

รูปแบบแนวทางการพัฒนาชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ด้วยระบบผลิตไฟฟ้า
ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ กรณีศึกษา:
ชุมชนบ้านผาด่าน จังหวัดลำพูน

NON-ELECTRICITY COMMUNITY DEVELOPMENT MODEL WITH
CENTRALIZED PHOTOVOLTAIC-BASED POWER GENERATION SYSTEM:
A CASE STUDY OF BAN PHA DAN COMMUNITY,
LAMPHUN PROVINCE

สุรเชษฐ์ มิตสานนท์* และกันตภณ โล่นพันธ์

Surachet Mitsanon* and Kantaphon Lonphan

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสร้างรูปแบบแนวทางการพัฒนาชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ด้วยระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ กรณีศึกษา: ชุมชนบ้านผาด่าน จังหวัดลำพูน โดยพิจารณาจากบริบทชุมชน ลักษณะทางกายภาพของที่ตั้งชุมชน จำนวนครัวเรือน ความต้องการการใช้พลังงานในครัวเรือน รายได้ต่อครัวเรือน เทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน งบประมาณ และการประชุมชุมชน เพื่อนำไปสู่การสร้างรูปแบบแนวทางการพัฒนาชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้โดยใช้ชุมชนเป็นตัวขับเคลื่อน ผลการศึกษา พบว่ารูปแบบแนวทางการพัฒนาชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ด้วยระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ที่มีความเหมาะสมนั้น ประกอบด้วย ชุมชนจะต้องมีความต้องการการใช้ไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์และต้องเข้าใจลักษณะของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีอย่างจำกัด ลักษณะของการตั้งชุมชนต้องเป็นการตั้งบ้านเรือนแบบหนาแน่นในรัศมีชุมชนไม่เกิน 1,500 เมตร จำนวนครัวเรือนไม่น้อยกว่า 50 ครัวเรือน การประเมินรายได้ต่อครัวเรือนของชุมชน เพื่อนำไปสู่การจัดเก็บค่าไฟฟ้าและการจัดตั้งกองทุนไฟฟ้าชุมชน และการเลือกใช้เทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang District, Phitsanulok Province 65000

*corresponding author e-mail: teachneering@gmail.com

Received: 6 September 2019; Revised: 9 April 2020; Accepted: 16 April 2020

ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานที่มีความเหมาะสมกับขนาดของชุมชน และงบประมาณในการดำเนินการติดตั้งระบบฯ ดังกล่าว ควรได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 โดยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมระบบไฟฟ้าสู่ครัวเรือน แต่ละครัวเรือนจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบ

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์ ระบบผลิตไฟฟ้า ระบบเก็บพลังงาน เศรษฐศาสตร์

Abstract

This research aimed to develop the centralized photovoltaic-based power generation system (CPBP) for use in a community without access to electricity. Ban Pha Dan Community in Lamphun Province was selected as the studied area. The community context, physical features, number of households, energy demand, income, available technology, budget and community participation were acquired. They were used to establish the community-based model suitable for the management of the developed CPBP system. It was found that the appropriate model should include the following requirements. There should be a sufficient demand for installation of the system. The limitation of the CPBP system should be well understood by the community. The population density with at least 50 households, located within the radius of 1,500 meters was necessary. In terms of income and budget, the community fund should be established for financial security. In addition, 70% of the fix cost for initial CPBP system installation should be subsidized by the government. Individual house should also be responsible for the cost of electrical wiring from the system to the house.

Keywords: Photovoltaic, Power generation system, Energy storage system, Economics

บทนำ

จากการศึกษาข้อมูลจำนวนครัวเรือนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ของประเทศไทย พบว่า ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีจำนวนครัวเรือนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ จำนวน 48,968 ครัวเรือน คิดเป็น ร้อยละ 0.2 ของจำนวนครัวเรือนทั้งประเทศ โดยพบว่าภาคเหนือมีจำนวนครัวเรือนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้มากที่สุด ร้อยละ 38.29 รองลงมา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 24.12 (Ministry of Energy, 2018) ชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่อยู่ห่างไกล บนภูเขาสูง และเป็นพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าไม่สามารถดำเนินการได้ทำให้การดำรงชีวิตของชุมชนดังกล่าวมีการพัฒนาที่ล่าช้าและยากลำบาก การนำระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์

แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์มาใช้กับชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาชุมชนให้มีไฟฟ้าอย่างมีข้อจำกัด ซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่การไฟฟ้าเข้าไปไม่ได้ ด้วยกฎระเบียบ ข้อจำกัดต่าง ๆ

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนหลักเป็นเทคโนโลยีที่สะอาดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Joshi & Yenneti, 2020; Pikkhunthod & Bokhunthod, 2016; Piriyasatta, 2016; Pholchusakulwong et al., 2014; Tantisattayakul et al., 2017) ซึ่งเป็นส่วนสนับสนุนการพัฒนาสู่ความยั่งยืนของชุมชน ซึ่งประเทศไทยมีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในทุกภาคส่วนตามนโยบายการส่งเสริมของรัฐบาล โดยมีรูปแบบแนวทางการพัฒนาชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ด้วยระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ มีการดำเนินการในหลากหลายรูปแบบ ในหลากหลายชุมชน เช่น การติดตั้งแบบใช้เฉพาะอาคารของตนเองเป็นระบบขนาดเล็ก ทำให้รัฐบาลไม่สามารถสนับสนุนได้ทุกครัวเรือน ในส่วนของการติดตั้งในระบบแบบรวมศูนย์ สามารถกระจายกำลังไฟฟ้าได้ทั้งชุมชน (Bhandari & Jana, 2010) เช่น ตามอาคารบ้านเรือน ระบบแสงสว่างหมู่บ้าน ประปาหมู่บ้าน และสะดวกต่อการบริหารจัดการค่าพลังงานและบำรุงรักษา เช่น Wisuththiprani & Phucinda, (2018) ได้ศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในชุมชนในจังหวัดสิงห์บุรี พบว่ากระบวนการมีส่วนร่วมในการพัฒนาการจัดการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในชุมชน มีความโดดเด่นจากการมีส่วนร่วมของสมาชิกในกลุ่มพลังงานทดแทนที่ได้รับรู้โครงการในทุกกระบวนการของการจัดการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ นอกจากนั้น Bhumkittipich (2016) ศึกษารูปแบบการพัฒนาศักยภาพชุมชนสำหรับการใช้ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาชุมชนแม่สลอง ในจังหวัดเชียงราย พบว่าชุมชนมีปัญหาการใช้งานระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ คือ ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดลง อย่างไรก็ตามการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในชุมชนมีปัญหาอุปสรรคหลายประการ (Panjabuddhanon & Sonsuphap, 2016) ที่เกี่ยวข้องกับนโยบายภาครัฐและการนำนโยบายสู่การปฏิบัติ ที่ไม่ครอบคลุมและยังมีความไม่ชัดเจน ทั้งข้อกฎหมาย กฎระเบียบ และการบริหารจัดการระบบสายส่งไฟฟ้าที่ยังไม่เอื้อต่อการพัฒนาพลังงานทดแทน รวมถึงองค์กรของรัฐยังขาดความเป็นเอกภาพ จนส่งผลทำให้กระบวนการทำงานเกิดความล่าช้า และมีการแทรกแซงจากกลุ่มผลประโยชน์

กรณีศึกษา: บ้านผาด่าน ตำบลทากาศ อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน ชุมชนบ้านผาด่าน มีจำนวนประชากร 542 คน จำนวนครัวเรือน 184 ครัวเรือน ประชากรส่วนใหญ่เป็นชนเผ่าปกาเกอะญอ ชุมชนบ้านผาด่านเป็นชุมชนที่คนในส่วนใหญ่ของชุมชนไม่มีไฟฟ้าใช้ โดยจะมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าใช้ในโรงเรียนและหน่วยงานราชการบางส่วนเท่านั้น และยังขาดแคลนระบบน้ำประปา อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ห่างไกลทุรกันดาร การคมนาคมไม่สะดวก ลักษณะการประกอบอาชีพของชุมชนบ้านผาด่าน ส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพเกษตรกรรม หาของป่า และรับจ้าง ชุมชนบ้านผาด่านตั้งอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าจึงไม่สามารถดำเนินการได้ การนำระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานพร้อมโครงข่ายไฟฟ้ามาใช้กับชุมชนผาด่าน จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาชุมชนบ้านผาด่านได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสร้าง

รูปแบบแนวทางการพัฒนาชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ด้วยระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ ชุมชนบ้านผาด่าน จังหวัดลำพูน ที่เป็นชุมชนห่างไกล และขาดแคลนไฟฟ้าให้สามารถมีไฟฟ้าใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาและสร้างรูปแบบแนวทางการพัฒนาชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ด้วยระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ กรณีศึกษา: ชุมชนบ้านผาด่าน จังหวัดลำพูน และประเมินความเป็นไปได้ของการนำระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กับชุมชนบ้านผาด่าน จังหวัดลำพูน โดยมีการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค และเศรษฐศาสตร์ โดยมีรายละเอียดและวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างชุมชนบ้านผาด่าน ตำบลทากาศ อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 2.1 แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานชุมชนและความต้องการการใช้พลังงานของชุมชน
 - 2.2 โปรแกรม PVsyst เพื่อประเมินผลการผลิตพลังงาน
3. วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของชุมชน โดยใช้แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานของชุมชนและข้อมูลความต้องการการใช้พลังงานของชุมชน ประกอบด้วย ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศ จำนวนประชากร จำนวนครัวเรือน ข้อมูลลักษณะการประกอบอาชีพ ข้อมูลความต้องการใช้พลังงานของชุมชน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของชุมชนจากแบบสอบถาม โดยนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ลักษณะบริบทของชุมชนและลักษณะความต้องการการใช้พลังงานของชุมชน

4.2 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน เพื่อช่วยในการประเมินและวิเคราะห์ต้นทุนของระบบฯ

4.3 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยการนำข้อมูลทางด้านเทคนิคของโครงข่ายไฟฟ้าของชุมชนมาประเมินต้นทุนและวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการ โดยใช้ 5 ตัวชี้วัด คือ: NPV IRR BCR PP และ COE (Piriyasatta, 2016)

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value: NPV) หมายถึง ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการในปีต่าง ๆ

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

โดย N = จำนวนปีที่ใช้ประเมินโครงการ

B_t = ผลประโยชน์ในปีที่ t

C_t = ต้นทุนในปีที่ t

r = อัตราส่วนลด

2) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (internal rate of return: IRR)

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

3) อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อต้นทุน (benefit cost ratio: BCR) หมายถึง อัตราส่วนของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนของโครงการ

$$BRC = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

4) ระยะเวลาคืนทุน (payback period: PP)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

5) ต้นทุนต่อหน่วยพลังงาน (cost of electricity: COE)

$$COE = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน}}{\text{ปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ตลอดอายุการใช้งาน}}$$

โดยที่ ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานและแบบ discount rate (r) เท่ากับ 7% (ค่าเฉลี่ยดอกเบี้ย Minimum Loan Rate ของธนาคารในประเทศไทย คือ 6.9984%) (Bank of Thailand, 2019) และปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ตลอดอายุการใช้งานผลิตไฟฟ้าได้ลดลง ปีละ 1%

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างรูปแบบการรูปแบบแนวทางการพัฒนาชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ด้วยระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ กรณีศึกษา: ชุมชนบ้านผาด่าน จังหวัดลำพูน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของชุมชนจากแบบสอบถาม โดยนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ลักษณะบริบทของชุมชนและลักษณะความต้องการการใช้พลังงานของชุมชน พบว่า ชุมชนบ้านผาด่านมีประชากร จำนวน 542 คน จำนวนครัวเรือน 184 ครัวเรือน (เฉลี่ย จำนวนประชาชน 3 คนต่อครัวเรือน) รายได้ 35,000 บาทต่อปีต่อครัวเรือน (ประมาณ 3,000 บาทต่อเดือน) และมีความต้องการใช้พลังงาน โดยประมาณ 1-1.5 หน่วยต่อวันต่อครัวเรือน อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความต้องการหลักประกอบด้วย ระบบแสงสว่าง โทรทัศน์ และตู้เย็น เป็นต้น

ลักษณะการตั้งบ้านเรือนของชุมชนบ้านผาด่าน บ้านเรือนอยู่ใกล้เคียงกันทำงานง่ายต่อการวางโครงข่ายไฟฟ้าชุมชน การวิเคราะห์ลักษณะการตั้งบ้านเรือน โดยวิเคราะห์จากพื้นที่ส่วนกลางของชุมชน เช่น พื้นที่วัด พื้นที่โรงเรียน และพื้นที่อาคารของชุมชน เป็นต้น เนื่องจากพื้นที่ ดังกล่าวจะเป็นพื้นที่ที่สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ได้ และควรติดตั้งบนหลังคา จากการสำรวจชุมชนบ้านผาด่าน พบว่า พื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ควรติดตั้งภายในโรงเรียนบ้านป่าเลา สาขาผาด่าน เพื่อลดปัญหาการใช้พื้นที่ในเขตอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า โดยมีรัศมีโดยรอบไม่เกิน 1,500 เมตร เพื่อลดปัญหาแรงดันตกในช่วงปลายสาย ดังแสดงในภาพที่ 1 (Figure 1)



Figure 1 Network laying guideline of Ban Pha Dan Community, Lamphun Province

2. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน เพื่อช่วยในการประเมินและวิเคราะห์ต้นทุนของระบบ ฯ การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะออกแบบให้มีความเหมาะสมกับความต้องการการใช้ไฟฟ้าของชุมชน พบว่า ชุมชนมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วย การใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือนวันละ 276 หน่วย เสาไฟถนนวันละ 12 หน่วย โรงเรียนวันละ 10 หน่วย วัดวันละ 10 หน่วย และสถานที่ส่วนกลางของชุมชนประมาณวันละ 20 หน่วย ความต้องการการใช้พลังงานของชุมชนบ้านผาด่านประมาณวันละ 328 หน่วย แนวทางในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วย

เซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังติดตั้ง 100 กิโลวัตต์พร้อมระบบกักเก็บพลังงาน แบตเตอรี่ลิเทียม ขนาดความจุ 300 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เพื่อรองรับการใช้งานในปัจจุบันและในอนาคต ซึ่งแบตเตอรี่ชนิด ลิเทียม มีอายุการใช้งานมากกว่า 4,000 รอบ หรือประมาณ 10 ปี และเป็นเทคโนโลยีที่สามารถคายประจุได้ถึง ร้อยละ 100 ซึ่งมีคุณภาพสูงกว่าแบตเตอรี่ชนิดเติมน้ำกลั่น และแบบเจลที่มีอายุการใช้งาน 2-3 ปี

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานที่ออกแบบเสร็จแล้ว ได้ทำการวิเคราะห์การทำงานของระบบที่ออกแบบด้วยโปรแกรม PVsyst เพื่อจำลองการหาค่ากำลังการผลิตพลังงานในหนึ่งปีรวมทั้งประสิทธิภาพของระบบ (Irwan et al., 2015) โดยมีข้อมูลนำเข้า ดังนี้ สถานที่ติดตั้ง ชุมชนบ้านผาด่าน ตำบลทากาศ อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน ตำแหน่งที่ตั้ง ละติจูด 18.36° N ลองจิจูด 99.04° E สูงกว่าระดับน้ำทะเล 427 เมตร ช่วงโซนเวลา UT+7 ผลการจำลองการติดตั้งที่ทำให้ได้กำลังการผลิตสูงสุดที่มุมเอียง 15° ตามแนวหลังคาในทางทิศใต้ ในส่วนของการจำลองระบบการผลิตกำลังพลังงานไฟฟ้าที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้ 1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึก รวมรุ่น TD660M-300 ขนาด 300 Wp จำนวน 340 แผง โดยต่อแบบอนุกรมจำนวน 20 แผงต่อ 1 สตริง และต่อแบบขนานจำนวน 17 สตริง แสดงในภาพที่ 2 (Figure 2) 2) อินเวอร์เตอร์ รุ่น GSE0100T แรงดัน ด้านเข้า 450 - 850 V ขนาด 100 kW



Figure 2 Installation area at Ban Pa Lao school

ผลการจำลองกำลังผลิตในแต่ละเดือนใน 1 ปี แสดงในภาพที่ 3 (Figure 3) ซึ่งในแต่ละเดือนจะให้กำลังการผลิตไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ โดยค่าเฉลี่ยในการผลิตไฟฟ้าใน 1 วัน เท่ากับ 4.06 kWh/kWp/day ค่ากำลังการสูญเสียเฉลี่ยที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ใน 1 วัน เท่ากับ 0.89 kWh/kWp/day และค่ากำลังการสูญเสียเฉลี่ยที่อินเวอร์เตอร์ใน 1 วัน เท่ากับ 0.17 kWh/kWp/day ทำให้กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าในรอบ 1 ปี ได้พลังงาน 151.2 MWh/year โดยที่ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพ 79.29%

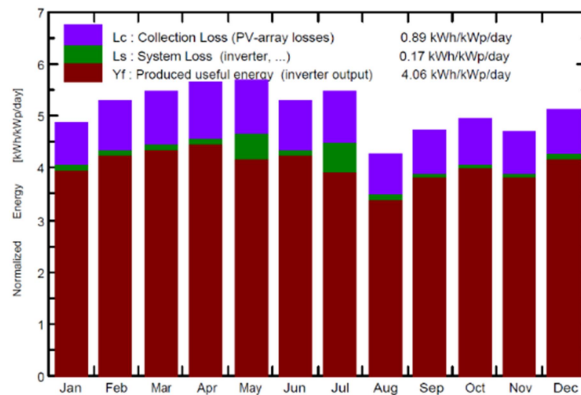


Figure 3 Monthly production capacity

3. การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (economic analysis) ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน ชนิดลิเทียม กรณีศึกษา: บ้านผาด่าน จังหวัดลำพูน โดยทำการวิเคราะห์ต้นทุนผลได้ของโครงการ (cost - benefit analysis) โดยมีรายละเอียดดังนี้

การวิเคราะห์การลงทุน (investment cost) ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ ขนาดกำลังติดตั้ง 100 กิโลวัตต์ ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานชนิดลิเทียม ขนาดความจุ 300 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ระยะโครงข่ายไฟฟ้าชุมชน 1,900 เมตร การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ ดังแสดงในตารางที่ 1 (Table 1) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ต้นทุนคงที่ (fixed cost) เป็นต้นทุนที่สามารถประเมินค่าเป็นมูลค่าเงินได้เป็นต้นทุนที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามการใช้งาน และต้นทุนผันแปร (variable cost) เป็นต้นทุนที่ผันแปรตามการใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

Table 1 Investment cost of centralized photovoltaic power generation system

Cost type	List	Price (Baht)	Data source
Fixed Cost	Installing a 100-kW solar cell	3,800,000	Market price
	Inverter 100-kW	1,200,000	Market price
	300 kWh lithium battery	8,000,000	Market price
	Electrical network distance 1,900 meters	1,900,000	Estimated price
	Control building	500,000	Estimated price
	Total amount	15,500,000	
Variable Cost	System maintenance cost per year	100,000	Estimated price
	Personnel (1 Technician: 5,000 baht per month)	60,000	Estimated price
	Replace lithium batteries in year 12.	4,000,000	Estimated price (Discounted price in the next 10 years)

การวิเคราะห์ผลตอบแทน (benefit analysis) ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี ดังแสดงในตารางที่ 2 (Table 2) ผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจากการขายไฟฟ้าให้กับชุมชน จากการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 400 หน่วยต่อวัน 146,000 หน่วยต่อปี

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ กรณีศึกษา: บ้านผาด่าน จังหวัดลำพูน มีข้อกำหนดดังนี้

- ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ขนาดกำลังติดตั้ง 100 กิโลวัตต์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ปีละ 146,000 หน่วย และผลิตไฟฟ้าได้ลดลง ปีละ 1%
- อัตราการซื้อ-ขาย ไฟฟ้า 4 บาทต่อหน่วย (อ้างอิงตามอัตราค่าไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)
- กำหนด discount rate (r) เท่ากับ 7% (ค่าเฉลี่ยดอกเบี้ย Minimum Loan Rate ของธนาคารในประเทศไทย คือ 6.9984%) (Bank of Thailand, 2019)
- กำหนดระยะเวลาโครงการ 25 ปี

โดยทำการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (economic analysis) ประกอบด้วย 5 ตัวชี้วัด ประกอบด้วย NPV IRR BCR PP และ COE

Table 2 Cost and return analysis of centralized photovoltaic power generation system

Project Indicators Index	Analysis results	
Net Present Value: NPV	-12,245,858.57	Baht
Benefit/Cost Ratio: BCR	0.34	
Internal Rate of Return: IRR	-11.95	%
Payback period: PP	-	Year
Cost of Energy (COE) /Unit	17.16	Baht

จากการประมาณการต้นทุนและผลตอบแทนตามเงื่อนไขข้างต้น เมื่อชุมชนเป็นผู้ลงทุนเอง ร้อยละ 100 และได้กำหนดอัตราการซื้อ-ขายไฟฟ้าในอัตราหน่วยละ 4 บาท ทำให้ค่า NPV มีค่าเป็นลบ ค่า BCR น้อยกว่า 1 และค่า IRR น้อยกว่า ร้อยละ 7 ทำให้โครงการ ดังกล่าว ไม่มีความเหมาะสมในการลงทุน ผู้วิจัยจึงกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ดังนี้

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (project sensitivity analysis) จากการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์โครงการ พบว่า ภาครัฐควรมีการสนับสนุนและส่งเสริมการนำพลังงานทดแทนมาใช้กับชุมชนในลักษณะการสนับสนุนส่งเสริมงบประมาณบางส่วน โดยผู้วิจัยได้มีแนวทางในการศึกษา 6 กรณี ดังนี้

- กรณีที่ 1 เมื่อภาครัฐสนับสนุนงบประมาณลงทุนคงที่ ร้อยละ 100 (ไม่รวมอาคารควบคุม)
 กรณีที่ 2 เมื่อภาครัฐสนับสนุนงบประมาณลงทุนคงที่ ร้อยละ 70 (ไม่รวมอาคารควบคุม) กรณีที่ 3

เมื่อภาครัฐสนับสนุนงบประมาณลงทุนครั้งที่ ร้อยละ 50 (ไม่รวมอาคารควบคุม) กรณีที่ 4 เมื่อชุมชนลงทุนเอง ร้อยละ 100 และวิเคราะห์ค่า IRR = 7% โดยเปลี่ยนอัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย กรณีที่ 5 เมื่อภาครัฐสนับสนุนงบประมาณลงทุนครั้งที่ ร้อยละ 70 (ไม่รวมอาคารควบคุม) และวิเคราะห์ค่า IRR=7% โดยเปลี่ยนอัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย กรณีที่ 6 เมื่อภาครัฐสนับสนุนงบประมาณลงทุนครั้งที่ ร้อยละ 50 (ไม่รวมอาคารควบคุม) และวิเคราะห์ค่า IRR = 7% โดยเปลี่ยนอัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

Table 3 Economic analysis of centralized photovoltaic power generation system for Case 1, Case 2 and Case 3

Project Indicators Index	Analyze project sensitivity		
	Case 1	Case 2	Case 3
NPV (Baht)	2,754,141	-1,745,859	-4,745,859
BCR	1.79	0.78	0.57
IRR (%)	81.60	-4.61	-8.15
PP (Years)	1	15	-
COE (Baht/Unit)	2.20	3.58	4.51

จากการประเมินต้นทุนและผลประโยชน์จากตารางที่ 3 (Table 3) ตามเงื่อนไข กรณีที่ 1 กรณีที่ 2 และ กรณีที่ 3 เป็นการวิเคราะห์ในกรณีที่ภาครัฐสนับสนุนงบประมาณในการลงทุน ร้อยละ 100, 70 และ 50 ตามลำดับ พบว่า ในกรณีที่ภาครัฐลงทุน ร้อยละ 100 และกำหนดให้มีอัตรา การซื้อ-ขาย ไฟฟ้า ในหน่วยละ 4 บาท โครงการมีความเหมาะสมในการดำเนินการ และในกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 เมื่อภาครัฐสนับสนุนลดลง ทำให้โครงการดังกล่าวไม่มีความน่าสนใจและไม่เหมาะสมใน การลงทุน

จากการประเมินต้นทุนและผลประโยชน์จากตารางที่ 4 (Table 4) ตามเงื่อนไข กรณีที่ 4 กรณีที่ 5 และ กรณีที่ 6 โดยกรณีที่ 4 ชุมชนจะเป็นผู้ลงทุนเอง ร้อยละ 100 เพื่อให้การประเมินทางด้าน เศรษฐศาสตร์มีความเหมาะสม ชุมชนจะต้องกำหนดอัตราค่าการซื้อ-ขายไฟฟ้าในอัตราหน่วยละ 18.50 บาท ในกรณีที่ 5 และกรณีที่ 6 เมื่อกำหนดเงื่อนไขให้ภาครัฐลงทุนร้อยละ 70 และร้อยละ 50 เพื่อให้เป็นไป ตามเงื่อนไขความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ชุมชนต้องมีการซื้อ-ขายไฟฟ้าในอัตราหน่วยละ 7.07 บาท และ 10.35 บาท ตามลำดับ

Table 4 Economic analysis of centralized photovoltaic power generation system for Case 4, Case 5 and Case 6

Project Indicators Index	Analyze project sensitivity		
	Case 4	Case 5	Case 6
NPV (Baht)	10,424,223	3,053,945	5,182,074
BCR	1.56	1.38	1.47
IRR (%)	7.00	7.00	7.00
PP (Years)	8	7	7
COE (Baht/Unit)	6.82	3.58	4.51
purchase-sale rate per unit	18.50	7.07	10.35

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินโครงการดังกล่าว ภาครัฐควรสนับสนุนงบประมาณในการลงทุนไม่น้อยกว่า ร้อยละ 70 ของงบประมาณในการลงทุน เพื่อให้อัตราการซื้อ-ขายไฟฟ้าอยู่ที่หน่วยละ 4-7 บาท (ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า 250-500 บาทต่อเดือนต่อครัวเรือน)

4. รูปแบบแนวทางการพัฒนาชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ด้วยระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบบรวมศูนย์ กรณีศึกษา : ชุมชนบ้านผาด่าน จังหวัดลำพูน ดังแสดงในภาพที่ 3 (Figure 3) ประกอบด้วย การวิเคราะห์บริบทชุมชน วิเคราะห์ความต้องการการใช้พลังงาน และศักยภาพพลังงานทดแทนของชุมชน และนำข้อมูลดังกล่าวที่วิเคราะห์และสังเคราะห์ร่วมกับชุมชนคืนข้อมูลสู่ชุมชน เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพโครงข่ายไฟฟ้าของชุมชน โดยวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทั้ง 3 ด้าน ประกอบด้วย การวิเคราะห์ด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านการดำเนินการ เพื่อนำไปสู่รูปแบบการพัฒนาชุมชนด้วยโครงข่ายไฟฟ้าชุมชน โดยการซื้อ-ขาย ไฟฟ้าภายในชุมชน เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนเศรษฐกิจภายในชุมชน ทำให้เกิดการพัฒนาชุมชนในหลากหลายด้าน อาทิเช่น ด้านการศึกษา ด้านการประกอบอาชีพ ด้านสุขอนามัย ด้านสังคมและเศรษฐกิจ เป็นต้น

ผลการวิจัยที่ได้ในภาพที่ 4 (Figure 4) สัมพันธ์กับผลการวิจัยที่ได้รายงานไว้ก่อนหน้านี้ โดย Ketjoy (2003) นำเสนอแนวคิดในการจัดหาไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านที่ยังไม่มีไฟฟ้าในประเทศไทยโดยใช้พลังงานหมุนเวียน ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่เหล่านี้จะเป็นระบบไฟฟ้าขนาดเล็ก (มินิกริด) ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าสายส่งแรงดันต่ำ จ่ายไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านหรือกลุ่มผู้ใช้ขนาดเล็ก ที่อยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือการไฟฟ้านครหลวง

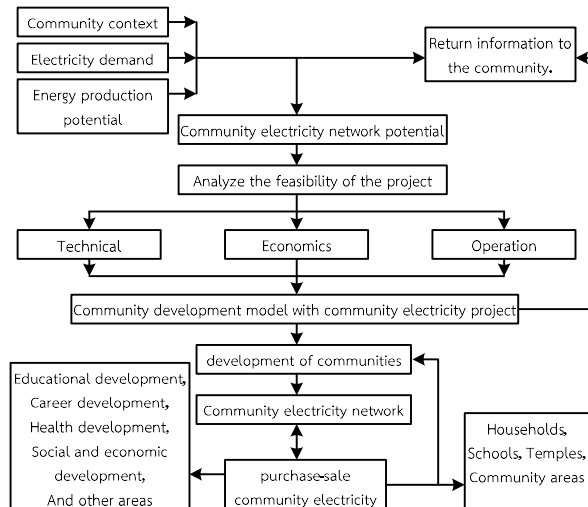


Figure 4 Model for community development without electricity

สรุปผลการวิจัย

ชุมชนบ้านผาด่านเป็นชุมชนที่ไม่ไฟฟ้าใช้ เนื่องจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าจึงไม่สามารถดำเนินการได้ ซึ่งมีพื้นที่เหมาะในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ควรติดตั้งภายในโรงเรียนป่าเลา สาขาผาด่าน เพื่อลดปัญหาการใช้พื้นที่ในเขตอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และลดปัญหาแรงดันตกในช่วงปลายสาย จากการวิเคราะห์ทางเทคนิค พบว่า แนวทางในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับชุมชนบ้านผาด่าน ออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังติดตั้ง 100 กิโลวัตต์พร้อมระบบกักเก็บพลังงาน แบตเตอรี่ลิเทียม ขนาดความจุ 300 กิโลวัตต์-ชั่วโมง การวิเคราะห์การทำงานของระบบที่ออกแบบไว้ด้วยการจำลองด้วยโปรแกรม PVsyst ระบบสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 151.2 MWh/year โดยที่ระบบมีประสิทธิภาพ 79.29% ในส่วนของการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ตัวชี้วัด ประกอบด้วย NPV IRR BCR PP และ COE ทำให้ค่า NPV มีค่าเป็นลบ ค่า BCR น้อยกว่า 1 และค่า IRR น้อยกว่า ร้อยละ 7 ทำให้โครงการ ดังกล่าว ไม่มีความเหมาะสมในการลงทุน ผู้วิจัยจึงกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์เพิ่มเติม เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการจึงได้กำหนดกรณีศึกษา จำนวน 6 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อภาครัฐสนับสนุนงบประมาณลงทุนครั้งที่ ร้อยละ 100 (ไม่รวมอาคารควบคุม)

กรณีที่ 2 เมื่อภาครัฐสนับสนุนงบประมาณลงทุนครั้งที่ ร้อยละ 70 (ไม่รวมอาคารควบคุม)

กรณีที่ 3 เมื่อภาครัฐสนับสนุนงบประมาณลงทุนครั้งที่ ร้อยละ 50 (ไม่รวมอาคารควบคุม)

กรณีที่ 4 เมื่อชุมชนลงทุนเอง ร้อยละ 100 และวิเคราะห์ค่า IRR=7% โดยเปลี่ยนอัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

กรณีที่ 5 เมื่อภาครัฐสนับสนุนงบประมาณลงทุนคงที่ ร้อยละ 70 (ไม่รวมอาคารควบคุม) และวิเคราะห์ค่า IRR = 7% โดยเปลี่ยนอัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

กรณีที่ 6 เมื่อภาครัฐสนับสนุนงบประมาณลงทุนคงที่ ร้อยละ 50 (ไม่รวมอาคารควบคุม) และวิเคราะห์ค่า IRR = 7% โดยเปลี่ยนอัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

โดยการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินโครงการดังกล่าวคือ กรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ซึ่งภาครัฐควรสนับสนุนงบประมาณในการลงทุนไม่น้อยกว่า ร้อยละ 70 ของงบประมาณในการลงทุน ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นแนวทางการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเองสำหรับชุมชนอื่นที่สนใจ และเป็นข้อมูลประกอบการกำหนดนโยบายเพื่อส่งเสริมการพัฒนาชุมชนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ของประเทศได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณชุมชนบ้านผาด่าน ตำบลทากาศ อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ ขอขอบคุณสมาคมพลังงานทดแทนเพื่อความยั่งยืนและบริษัท บี. เอ็น. โซลาร์ เพาเวอร์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Bank of Thailand. *Commercial Bank Loan Interest Rates*. 2019. Available at: https://www.bot.or.th/thai/statistics/_layouts/application/interest_rate/in_rate.aspx. Accessed April 8, 2019.
- Bhandari A. Jana C. A comparative evaluation of household preferences for solar photovoltaic standalone and mini-grid system: An empirical study in a Coastal Village of Indian Sundarban. *Renewable Energy*, 2010; 35(12), 2835-2838.
- Bhumkittipich P. Model of community potential development of Solar Home System Case study: Mae Salong Nai Community, Chiang Rai Province. *Area Base Development Research Journal*. 2016; 8(3): 136-151.
- Irwan Y, Amelia A, Irwanto M. et al. Stand-Alone Photovoltaic (SAPV) System assessment using PVSYS software, *International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies*. 2015; 79: 596-603.
- Joshi G. Yenneti K. Community solar energy initiatives in India: A pathway for addressing energy poverty and sustainability?. *Energy and Buildings*, 2020; 2(10), 1-14.
- Ketjoy N. Mini-grid application by renewable energy for Unelectrified Village in Thailand. *Naresuan University Journal*, 2003; 11(2): 99-114.
- Ministry of Energy. *Thai Energy Data*. 2018. Available at: <https://data.energy.go.th/factsheet/region/N/2017#>. Accessed April 10, 2019.

- Panjabuddhanon C, Sonsuphap R. The problem and obstacle of solar energy development in Thailand. *VRU Research and Development Journal Humanities and Social Science*, 2016; 11(3): 11-20.
- Pholchusakulwong Y, Rakkarn S, Seehomchi P. et al. Feasibility study of the solar power farm case study: kutrang mahasarakarm. *Kasem Bundit Engineering Journal*, 2014; 4(1): 41-57.
- Pikkhunthod B, Bokhunthod K. Solar Energy: One of the main renewable energies for Thailand. *NKRAFA Journal of Science and Technology*, 2016; 12(12): 108-119.
- Piriyasatta P. Using Photovoltaic System on The Faculty of Architecture's Building Rooftop in Khon Kaen University for Energy Conservation. *Built Environment Inquiry Journal Faculty of Architecture Khon Kaen University*, 2016; 15(11): 183-200.
- Tantisattayakul T, Rassameethammachote P, Auisakul M. Energy, Environmental and Economic Assessment of Solar Rooftop Systems on Buildings of Thammasat University, Rangsit Centre. *Thai Journal of Science and Technology*, 2017; 25(6): 1083-1099.
- Wisuththiprani N, Phucinda W. Citizen Engagement in Development of Solar Photovoltaic Electricity Management in Singburi Province. *Rajamangala University of Technology Isan Journal*, 2018; 5(2): 112-123.