร. สักทอง : *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.)*.

10 (2), 85-102.

ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ และโสภิตสุดา ทองโสภิต. (2559,). การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและ

เศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในจุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย.*วารสารวิจัยพลังงาน*. 12(2), 55-85.

ธนาคารกรุงไทย. (2568). *อัตราดอกเบี้ยเงินกู้*. สืบค้นจาก: [https://krungthai.com/](https://krungthai.com/Download/rateFee/RateFeeDownload_4979RateFeeDownload_15May25_TH.pdf)

[Download/rateFee/RateFeeDownload_4979RateFeeDownload_15May25_TH.pdf](https://krungthai.com/Download/rateFee/RateFeeDownload_4979RateFeeDownload_15May25_TH.pdf)

ชนาพล ดันดีสัตยกุล, พีรพล รัชมีธรรมโชติ และเมธาพร อู่สกุล. (2560). การประเมินผล

ประโยชน์ทางพลังงาน สิ่งแวดล้อม และเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน

แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. *วารสาร*

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 25(6), 45-80.

- ธัญญพัทธ์ ทิพย์สุกวงค์, วัชรระ วงศ์ปัญญา, บุญวัฒน์ วิจารณ์พล, เกศนีย์ อื่นอ้าย และวราคม วงศ์ชัย.(2565). การจำลองสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา แบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของเทศบาลตำบลแม่มาะ จังหวัดลำปาง. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*. 17(1), 55-90.
- บริษัท สายไหมโซลาร์.(2568). *ราคาติดตั้งโซลาร์เซลล์ 2025*.สืบค้นจาก: <https://saimaisolar.com/services/>
- พนาวัน เปรมศรี และ โชติ บศิริฐ. (2565, 08 13). ผลสัมฤทธิ์การดำเนินการสู่ความเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว. *วารสาร Journal of Modern Learning Development*. 7 (9), 158-179.
- พัชรินทร์ อินทมาศ, มณีนรัตน์ ชัยสกุลนิยม, พเนตร์ สุขสิงห์, ชีระพงษ์ บุญรักษา และพรหมพักตร์ บุญรักษา. (2565). การวิเคราะห์เชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในระดับครัวเรือน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรัตนโกสินทร์*. 4(3), 45-75.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. (2563). *รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในหน่วยงานภาครัฐ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย งบประมาณปี 2560*. เชียงราย : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
- วรเชษฐ์ แสงสีดา, สุพัตรา บุตรเสรีชัย, สุกัญญา หงส์ทอง และวิภารัตน์ นิสากัยา. (2567) . ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาและการอนุรักษ์พลังงานด้วยการเปลี่ยนอุปกรณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ. *วารสาร SciTech Research Journal* , 7(2), 100-120.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2559). *โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program) :T-VER มิถุนายน 2559*. สืบค้นจาก กลไกลดก๊าซเรือนกระจก : <https://ghgreduction.tgo.or.th/about-tver/t-ver.html>
- Ali O.M. Maka and Jamal M. Alabid. (2022, 06 11). Solar energy technology and its roles in sustainable development. *Clean Energy*, 6(3), Available : <https://academic.oup.com/ce/article/6/3/476/6606003>

- Armin Razmjoo, Arezoo Ghazanfari, Poul Alberg Østergaard and Sepideh Abedi. (2023). Design and Analysis of Grid-Connected Solar Photovoltaic Systems for Sustainable Development of Remote Areas. *Energies* 2023, 16(7), 3181 Available : <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/7/3181>
- Mehmet Duranay, Ahmet Turmus and Vedat Tanyildizi. (2021). Experimental efficiency analysis of a solar panel electricity generation system using planar reflection. *IET Renew Power Generation*, 15(3), Available : <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1049/rpg2.12012>
- Najwa Syahirah Mohamed Nor Izam, Zarina Itam, Wong Leong Sing, Agusril Syamsir (2022). Sustainable Development Perspectives of Solar Energy Technologies with Focus on Solar Photovoltaic—A Review. *Energies* 2022, 15(8), 2790. Available : <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/8/2790>
- Nuria Novas, Rosa María Garcia, Jose Manuel Camacho, Alfredo Alcayde (2021). Advances in Solar Energy towards Efficient and Sustainable Energy. *Sustainability* 2021, 13(11), 6295. Available : <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/11/6295>
- PVsyst SA. (2562). *โปรแกรม PVsyst*. สืบค้น จาก PVsyst SA: <https://www.pvsyst.com>
- S. Manju and Netramani Sagar. (2016, 11 26). Progressing towards the development of sustainable energy: A critical review on the current status, applications, developmental barriers and prospects of solar photovoltaic systems in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70. Available : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116310024>
- Satish Kumar Yadav and Usha Bajpai. (2019, 06 14). Energy, economic and environmental performance of a solar rooftop photovoltaic system in India. *International Journal of Sustainable Energy*. 39(1), Available : <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14786451.2019.1641499> thaijo.org/index.php/jomld/article/download/257085/174537/974208
- Umer Farooq, Muhammad Faheem Mushtaq, Zahid Ullah, Muhammad Talha Ejaz, Urooj Akram and Sheraz Aslam. (2025). Time Series Analysis of Solar Power Generation Based on Machine Learning for Efficient Monitoring. *Engineering Reports*, 7(2), Available : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eng2.70023>

Vinod, Raj Kumar and S.K. Singh. (2018). Solar photovoltaic modeling and simulation: As a renewable energy solution. *Energy Reports*, 4, Available :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484718300842?via%3Dihub>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลการเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์

ลำดับ	รายชื่ออาคาร	พื้นที่หลังคาติดตั้งได้จริง	ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (kWh/m ² /day)	ค่านิ่งพื้นที่ศักยภาพเชิงกายภาพ (kWh/day)	ขนาดติดตั้ง (kWp)	จำนวนแผงขนาด 600 วัตต์ 22.21 % (แผง)	จำนวน อินเวอร์เตอร์						
							ขนาด 300 kW	ขนาด 150 kW	ขนาด 100 kW	ขนาด 65 kW	ขนาด 60 kW	ขนาด 40 kW	รวมเครื่องอินเวอร์เตอร์
1	หอประชุมใหญ่	5,897.12	4.73	27,893.39	1,267.00	2,112	4.00		1.00				5.00
2	หอประชุมสุพรรณิการ	474.89	4.73	2,246.21	101.00	168			1.00				1.00
3	คณะนิติศาสตร์	401.61	4.73	1,899.62	86.40	144			1.00				1.00
4	คณะรัฐศาสตร์ฯ	542.82	4.73	2,567.54	120.00	200					2.00		2.00

ลำดับ	รายชื่ออาคาร	พื้นที่หลังคาติดตั้งได้จริง	ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (kWh/m ² /day)	ค่านิ่งพื้นที่ศักยภาพเชิงกายภาพ (kWh/day)	ขนาดติดตั้ง (kWp)	จำนวนแผงขนาด 600 วัตต์ 22.21 % (แผง)	จำนวน อินเวอร์เตอร์						
							ขนาด 300 kW	ขนาด 150 kW	ขนาด 100 kW	ขนาด 65 kW	ขนาด 60 kW	ขนาด 40 kW	รวมเครื่องอินเวอร์เตอร์
5	อาคารไปโอเทค 1	372.73	4.73	1,763.00	81.60	136			1.00				1.00
6	หอภิรมย์ราชภัฏ 8	638.15	4.73	3,018.46	140.00	234		1.00					1.00
7	หอภิรมย์ราชภัฏ 9	638.15	4.73	3,018.46	140.00	234		1.00					1.00
8	หอภิรมย์ราชภัฏ 11	638.15	4.73	3,018.46	140.00	234		1.00					1.00

ลำดับ	รายชื่ออาคาร	พื้นที่หลังคาติดตั้งได้จริง	ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (kWh/m ² /day)	ค่านิ่งพื้นที่ศักยภาพเชิงกายภาพ (kWh/day)	ขนาดติดตั้ง (kWp)	จำนวนแผงขนาด 600 วัตต์ 22.21 % (แผง)	จำนวน อินเวอร์เตอร์						
							ขนาด 300 kW	ขนาด 150 kW	ขนาด 100 kW	ขนาด 65 kW	ขนาด 60 kW	ขนาด 40 kW	รวมเครื่องอินเวอร์เตอร์
9	โรงยิมเนเซียม	1,590.23	4.73	7,521.76	343.00	572		2.00				1.00	3.00
10	อาคารฟิตเนส	322.44	4.73	1,525.14	63.00	105				1.00			1.00
รวม		11,516.29		54,472.04	2,482.00	4,139	4.00	5.00	4.00	1.00	2.00	1.00	17.00

ภาคผนวก ข

ผลการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม PVsyst

1. อาคารหอประชุมใหญ่



PVsyst V8.0.12

PVsyst - Simulation report Grid-Connected System

Project: Main Auditorium
Variant: New simulation variant
No 3D scene defined, no shadings
System power: 1267 kWp
Ban Kot Pa Wai - Thailand

Author



Project: Main Auditorium
Variant: New simulation variant

PVsyst V8.0.12
VCS, Simulation date:
22/05/25 11:45
with V8.0.12

Project summary						
Geographical Site Ban Kot Pa Wai Historic	Situation Latitude Longitude Altitude Time zone	"5.96° N" 103.04° E" 415 m UTC+7	Project settings None 0.23			
Weather data Ban Kot Pa Wai Month/year 5.2 (1971 - 2020), Set=100%, Synthetic						
System summary						
Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings		User's needs Unshaded loss (gcr)			
Orientation #1 Fixed plane Tilt/Azimuth	Near Shadings on 0° angle 0° / 10°					
System information						
PV Array Nb. of modules Power total	Inverter Nb. of units Total power PR=0.692		4.6 units 1260 kWp 3.96			
Results summary						
Produced Energy	18147 kWh/year	Specific production	1132 kWh/kWp/year	Perf. Ratio (PR)	68.77 %	
Table of contents						
Project and study summary						1
Geographical parameters, PV Array Characteristics, System losses						2
Module losses						6
Losses diagram						7
Mounting graphs						8

22/05/25

PVsyst Evaluation mode

Page 29



PVsyst V8.0.12
VCS, Simulation date:
22/05/25 11:45
with V8.0.12

Project: Main Auditorium
Variant: New simulation variant

General parameters			
Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings		
Orientation #1	Fixed plane	Module used	Horizontal
Tilt/Azimuth	0° / 10°	Transposition	Free module
		Distance	Free module
		Connector	separate
Near Shadings	no shading	User's needs	
		Unshaded loss (gcr)	
PV Array Characteristics			
PV module	Manufacturer	Inverter	Manufacturer
Monocrystalline	JSCA600H45H45M2C	Bi-directional	SUN2000-300KTL-M1
Module	Model	Model	Model
Rated power (P _{max})	550 Wp	Rated power (P _{max})	300 kWp
Number of PV modules	1684 units	Number of inverters	4 units
Normal (G _T)	1716 kWp	Total power	1500 kWp
Array #1 - PV Array		Number of inverters	6 "1600W 17% 1 unit
Number of PV modules	1684 units	Total power	300 kWp
Normal (G _T)	1716 kWp		
Modules	1684 units		
At operating cond. (STC)	1684 units	Operating voltage	550-1000 V
Power	1716 kWp	Bus, power (V-DC-C)	550 kWp
Ump	1020 V	Power ratio (DC-AC)	0.67
Ump	200 A	No power sharing between MPPTs	
Array #2 - Sub-array #2		Number of inverters	6 "1600W 17% 1 unit
Number of PV modules	1684 units	Total power	300 kWp
Normal (G _T)	1716 kWp		
Modules	1684 units		
At operating cond. (STC)	1684 units	Operating voltage	550-1000 V
Power	1716 kWp	Bus, power (V-DC-C)	550 kWp
Ump	1020 V	Power ratio (DC-AC)	0.67
Ump	200 A	No power sharing between MPPTs	
Array #3 - Sub-array #3		Number of inverters	6 "1600W 17% 1 unit
Number of PV modules	1684 units	Total power	300 kWp
Normal (G _T)	1716 kWp		
Modules	1684 units		
At operating cond. (STC)	1684 units	Operating voltage	550-1000 V
Power	1716 kWp	Bus, power (V-DC-C)	550 kWp
Ump	1020 V	Power ratio (DC-AC)	0.67
Ump	200 A	No power sharing between MPPTs	
Array #4 - Sub-array #4		Number of inverters	6 "1600W 17% 1 unit
Number of PV modules	1684 units	Total power	300 kWp
Normal (G _T)	1716 kWp		
Modules	1684 units		
At operating cond. (STC)	1684 units	Operating voltage	550-1000 V
Power	1716 kWp	Bus, power (V-DC-C)	550 kWp
Ump	1020 V	Power ratio (DC-AC)	0.67
Ump	200 A	No power sharing between MPPTs	

22/05/25

PVsyst Evaluation mode

Page 30



PVsyst V8.0.12
VCS, Simulation date:
22/05/25 11:45
with V8.0.12

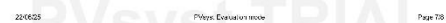
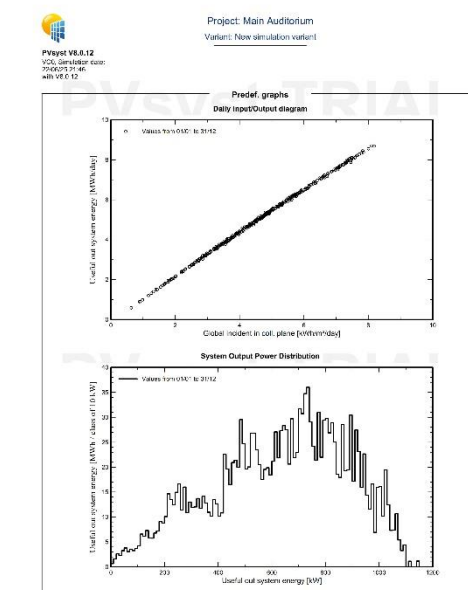
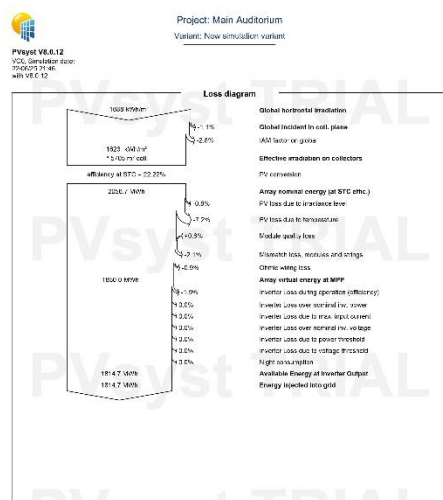
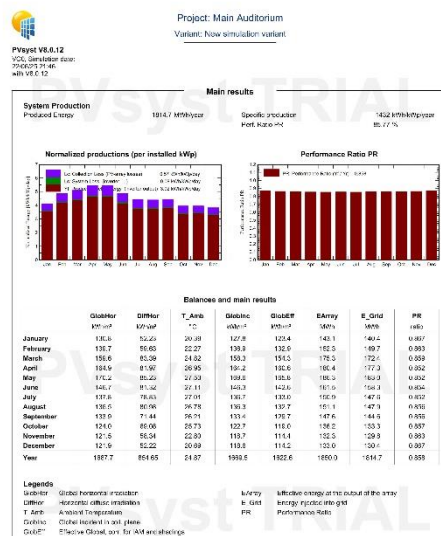
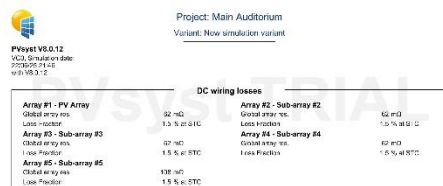
Project: Main Auditorium
Variant: New simulation variant

PV Array Characteristics			
Array #5 - Sub-array #5			
PV module	Manufacturer	Inverter	Manufacturer
Monocrystalline	JSCA600H45H45M2C	Bi-directional	SUN2000-300KTL-M1
Module	Model	Model	Model
Rated power (P _{max})	550 Wp	Rated power (P _{max})	300 kWp
Number of PV modules	1684 units	Number of inverters	4 units
Normal (G _T)	1716 kWp	Total power	1500 kWp
Modules	1684 units		
At operating cond. (STC)	1684 units	Operating voltage	550-1000 V
Power	1716 kWp	Bus, power (V-DC-C)	550 kWp
Ump	1020 V	Power ratio (DC-AC)	0.67
Ump	200 A	No power sharing between MPPTs	
Total PV power	1716 kWp	Total inverter power	1500 kWp
Normal (G _T)	1716 kWp		
Modules	1684 units		
Cell area	5326 m²	Power ratio	0.67
		No power sharing	
Array losses			
Thermal Loss factor	Module temperature according to standards	Loss fraction	0.95 %
Module temperature (at noon)	23.3 °C		
Module temperature (at noon)	3.2 °C		
Module mismatch losses			
Array #1 - PV Array			
Loss fraction	2.00 % at MPPT		
Array #2 - Sub-array #2			
Loss fraction	2.00 % at MPPT		
Array #3 - Sub-array #3			
Loss fraction	2.00 % at MPPT		
Array #4 - Sub-array #4			
Loss fraction	2.00 % at MPPT		
Array #5 - Sub-array #5			
Loss fraction	2.00 % at MPPT		
IAM loss factor			
Incidence effect (IAM: Plane of array, Air shading, module)	1.000		
Incidence effect (IAM: Plane of array, Air shading, module)	1.000		
Incidence effect (IAM: Plane of array, Air shading, module)	1.000		
Incidence effect (IAM: Plane of array, Air shading, module)	1.000		
Incidence effect (IAM: Plane of array, Air shading, module)	1.000		
Incidence effect (IAM: Plane of array, Air shading, module)	1.000		
Incidence effect (IAM: Plane of array, Air shading, module)	1.000		
Incidence effect (IAM: Plane of array, Air shading, module)	1.000		
Incidence effect (IAM: Plane of array, Air shading, module)	1.000		
Incidence effect (IAM: Plane of array, Air shading, module)	1.000		
DC wiring losses			
Conductor wiring resistance	10 mΩ		
Loss fraction	1.5 % at STC		

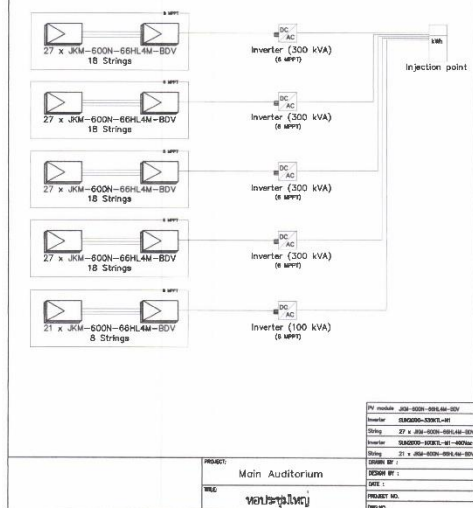
22/05/25

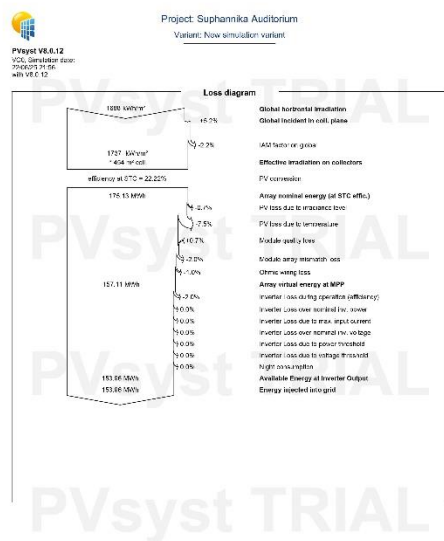
PVsyst Evaluation mode

Page 40



Single-line diagram

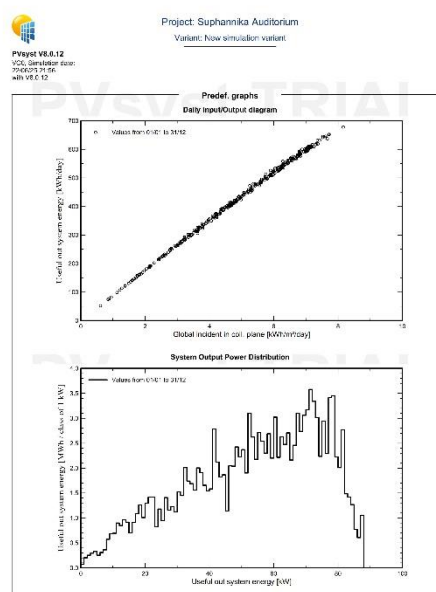
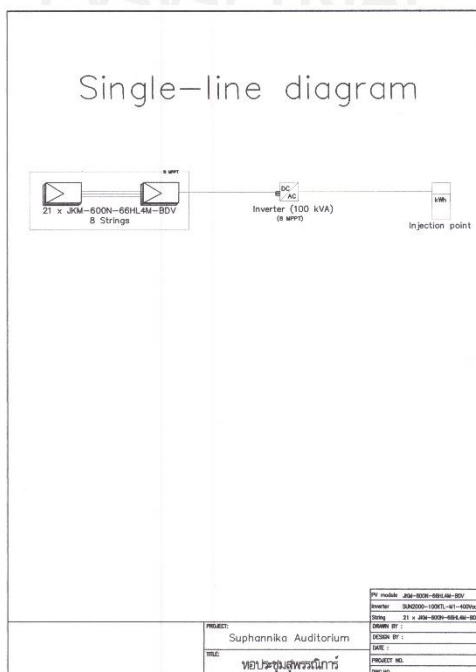




22/05/2019

PVsys: Evaluation mode

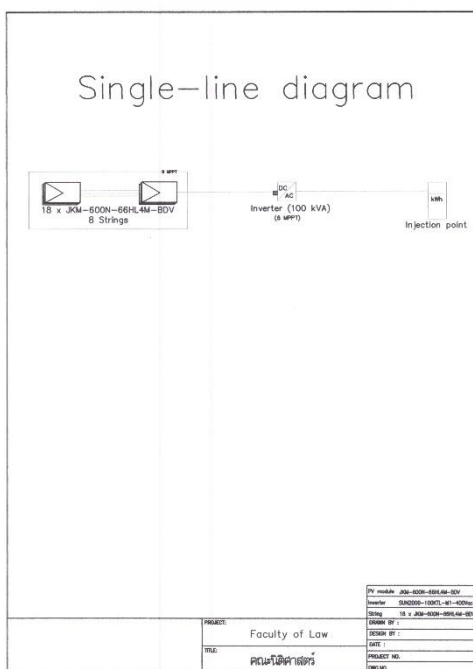
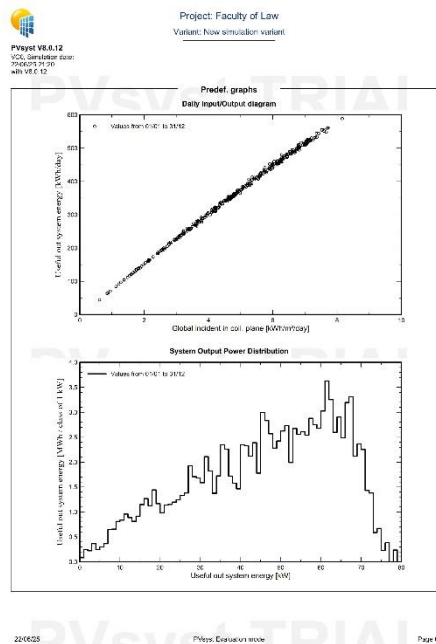
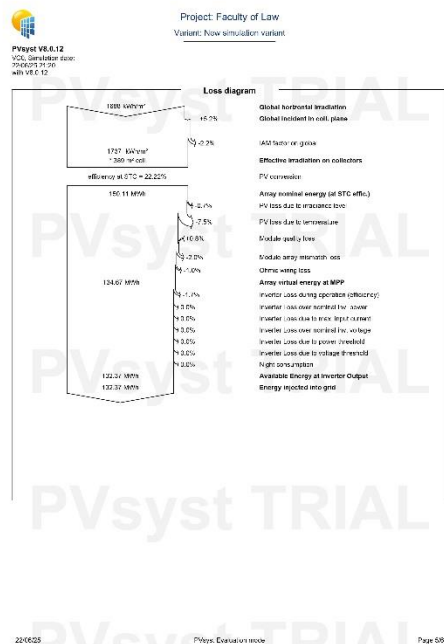
Page 58



22/05/2019

PVsys: Evaluation mode

Page 59



4. อาคารคณะรัฐศาสตร์ฯ



PVsyst V8.0.12

PVsyst - Simulation report

Project: Faculty of Political Science and Public
Variant: New simulation variant
Unlimited sheds
System power: 120 kWp
Ban Kot Pa Wai - Thailand

| Author



Project: Faculty of Political Science and Public
Variant: Now simulation variant

Project summary			
Geographical title Bas Rot Pa Wa Polder		Situation Location 13.08 °N Longitude 80.00 °E Altitude 30 m Time zone JST+09	
Weather data Meteorological data (1981-2020), Sat 100%, Synoptic		Project settings AllData 0.20	
System summary			
Grid-Connected System		Unintended effects	
Orientation #1 Slope 23° Tilt 0° Azimuth 0°		Near Shading Mutual self-shading of sheds	
System information PV Array No. of modules 250 units Power total 120 kWp		Inverter No. of units 100 units Power total 100 kWp Loss 1.0%	
Results summary			
Produced Energy 161.31 MWh/year		Specific production 1316 kWh/kWp/year	
Invested Energy 161.31 MWh/year		Profit Rate 98.35%	
Table of contents			
Project and results summary		2	
System parameters, PV Array Characteristics, System losses		2	
Main results		3	
Loss diagram		3	
Project details		3	

0547224

Chinese Postscript reads:

Page 27



Project: Faculty of Political Science and Public
Variant: New simulation variant

General parameters					
Gris Control System		Unstilled sheds			
Orienteation #1	Sheds configuration			Size	
Tilt	# of elements	5 walls		Sheds loading	8.00 t
Auxiliary	L-shaped sheds			Servitude width	2.00 m
	Shading level angle			Average GCR	98.9%
	Local profile angle	21.2°		To include wind	0.62 h
				Include machine load	0.62 h
Models used		Horizon		Near Shadings	
Transpiration	Perez	Free low cost		Multiple shadings of sheds	
Eclipses	Perez, Mottishaw				
Dewarator	constant				
User's needs					
Unlimited load yard					
PV Array Characteristics					
PV module		Inverter			
Monocrystalline	Genetics	Grid-tied	Genetics		
Model	JC64-60W018HLM-DL	Rated	GU60G000-EUCL-HL-KZ00E		
Geographical coordinates:		Output power	(Average PV-array based)		
Latitude	352° E/W	1 kW start range	80.0 kWh/m ²		
Longitude or PV modules	700 units	Number of inverters	1.7 units		
Area of (STC)	170 KW/m ²	Total power	~100 kW/m ²		
Array #1 - PV Array		Array #2 - Subarray #2			
Number of PV modules	100 units	Number of inverters	2.8 unit		
Area of (STC)	82.0 KW/m ²	Total power	80.0 kWh/m ²		
Multiples	5 strings x 20 in series				
At operating cond. (80°C)		Operating voltage		300 ~ 1000 V	
Power	55.6 KW/m ²	Max. power (+/-30°C)		80.0 kWh/m ²	
V input	716 V	Phase loss (DC AC)		1.20	
I input	74 A	No power when between HPP's			
Array #2 - Subarray #2		Array #3 - Subarray #3			
Number of PV modules	100 units	Number of inverters	3.8 MPPT / 7% 2.8 unit		
Area of (STC)	82.0 KW/m ²	Total power	80.0 kWh/m ²		
Multiples	5 strings x 20 in series				
At operating cond. (80°C)		Operating voltage		300 ~ 1000 V	
Power	55.6 KW/m ²	Max. power (+/-30°C)		80.0 kWh/m ²	
V input	748 V	Phase loss (DC AC)		1.20	
I input	74 A	No power when between HPP's			
Total PV power		Total inverter power			
nominal (at STC)	120 kw/m ²	start power		100 kw/m ²	
loss	20% reduction	loss of elements		4 units	
Module area	540 m ²	No. of elements		3.5 Unimod	
Total area	525 m ²	Phase loss		1.20	

ANALYSIS

Citronen- und Limettenbaum

Figure 5.7



Project: Faculty of Political Science and Public
Variant: New simulation variant

Thermal loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss	
Module temperature factor U ₀ (°C/K)		Ground wire loss Ground wiring resistance R ₀ (Ω/m)		Loss Factor	
U ₀ (°C/K)	20.0 (°C/K)	161 mΩ	82 mΩ	6.75 %	
U ₀ (°C/K)	0.0 (°C/K)	1.00 % of STC	1.00 % of STC		

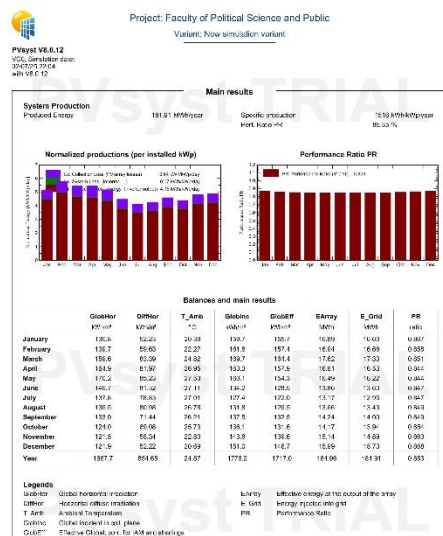
Module mismatch losses		Loss Factor	
U ₀ (°C/K)		2.00 % of U ₀ (°C/K)	
U ₀ (°C/K)	2.00 (°C/K)		

IAM loss factor		Loss Factor	
Index value (w/32)		32	
0	20	30	70
-2.0	0.000	0.987	0.985
-2.814	0.471	0.438	0.000

0013256

Chlorostoma fasciatum (Linnaeus)

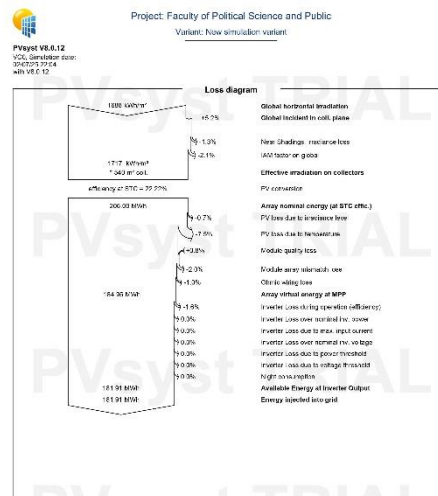
Day 17



304725

PVsyst Evaluation mode

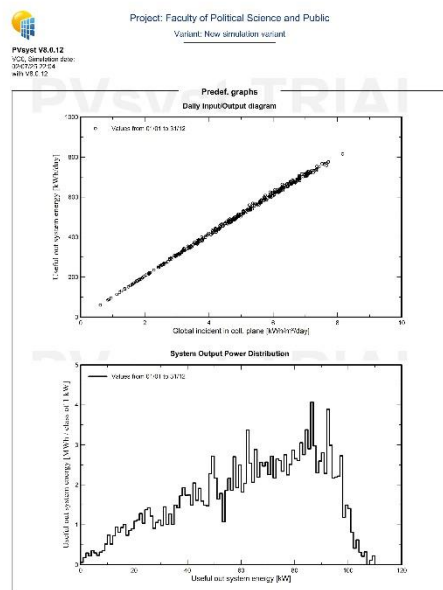
Page 57



304725

PVsyst Evaluation mode

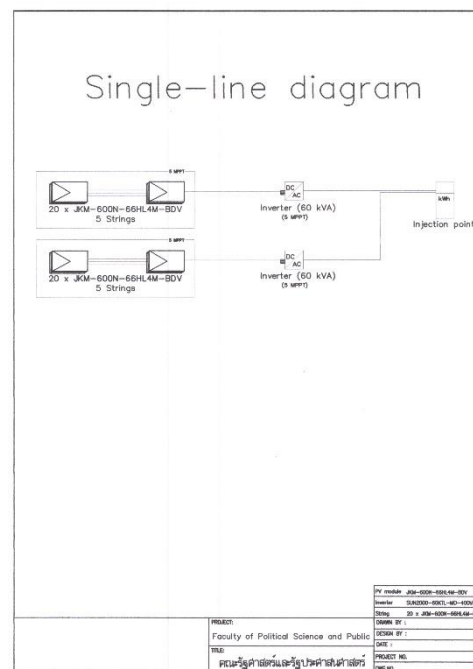
Page 67



304725

PVsyst Evaluation mode

Page 77



5. อาคารไบโอเทค 1



PVsyst V8.0.12

PVsyst - Simulation report Grid-Connected System

Project: Biotech 1

Variant: Now simulation variant

No 3D scene defined, no shadings

System power: 81.6 kWp

Ban Kot Pa Wai - Thailand

Author



Project: Biotech 1

Variant: Now simulation variant

PVsyst V8.0.12
VCL simulation date:
25/05/2017
with V8.0.12

Project summary			
Geographical title Ban Kot Pa Wai Thailand	Situation Latitude: 13.36 °N Longitude: 99.85 °E Altitude: 402 m Time zone: UTC+7	Project settings /dtm 2.00	
Weather data Ban Kot Pa Wai Meteonorm 4.2 (1991-2020), 5 km 100% - Synthetic			
System summary			
Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	User's needs Unlimited load (grid)	
Orientation #1 Fixed plane Tilt/azimuth: 20 / 0°	Near Shadings no Shadings		
System information PV Array No. of modules: 126 units Power total: 81.6 kWp	Inverters No. of units: 1 Total power: 80 kWp Power ratio: 1.02		
Results summary			
Produced Energy: 125.12 MWh/year	Specific production: 1532 kWh/kWp	Perf. Ratio PR: 88.02 %	
Table of contents			
Project and simulation summary			1
General parameters, PV Array Characteristics, System losses			2
Main results			4
Loss diagram			5
Project graphs			6

22/05/25

PVsyst Evaluation mode

Page 26



Project: Biotech 1

Variant: Now simulation variant

PVsyst V8.0.12
VCL simulation date:
25/05/2017
with V8.0.12

General parameters			
Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	Horizon Free Horizon	
Orientation #1 Fixed plane Tilt/azimuth: 20 / 0°	Module used Transposition: Pmax Diode: Pmax, Maximum Character: separate		
Near Shadings no Shadings	User's needs Unlimited load (grid)		
PV Array Characteristics			
PV module Manufacturer: SunPower Model: SUN200S-100HL-M-125Wp Optimal Power (at STC): 100 kWp Number of PV modules: 126 units Nominal (at STC): 81.6 kWp At operating cond. (50° C): Pmax: 75.7 kWp Ump: 526 V Imp: 112 A Total PV power: 81.6 kWp Nominal (STC): 81.6 kWp Total: 126 modules Module area: 347 m² Cell area: 315 m²	Inverter Manufacturer: SUN200S-100HL-M-125Wp Model: SUN200S-100HL-M-125Wp Ump: 526 V Imp: 112 A Number of inverters: 1 Total power: 80 kWp Operating voltage: 200-1000 V Max. power (at STC): 80 kWp Power ratio (DC/AC): 1.02 No power sharing between MPPTs: 1 Total inverter power: 80 kWp No. of inverters: 1 Cable (meters): 1.02 Power ratio: 1.02		
Array losses			
Thermal Loss factor Module temperature correction to irradiance Uc (corr): 23.3 W/m² K Uc (corr): 0.2 W/m² K Module mismatch losses Loss Fraction: 0.03 % w. MPPT	DC wiring losses Global array loss: 0.1 % Loss Fraction: 1.35 % at STC	Module Quality Loss Loss Fraction: 0.75 %	
IAM loss factor Increase effect (IAM): Pmax, AR rating, temperature (50°C) (IAM) 1.70			

22/05/25

PVsyst Evaluation mode

Page 58



Project: Biotech 1

Variant: Now simulation variant

PVsyst V8.0.12
VCL simulation date:
25/05/2017
with V8.0.12

Main results			
Systems Production Produced Energy: 125.12 MWh/year	Specific production Perf. Ratio PR: 88.02 %	1532 kWh/kWp	
Normalized productions (per installed kWp)			
Performance Ratio PR			
Balances and main results			
Month	Global kWh/m²	Global kWh/m²	PR
January	130.3	55.23	20.08
February	130.7	55.85	22.27
March	155.6	85.09	24.52
April	154.9	81.90	20.95
May	171.2	89.25	27.33
June	144.7	81.32	27.11
July	131.6	78.43	27.91
August	135.5	86.96	26.78
September	132.0	71.44	26.71
October	124.0	65.08	25.73
November	121.5	56.34	22.83
December	121.9	52.22	20.89
Year	1587.7	884.65	24.87

Legends
Global: Global horizontal irradiation
Global: Global diffuse irradiation
T. amp: Ambient temperature
Global: Global irradiation on tilted plane
Global: Effective Global, corr. for AOT and shading

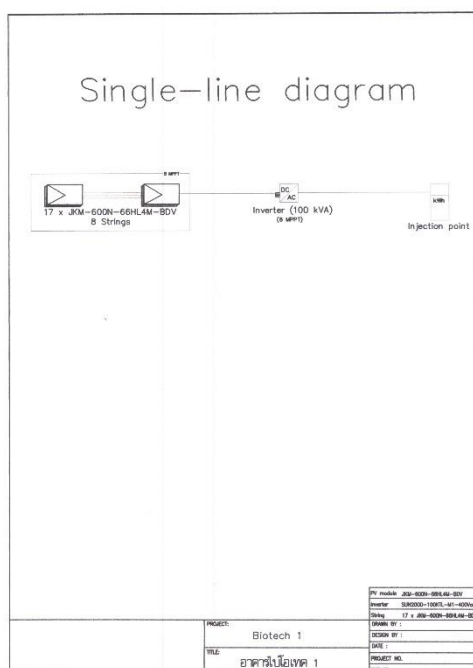
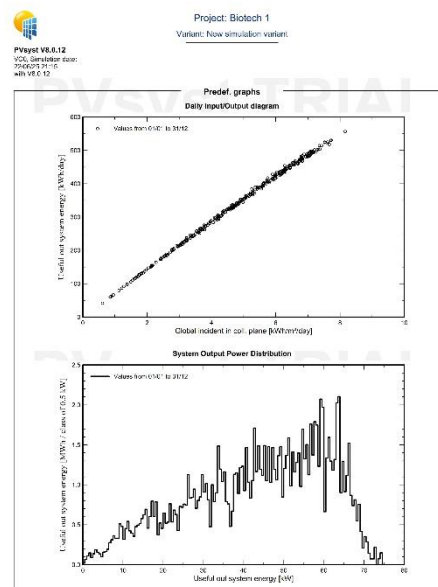
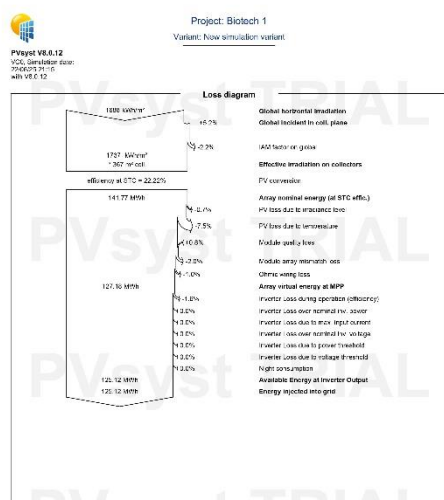
Legend
Global: Global horizontal irradiation
Global: Global diffuse irradiation
T. amp: Ambient temperature
Global: Global irradiation on tilted plane
Global: Effective Global, corr. for AOT and shading

Legend
Global: Global horizontal irradiation
Global: Global diffuse irradiation
T. amp: Ambient temperature
Global: Global irradiation on tilted plane
Global: Effective Global, corr. for AOT and shading

22/05/25

PVsyst Evaluation mode

Page 48



6. อาคารหอภิรมย์ราชภัฏ 8



PVsyst V8.0.12

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Habhirom Rajabhat 8

Variant: New simulation variant

Unlimited sheds

System power: 140 kWp

Ban Pa Sang - Thailand

[illegible]

22138-26

Followed final edition made

Page 28



Project: Habbibrom Rajabhat 8

Variant: New simulation variant

Grid-Connected System		General parameters			
Orientation #1		Unlimited sizes			
Sheds	29 °	Sheds non-parallel	5 ards	Sheds	5.00 °
Tilt	0 °	No tilt		Sheds spacing	2.00 °
Azimuth	0 °	Unlimited sizes		Solarine width	19.0 %
		Shading limit angle	21.2 °	Average GCR	0.00 °
		Line width space		Tax incentive based	0.00 °
				Uniform incentive band	0.00 °
				Nearest shading of sheds	
Models used		Horizon			
Temperature	Perce	Free horizon			
O-Tax	Perce, Movements				
Construction	separate				
User's models					
Unlimited load and					
PV Array Characteristics					
PV module		Inverter			
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic		
Model	30W, 100W, 60, 80W, 100W	Model	SUN2000, 100W, 60W, 80W		
Original input (datasheet)		Original input (datasheet)			
Use Non. module	0.00 %	Use Non. module	0.00 %		
Number of PV modules	234 modules	Number of inverters	5 * MPPT / 4w, 3.0 kW		
Normal Sheds	5.12 °/rd	Overall power	2000-10000		
Shades	1.0 m / rd, 1.5 m / rd	Shading in edge	2000-10000		
At operating cond. (50 °C)		Max. power (>35 °C)	763 Watts		
Pinna	120 kW	Power loss (DC-AC)	1.00		
U max	228 V	Use power share between MPPT's			
mp	228 V				
Total PV power		Total inverter power			
Normal Sheds	1.12 °/rd	Total power	129 Watts		
Normal	2.24 modules	Total inverters	1 unit		
Module area	602 m²		1.00		
Cell area	940 m²	From 1000	1.00		
Array losses					
Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss	
Module temperature according to irradiance		Ground losses		Loss Factor	
200 W/m²		35 °/rd		1.75 %	
U (perce)		Loss fraction		1.00 % at 10 °C	
0.00 W/m² - 0.00 W/m²					
Module mismatch losses		Strings mismatch loss			
Loss factor		Loss fraction		0.12 %	
2.00 % (100 W/m²)					
IAM loss factor					
reference = 1.00, IAM = Perce, Air humidity = 1.00, n = 1.00, n = 1.00					
1 °/rd	20 °/rd	30 °/rd	40 °/rd	50 °/rd	60 °/rd
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

223825

Planned Experiments include:

Page 58



Project: Habbibom Rajghat &

Variant: New simulation, various

Main results

System Production
 Installed Power: 211.76 MW_{th} (99%)
 Specific production: 1601 kWh/m²/year
 100% Renewable
 100% PV

Normalized power (per installed kWp)

Performance Ratio PR

Balances and main results

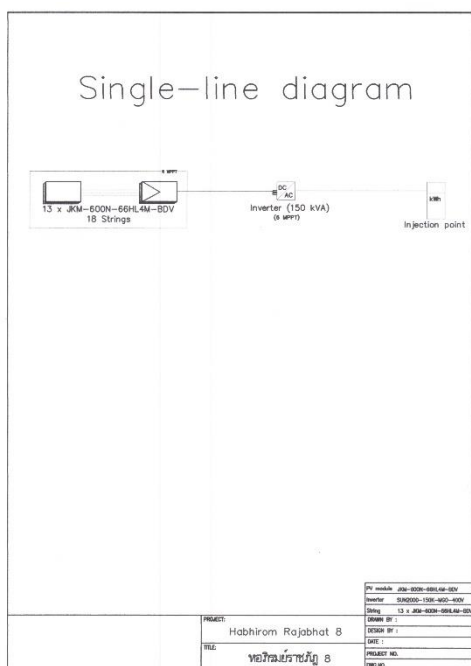
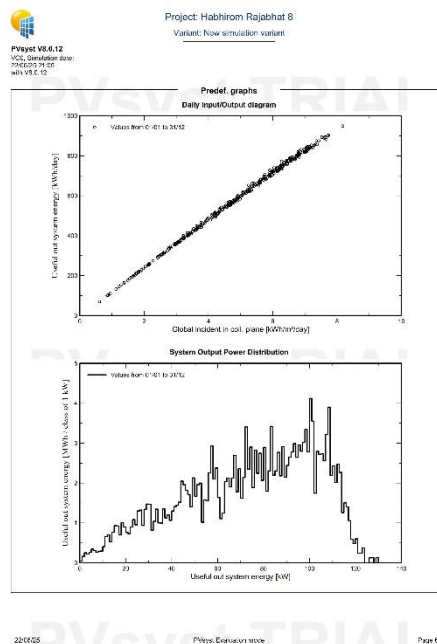
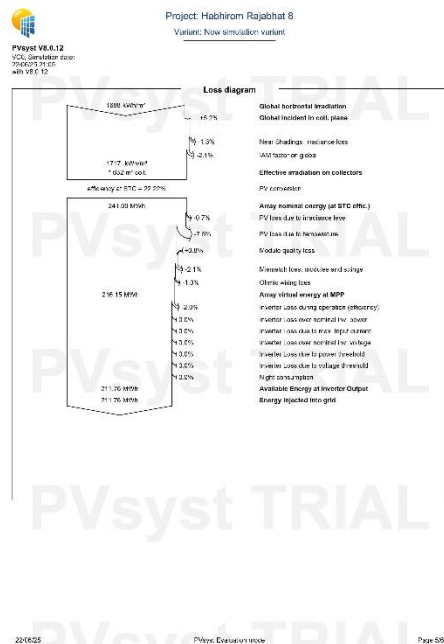
Legends

- GlobalH: Global horizontal radiation
- GlobalE: Global effective radiation
- T_Amb: Ambient Temperature
- DiffuseH: Diffuse horizontal radiation
- Effective Global: Effective Global radiation
- E_Grid: Effective energy of the output of the array
- PR: Performance Ratio

224625

Phone: 800-441-1111

Page 48



7. อาคารหอภิรมย์ราชภัฏ 9



PVsyst V8.0.12

PVsyst - Simulation report
Grid-Connected System

Project: Habhirom Rajabhat 9
Variant: New simulation variant
Unlimited sheds
System power: 140 kWp
Ban Pa Sang - Thailand

| Author



PVsys V8.0.12
VOC, Simulation date:
7/26/2015 7:15:58
with V8.0.12

Project: Habhirom Rajabhat 9
Variant: New simulation variant

[illegible]

22:08:25

Phlebotomus *Costa* 1910

Page 58



PVsys V8.0.12
VCO, Serialisation code:
7746625 71 06
with V8.0.12

Project: Habhirom Rajabhat 9
Variant: New simulation variant

[illegible]

750621

Digital Evaluation 2005

Page 26



PV Syst V8.0.12
VOC, Simulation date:
22-06-2025 14:58
with V8.0.12

Project: Habhirom Rajabhat 9
Variant: New simulation variant

[illegible]

22:08:25

Palms, Cacti and Succ.

Page 58



PV Syst V8.0.12
VCO, Simulation date:
22-06-2025 21:28
with V8.0.12

Project: Habhirom Rajabhat 9
Variant: New simulation variant

Main results

Systems Production
 Produced energy 2117.0 kWh/year
 Specific output 16.9 kWh/kWp
 TSOB kWh/year/kWp 84.5 %

Normalized production (per installed kWp)

Global data: 1000 kWh/kWp
 1000 kWh/kWp
 1000 kWh/kWp
 1000 kWh/kWp

Performance Ratio PR

PR: 84.5 %
 PR: 84.5 %
 PR: 84.5 %
 PR: 84.5 %

Balances and main results

	GlobalHR	GlobalPR	T _{amb}	GlobalE	GlobalPR	Energy	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	(ratio)
January	136.6	52.29	20.49	136.7	136.7	16.74	16.42	0.982
February	130.7	56.67	22.27	191.7	191.7	16.79	16.39	0.980
March	156.7	63.26	24.82	198.7	198.7	20.56	20.17	0.977
April	155.6	62.01	26.96	193.2	193.2	16.54	16.24	0.982
May	176.2	68.29	27.39	193.1	193.1	16.27	16.08	0.992
June	145.7	61.37	27.11	136.2	136.2	15.20	14.98	0.983
July	171.8	78.84	27.06	127.2	127.2	12.70	12.56	0.983
August	138.6	61.95	26.78	117.7	117.7	10.4	10.16	0.963
September	96.6	51.32	26.71	127.4	127.4	10.56	10.33	0.965
October	124.8	66.06	25.73	139.1	139.1	16.6	16.23	0.983
November	127.8	55.53	22.89	131.8	131.8	17.86	17.47	0.989
December	121.6	52.88	20.88	119.5	119.7	16.69	16.27	0.979
Year	1187.5	864.62	24.87	1777.0	1777.6	216.15	211.79	0.989

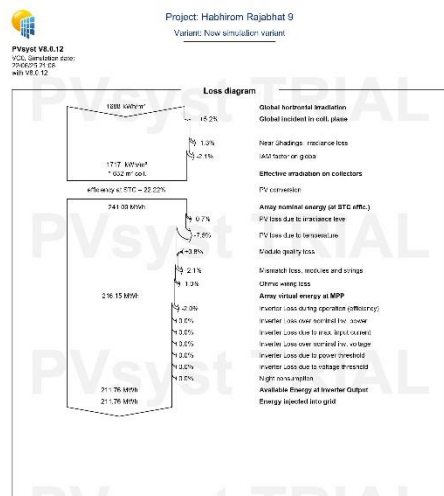
Legends

- GlobalHR: Global horizontal irradiance
- GlobalPR: Global horizontal irradiance
- T_{amb}: Ambient Temperature
- GlobalE: Global energy
- GlobalPR: Global performance ratio
- Energy: Energy produced on the site
- E_Grid: Energy injected into the grid
- PR: Performance Ratio

22-1625

Please Contact Us Now

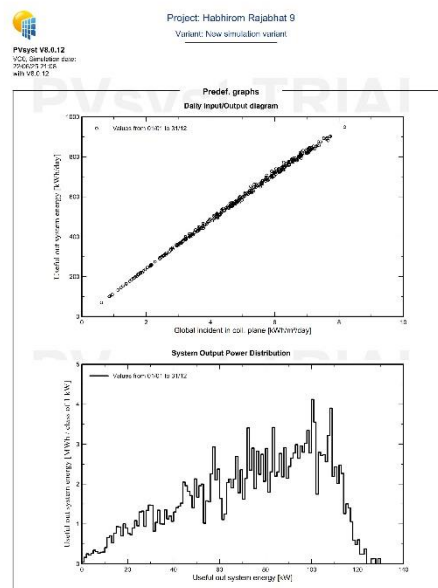
Page 49



2016/05/31

PVsys Evaluation mode

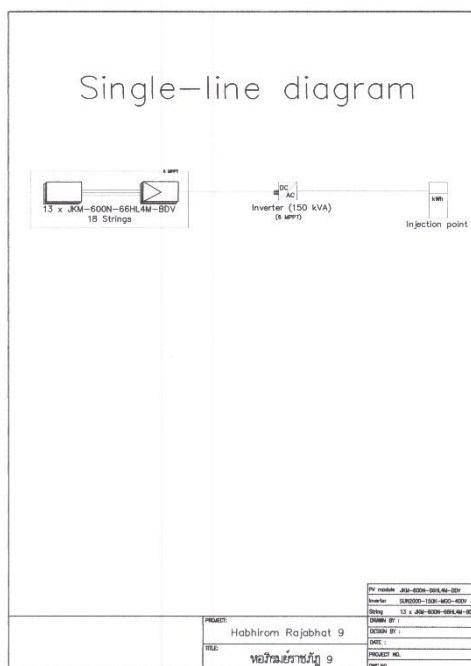
Page 100



2016/05/31

PVsys Evaluation mode

Page 69



8. อาคารหอภิมรณราชภัฏ 11



PVsyst V8.0.12

PVsyst - Simulation report Grid-Connected System

Project: Habhirom Rajabhat 11

Variant: New simulation variant

Unlimited sheds

System power: 140 kWp

Ban Pa Sang - Thailand



Project: Habhirom Rajabhat 11

Variant: New simulation variant

PVsyst V8.0.12
VCL Simulation date:
27/05/25 11:15
with VEC 12

Project summary				Project settings	
Geographical Site		Situation		Altitude	
Ban Pa Sang		Location		220	
Thailand		Longitude		99.85 °E	
		Altitude		302 m	
		Time zone		UTC+7	
Weather data					
Ban Pa Sang					
Meteonorm 6.2.1/1991-2005, 60m/100% synthetic					
System summary				User's needs	
Grid-Connected System		Unlimited sheds		Unlimited bus (p.u.)	
Orientation #1		Near Shadings			
Sheds		Mod in shadings of sheds			
Tilt		23 °			
Combit		9 °			
System information					
PV Array		Inverters		C.B. unit	
No. of modules		224 units		120 kWh	
Power total		140 kWp		1.00	
Results summary					
Produced Energy		Specific production		Perf. Ratio PR	
211.76 kWh/year		1508 kWh/kWp/year		94.93 %	
Table of contents					
Project and results summary				2	
General parameters, PV Array Characteristics, System losses				3	
Other results				4	
Loss diagram				5	
Project graphs				6	

Author

22/05/25

P1000 Evaluation mode

Page 59

PVsyst V8.0.12
VCL Simulation date:
27/05/25 11:15
with VEC 12

Project: Habhirom Rajabhat 11

Variant: New simulation variant

General parameters		
Grid-Connected System	Unlimited sheds	
Orientation #1		
Sheds	23 °	
Tilt	2 °	
Combit	9 °	
Sheds configuration		
No. of sheds	5 units	
Unlimited sheds		
Shading limit angle	21.2 °	
Limit profile angle		
Size		
Sheds width	5.50 m	
Sheds depth	3.00 m	
Average GCR	84.5%	
Top inverter band	5.02 m	
Bottom inverter band	5.02 m	
Models used		
Temperature	Perez	
Diffuse	Perez, Reinderman	
Concentration	separate	
User's needs		
Unlimited bus (p.u.)		
PV Array Characteristics		
PV module	Inverter	General
Manufacturer	General	Manufacturer
Model	JKS140WV-G1641-60V	Model
(Original project database)		(Original PVsyst database)
Unit name: Power		Unit name: Power
Number of modules	224 units	Number of modules
Normal (STC)	140 kWp	Normal (STC)
Max. power	200-100 W	Max. power
At operating cond. (50 °C)	130 kWp	At operating cond. (50 °C)
Power	200 W	Power
Loss	200 W	Loss
Imp	200 A	Imp
Total PV power		
Normal (STC)	140 kWp	Total power
Total	224 modules	No. of modules
Module area	832 m²	Area
Cell area	560 m²	Area
Array losses		
Thermal Loss factor	DC wiring losses	Module Quality Loss
Module temperature according to irradiance	Global array loss	Loss factor
Use ambient	1.92 % at SHC	6.75 %
Use global	1.92 % at SHC	
Module mismatch losses		
Loss fraction	2.00 % at MPV	
Strings mismatch loss		
Loss fraction	0.15 %	
JAM loss factor		
Incidence effect (AST; Pnorr, AR, shading, mpmax=1.526, n/AR=1.295)		
0°	1.000	1.000
30°	0.999	0.999
60°	0.997	0.997
90°	0.993	0.993
120°	0.987	0.987
150°	0.979	0.979
180°	0.969	0.969
210°	0.948	0.948
240°	0.917	0.917
270°	0.877	0.877
300°	0.829	0.829
330°	0.775	0.775
360°	0.717	0.717

22/05/25

P1000 Evaluation mode

Page 59

PVsyst V8.0.12
VCL Simulation date:
27/05/25 11:15
with VEC 12

Project: Habhirom Rajabhat 11

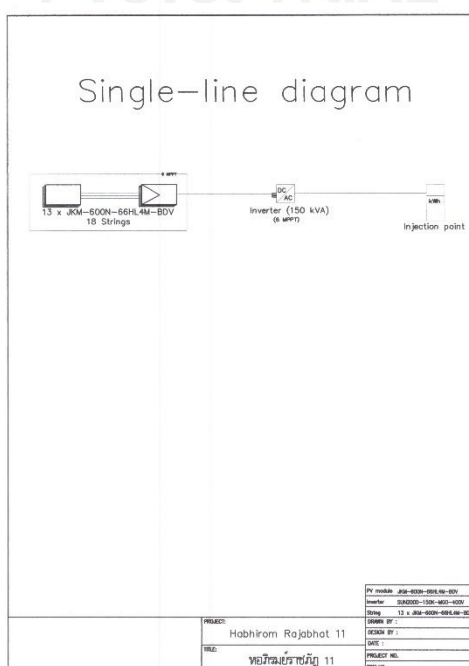
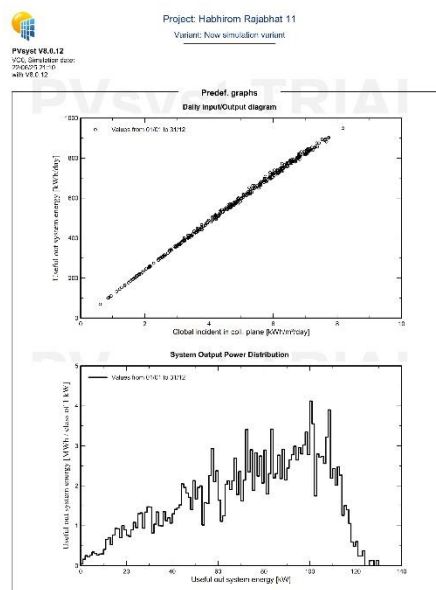
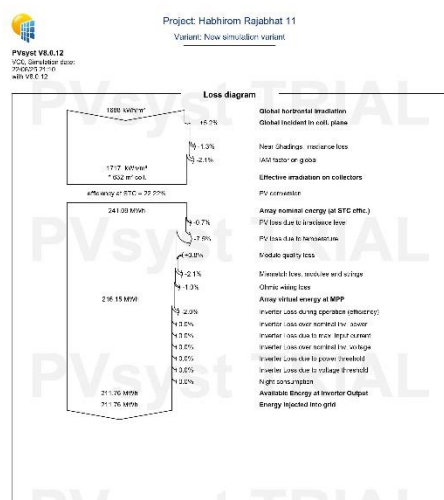
Variant: New simulation variant

Main results							
System Production							
Produced Energy	211.76 kWh/year	Specific production	1508 kWh/kWp/year				
		Perf. Ratio PR	94.93 %				
Normalized productions (per installed kWp)		Performance Ratio PR					
Balances and main results							
	Global	Diffuse	T_Air	Glo_Grid	Glo_Grid	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh/m²	%
January	136.8	52.89	20.88	136.7	15.74	15.74	0.902
February	136.7	58.67	22.27	136.7	15.76	15.76	0.897
March	136.7	65.58	24.82	136.7	15.74	15.74	0.907
April	136.7	82.01	28.95	136.7	15.74	15.74	0.899
May	136.7	95.29	33.33	136.7	15.74	15.74	0.893
June	136.7	95.29	33.33	136.7	15.74	15.74	0.893
July	136.8	70.84	27.04	136.7	15.74	15.74	0.893
August	136.8	81.05	26.78	136.7	15.74	15.74	0.893
September	136.7	71.35	26.74	136.7	15.76	15.76	0.893
October	136.6	89.08	28.73	136.7	15.76	15.65	0.893
November	136.6	85.50	22.30	136.7	15.66	15.66	0.899
December	136.9	82.24	20.89	136.7	15.67	15.69	0.901
Year	1587.6	854.92	24.87	1578.2	17.66	218.5	0.949
Legends				Microflow energy at the output of the array			
Global	Global irradiance in weather			h/energy	Energy produced in grid		
Diffuse	Diffuse irradiance in weather			h/lost	Energy lost in grid		
T_Air	Air's Temperature			PR	Performance Ratio		
Global	Global irradiance in weather						
Diffuse	Diffuse irradiance in weather						
Grid	Energy produced in grid						
Grid	Energy lost in grid						

22/05/25

P1000 Evaluation mode

Page 59



9. อาคารโรงยิมเนเซียม



PVsyst V8.0.12

PVsyst - Simulation report Grid-Connected System

Project: Gymnasium
Variant: Now simulation variant
No 3D scene defined, no shadings
System power: 343 kWp
Ban Kot Pa Wai - Thailand

Author



Project: Gymnasium
Variant: Now simulation variant

Project summary			
Geographical Site Ban Kot Pa Wai Thailand	Situation Latitude: 19.86 °N Longitude: 99.85 °E Altitude: 367 m Time zone: UTC+7	Project settings Aldero 0.20	
Weather data Ban Kot Pa Wai Meteonorm 2.2 (1991-2020), Sun: 100%, Synthetic			
System summary			
Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	User's needs Under load (grid)	
Orientation #1 Fixed plane Tilt: 10° Azimuth: 0°	Near Shadings no shading		
System information PV Array Nb. of modules: 372 units Power (kW): 343 kWp	Inverters Nb. of units: 1 Total power: 343 kWp Power (kW): 343 kWp	27 units 267 kWp 1.16	
Results summary			
Produced Energy: 523.91 MWh/year	Specific production: 1526 kWh/kWp/year	Perf. Ratio P1: 85.69 %	
Table of contents			
Project and results summary			2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses			2
Main results			5
Loss diagram			6
Project: gymnas			7

22/05/25

Physics Evaluation mode

Page 57



Project: Gymnasium
Variant: Now simulation variant

Project summary			
Geographical Site Ban Kot Pa Wai Thailand	Situation Latitude: 19.86 °N Longitude: 99.85 °E Altitude: 367 m Time zone: UTC+7	Project settings Aldero 0.20	
Weather data Ban Kot Pa Wai Meteonorm 2.2 (1991-2020), Sun: 100%, Synthetic			
System summary			
Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	User's needs Under load (grid)	
Orientation #1 Fixed plane Tilt: 10° Azimuth: 0°	Near Shadings no shading		
System information PV Array Nb. of modules: 372 units Power (kW): 343 kWp	Inverters Nb. of units: 1 Total power: 343 kWp Power (kW): 343 kWp	27 units 267 kWp 1.16	
Results summary			
Produced Energy: 523.91 MWh/year	Specific production: 1526 kWh/kWp/year	Perf. Ratio P1: 85.69 %	
Table of contents			
Project and results summary			2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses			2
Main results			5
Loss diagram			6
Project: gymnas			7

22/05/25

Physics Evaluation mode

Page 57



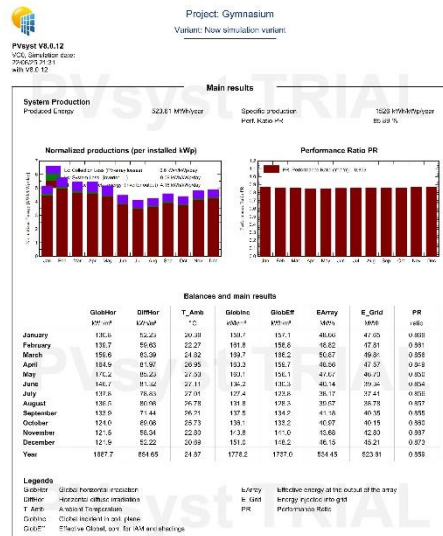
Project: Gymnasium
Variant: Now simulation variant

Array losses			
Thermal Loss factor Module temperature according to irradiance (see comment) 20.3 °C at 1 kW/m² 0.97 %	Module Quality Loss Loss Fraction: 0.75 %		
Module mismatch losses			
Array #1 - PV Array Loss Fraction: 2.00 % at MPP			
Array #2 - Sub-array #2 Loss Fraction: 2.00 % at MPP			
Array #3 - Sub-array #3 Loss Fraction: 2.00 % at MPP			
IAM loss factor Irradiance effect (IAM) - mono-cr. PV modules (approx. 1.00) (20.3 °C at 1 kW/m²)			
6°	35°	50°	60°
1.000	0.999	0.997	0.993
			0.982
			0.971
			0.959
			0.946
			0.930
DC wiring losses			
Cable wiring resistance Loss Fraction: 1.5 % at STC			
Array #1 - PV Array Cable array res: 37 mΩ Loss Fraction: 1.5 % at STC	Array #2 - Sub-array #2 Cable array res: 37 mΩ Loss Fraction: 1.5 % at STC	Array #3 - Sub-array #3 Cable array res: 170 mΩ Loss Fraction: 1.5 % at STC	

22/05/25

Physics Evaluation mode

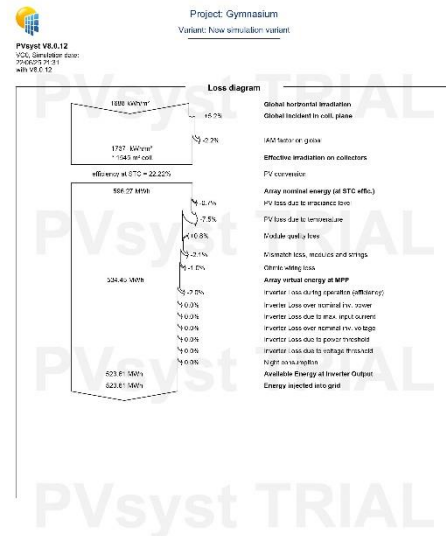
Page 67



22/05/25

PVsyst Evaluation mode

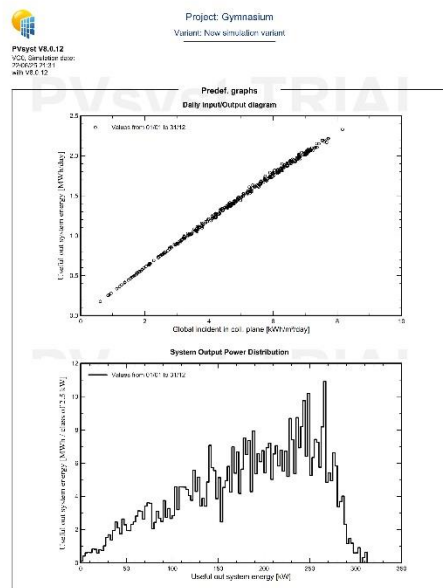
Page 67



22/05/25

PVsyst Evaluation mode

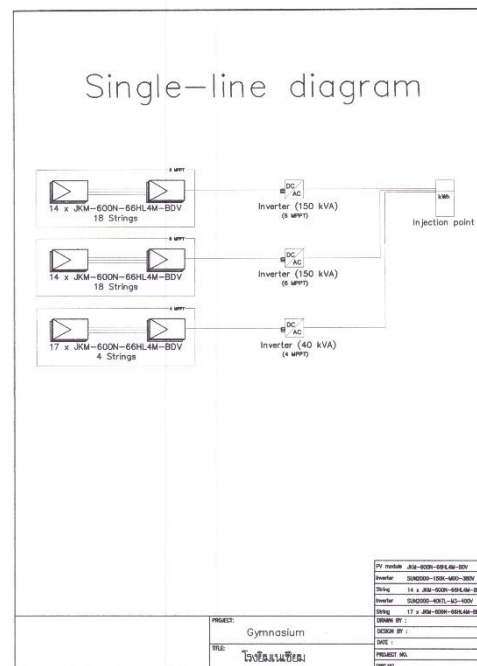
Page 67



22/05/25

PVsyst Evaluation mode

Page 77



10. อาคารฟิตเนส



PVsyst V8.0.12

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: CRRU Hybrid Fitness
Variant: New simulation variant
No 3D scene defined, no shadings
System power: 63.0 kWp
Ban Pa Sang - Thailand



PVsys V8.6.12
VCO, Generation date:
27-06-2015 11:00
with V8.6.12

Project: CRRU Hybrid Fitness

Variant: New simulation variant

Project summary			
Geographical Site	Situation	12.33° 30'	Project settings
Ban Pa Bang	Location	98.85° 30'	Altitude
Volcano	Longitude	352 m	2.50
	Altitude		
	Time zone	UTC+7	
Weather data			
Ban Pa Bang			
Measurement: 2 (1997-2022), Sun: 100%, Synoptic			
System summary			
Orbit Connected System	No 3D scene defined, no shadows		
Orientation #1	Near Shadowing	User's needs Unit disk load (g/s)	
Fixed plane	no Shadowing		
Translation	20° / s		
System information			
PV Array	Inverter		
NE or NW facing	15% yield	1% of value	0.6 m/s
Power loss	32.0 kWh/m ²	7.4% inverter	55.0 m/s ² lateral
		From 7.500	1.70
Results summary			
Produced Energy	90939 kWh/year	Specific production	1526 kWh/kWarray
		Port Ratio P/R	88.60 %
Table of contents			
Project and results summary			2
General information, PV Array Characteristics, System Issues			3
Main results			4
Link diagram			5
Project status			6

22-0625

Polym. Eng. Sci. 1992, 32, 1031-1040

Page 239



PVsys V8.0.12
VOC, Generation date:
22-06-2019 11:50
with V8.0.12

Project: CRRU Hybrid Fitness
Variant: New simulation variant

Variant: New simulation variant

[illegible]

22-1625

Philipp Engelhardt

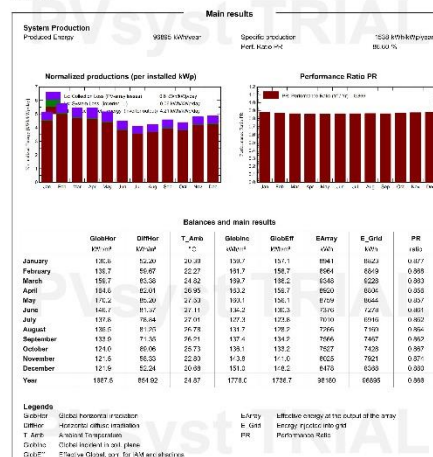
Page 58



PV Syst V8.0.12
VOC: Generation date:
27-06-2015 11:00
with V8.0.12

Project: CRRU Hybrid Fitness
Variant: New simulation variant

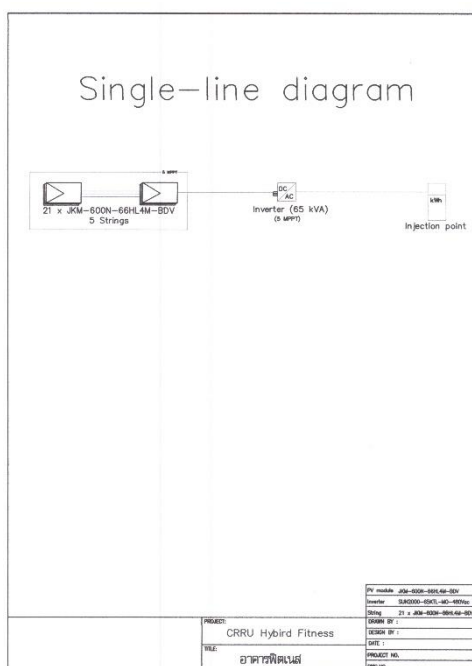
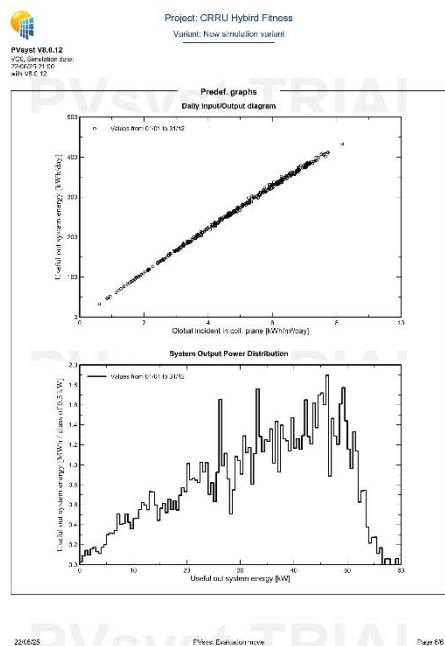
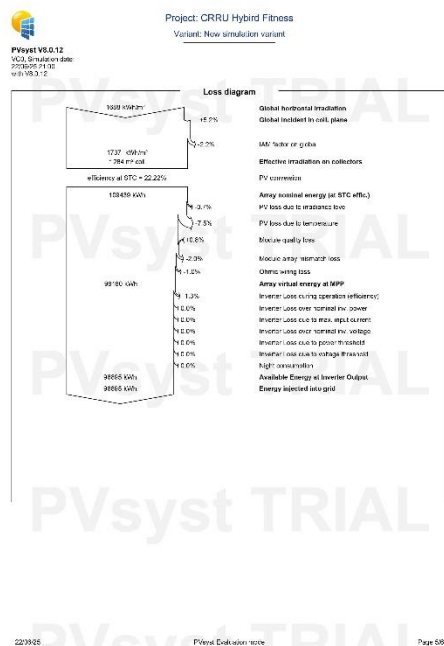
Variant: New simulation varian



224625

Planning Evaluation mode

Page 49



ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ - สกุล นายพิพัฒน์ กรรณิกา

วัน เดือน ปี เกิด 26//สิงหาคม//2520

ที่อยู่ปัจจุบัน

เลขที่ 94 หมู่ 9 ตำบล บ้านคู้

อำเภอ เมืองเชียงราย จังหวัด เชียงราย

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2541 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย

พ.ศ. 2543 ปริญญาตรี

สถาบันราชภัฏเชียงราย

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2544 เจ้าหน้าที่ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์//สถาบันราชภัฏเชียงราย

อำเภอเมืองเชียงราย// จังหวัดเชียงราย

พ.ศ. 2552 นักวิชาการ โสตทัศนศึกษา//มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

อำเภอเมืองเชียงราย// จังหวัดเชียงราย

พ.ศ. 2563 - ปัจจุบัน นักวิชาการ โสตทัศนศึกษา ชำนาญการ//มหาวิทยาลัย

ราชภัฏเชียงราย อำเภอเมืองเชียงราย// จังหวัดเชียงราย