การบริหารจัดการพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของกองทัพบก

เอกสารวิจัยส่วนบุคคล

โดย

นายพัฒนเศรษฐ์ จังคศิริ

ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

วิทยาลัยการทัพบก

กันยายน 2562

เอกสารวิจัยเรื่อง การบริหารจัดการพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของกองทัพบก

โดย นายพัฒนเศรษฐ์ จังคศิริ

อาจารย์ที่ปรึกษา พันเอกหญิง ศศพินธุ์ วัชรธรรม

วิทยาลัยการทัพบก อนุมัติให้เอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรหลักประจำ วิทยาลัยการทัพบก ปีการศึกษา 2562 และเห็นชอบให้เป็นเอกสารวิจัยส่วนบุคคลที่อยู่ในเกณฑ์

พลตรี **ผู้บัญชาการวิทยาลัยการทัพบก**
(ธีระพงษ์ เย็นอุทก)

คณะกรรมการควบคุมเอกสารวิจัยส่วนบุคคล

พันเอก **ประธานกรรมการ**
(มหศักดิ์ เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

ผู้ทรงคุณวุฒิที่ปรึกษา
(นายชวลิต พิชาลัย)

พันเอกหญิง **กรรมการ**
(ศศพินธุ์ วัชรธรรม)

พันเอกหญิง **กรรมการ**
(ฐิติญา จันทวุฒิ)

บทคัดย่อ

ผู้วิจัย นายพัฒนเศรษฐ์ จังคศิริ

เรื่อง การบริหารจัดการพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของกองทัพบก

วันที่ กันยายน 2562 **จำนวนคำ :** 5,612 **จำนวนหน้า :** 26

คำสำคัญ พลังงานทดแทน, พลังงานแสงอาทิตย์, พลังงานไฟฟ้า, ความมั่นคงด้านพลังงาน

ชั้นความลับ ไม่มีชั้นความลับ

เอกสารวิจัยเรื่อง การบริหารจัดการพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของกองทัพบก มีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อศึกษาการบริหารจัดการด้านพลังงานไฟฟ้าของกองทัพบกให้มีประสิทธิภาพ 2. เพื่อเสนอรูปแบบที่เหมาะสมด้วยการใช้พลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพให้แก่กองทัพบก 3. เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าให้กองทัพบกใช้อย่างเพียงพอและมีเสถียรภาพ และลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของกองทัพบก รวมทั้งช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และปัญหาโลกร้อน 4. เพื่อผลิตไฟฟ้าใช้อย่างยั่งยืน และช่วยเหลือประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับค่ายทหาร กรณีศึกษา โครงการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ณ ค่ายทหารมณฑลทหารบกที่ 13 อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

ผลการศึกษา พบว่า 1. การติดตั้งระบบโซล่าเซลล์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop System) และการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ชุดปั๊มสูบน้ำแปลงเกษตร โครงการทหารพันธุ์ดี (Solar Pumping System) เป็นการบริหารจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพ สามารถเสริมสร้างความมั่นคงให้แก่กองทัพบกได้อย่างยั่งยืน โดยสมควรมีการส่งเสริมให้มีการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ และมีการใช้อย่างแพร่หลายตามค่ายทหารมณฑลทหารบกอื่น ๆ ของกองทัพบก 2. การติดตั้ง

ระบบโซล่าเซลล์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ชุดปั๊มสูบน้ำเพื่อการเกษตร โครงการทหารพันธุ์ดี เป็นรูปแบบที่เหมาะสมที่สมควรจัดทำ ณ ค่ายทหารอื่น 3. ช่วยให้ค่ายทหารผลิตพลังงานไฟฟ้าสะอาดใช้เองอย่างเพียงพอและมีเสถียรภาพ รวมทั้งช่วยลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของค่ายลงได้อย่างน้อยถึงร้อยละ 50 และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกลงได้ในปริมาณ 413.25 ตัน CO2/ปี 4. สามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการช่วยเหลือประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับค่ายทหารอีกด้วย

ABSTRACT

AUTHOR: Mr. Padhanaseth Changkasiri

TITLE: Renewable Energy Management from Solar to improve Electricity Supply Security for the Royal Thai Army

DATE: September, 2019 **WORD COUNT:** 5,612 **PAGES:** 26

KEY TERMS: Renewable Energy, Solar Energy, Electrical Energy, Energy Security

CLASSIFICARION: Unclassified

The paper presents a development for power systems based on renewable energy from Solar. The main purpose is to present the advantage of using photovoltaic system to generate electricity for the Royal Thai Army, where huge area of land and rooftop are available, to improve the electricity supply security by reducing the dependence on distributed power supplier like PEA. The reduction of electricity bill and also deliver clean energy to reduce the green house gas emissions that generated the global warming is also the purpose of this study. The 13th Military Circle base is use as a real case study. The economic worthiness analysis has been carried out for this study. The result shows that this army base could save a lot of money from the reduction of electricity bill by using photovoltaic system to generate electricity. The economic worthiness analysis also confirmed that this project is viable with the payback within the reasonable period of time. This can be concluded that if the Royal Thai Army implement this method of renewable energy system in most of their army bases, it would help improving their electricity supply security tremendously.

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์ ความกรุณา และการสนับสนุน ซึ่งผู้มีพระคุณที่ผู้ศึกษาใคร่ขอกราบขอบพระคุณคือ ท่านอาจารย์พันเอกหญิง ศศพินธุ์ วัชรธรรม อาจารย์ที่ปรึกษา และ นายชวลิต พิชาลัย (อดีตรองปลัดกระทรวงพลังงาน) ผู้ทรงคุณวุฒิที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้ คำแนะนำตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน เพื่อให้การเขียนเอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด และขอขอบคุณท่านอาจารย์ พันเอกมหศักดิ์ เทพหัสดิน ณ อยุธยา พันเอกหญิง ฐิติญา จันทวุฒิ ที่กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ และเจ้าหน้าที่วิทยาลัยการทัพบกที่อำนวยความสะดวก จนทำให้การศึกษาวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึง พันเอก ภาวัต อ่อนศรี หัวหน้ากองส่งกำลังบำรุง มณฑลทหารบกที่ 13 และผู้ติดตาม ที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในกรณีศึกษาในการลงพื้นที่ โครงการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ณ ค่ายทหารมณฑลทหารบกที่ 13 ทำให้เอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้สามารถสะท้อนถึงสภาพความเป็นจริง และนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพัฒนาได้ นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณ เพื่อนร่วมรุ่น วิทยาลัยการทัพบก ชุดที่ 64 ทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุน และแนะนำให้เอกสารวิจัยส่วนบุคคลออกมาได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ และขอมอบความสำเร็จทั้งหมดจากการทำเอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้ แด่ครอบครัวของผู้วิจัย ที่ช่วยส่งเสริม สนับสนุน และเป็นกำลังใจอันสำคัญยิ่งให้ผู้วิจัยสามารถทำงานชิ้นนี้ออกมาได้สำเร็จ

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์และมีคุณค่าต่อผู้สนใจเพื่อการศึกษา ค้นคว้า วิจัย และพัฒนาความรู้ต่อไป คุณค่าความดีของเอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้ ผู้วิจัยขอยกให้แด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากเอกสารวิจัยฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้เพียงผู้เดียว

การบริหารจัดการพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของกองทัพบก

ในปัจจุบันสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยมีการเจริญเติบโตสูงขึ้น [1] ส่งผลให้มีความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นตามอัตราการขยายตัว เช่นเดียวกับความต้องการใช้พลังงานของโลกที่เพิ่มขึ้นตาม ผลผลิตมวลรวมของโลก และจำนวนประชากร ทำให้ต้องผลิตพลังงานเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพลังงานเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีพของมนุษยชาติเป็นอย่างมาก ถือได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ขาดมิได้ ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นอย่างมาก จึงเกิดผลกระทบโดยตรงต่อการจัดสรรพลังงานภายในประเทศให้เพียงพอและทั่วถึง [2] จึงเห็นได้ว่า ประเทศไทยไม่มีเสถียรภาพในการนำพลังงานฟอสซิลมาผลิตกระแสไฟฟ้า นับวันจะลดลงเรื่อย ๆ และใช้เวลานานนับเป็นหมื่น ๆ แสน ๆ ปี กว่าจะทดแทนหรือผลิตขึ้นมาใหม่ได้ อีกทั้งสร้างปัญหามลพิษให้กับสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะปัญหาด้านมลพิษทางอากาศ และเป็นสาเหตุของโลกร้อน

ดังนั้นจึงควรแสวงหาแหล่งพลังงานหมุนเวียนเพิ่มเติม เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานชีวมวล ฯ และพัฒนาเทคโนโลยีให้มีความเหมาะสม เพื่อที่จะสามารถนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด รวมทั้งการดำเนินการและกำหนดเป้าหมายอย่างจริงจัง และเลือกพลังงานหมุนเวียนที่เหมาะสมกับสภาพภูมิศาสตร์และความสามารถในการจัดการ นำไปสู่การพัฒนาพลังงานทางเลือกที่เหมาะสมและยั่งยืน [3] สอดคล้องกับ ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน พ.ศ.2561-2565 [4] ที่มีความชัดเจน และสนับสนุนการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ซึ่งในยุทธศาสตร์ดังกล่าวนี้แบ่งออกเป็น 4 ยุทธศาสตร์ โดยมีอยู่หนึ่งยุทธศาสตร์ที่สนับสนุนพลังงานหมุนเวียน คือ ยุทธศาสตร์ ที่ 3 ได้กล่าวถึง เรื่องการพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเป้าประสงค์ต้องการให้ ประเทศใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ, สัดส่วนการผลิต และการใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น และชุมชนมีการพึ่งพาตนเองในการพัฒนาพลังงาน เพื่อสนองความต้องการตามศักยภาพของพื้นที่ อีกทั้งมี

ความสอดคล้องกับแผนปฏิบัติการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 (15 ปี) เป็นแผนที่ให้มีการใช้พลังงานทดแทนเป็นสัดส่วน 20% ของพลังงานทั้งหมด [5]

ในปัจจุบันวิกฤตด้านพลังงานที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของพลังงานฟอสซิล ได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ที่เราใช้มีปริมาณลดน้อยลง ราคาสูงขึ้นทุกวัน อีกทั้งได้รับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ทำให้ทั่วโลกต้องแสวงหาพลังงานทดแทน เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับอนาคต นอกจากนี้ เรื่องพลังงานยังเป็นเรื่องที่กระทบโดยตรงกับทุกคน ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม สุขภาพ สิ่งแวดล้อม การเมือง การวางแผนพลังงานจึงเป็นอีกทางหนึ่งที่จะช่วยคลี่คลายปัญหาที่เกิดขึ้นจากการมีส่วนร่วมของทุกคนในประเทศ สำหรับประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์จากต่างประเทศหลายประเภท ทั้งน้ำมันดิบ น้ำมันสำเร็จรูป ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน/ลิกไนต์ และไฟฟ้า จากข้อมูลการผลิตและนำเข้าพลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และข้อมูลการผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พบว่า สัดส่วนการนำเข้าพลังงานหลายประเภท โดยเฉพาะน้ำมันดิบ และถ่านหิน/ลิกไนต์ มีสัดส่วนการนำเข้าที่สูงขึ้น ดังนั้นการพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจังจะช่วยลดการพึ่งพา และการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้ รวมทั้งจะช่วยกระจายความเสี่ยงในการจัดหาพลังงาน เพื่อใช้ในประเทศ ซึ่งถือเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาด้านพลังงานอย่างยั่งยืน [6]

การจัดการพลังงาน หมายถึง การกำหนดนโยบาย เป้าหมาย ผู้รับผิดชอบในการนำไปปฏิบัติ การวางแผนจะต้องรอบคอบ ต้องมีความรู้ความเข้าใจ และมีการติดตามประเมินผลเพื่อนาไปสู่การปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้การจัดการพลังงานนั้นมีประสิทธิภาพและบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้โดยต้องครอบคลุม และให้ความสำคัญในทุก ๆ มิติ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งวัฒนธรรม โดยมีการบริหารจัดการที่ดี มีพหุภาคีร่วมทุกขั้นตอนเป็นตัวขับเคลื่อน [7]

การจัดการพลังงาน หมายถึง ขั้นตอนในการใช้พลังงานอย่างระมัดระวัง เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ซึ่งทำได้ตั้งแต่การซ่อมบำรุง การลงทุนที่ต่ำและง่าย และการปรับเปลี่ยน

อุปกรณ์ โดยที่การจัดการพลังงานจะมีทั้งทางด้านเทคนิค และการบริหารจัดการเพื่อหาวิธีและโอกาสในการประหยัดพลังงานที่เหมาะสม การมีความตระหนักและความช่วยเหลือของผู้เชี่ยวชาญก็จะมีส่วนช่วยให้การจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพ [8] สอดคล้องกับการจัดการพลังงาน คือ ระบบดำเนินงานภายในองค์กรอย่างเป็นระเบียบและแบบแผน เพื่อให้เชื่อว่าการใช้พลังงานขององค์กรจะมีประสิทธิภาพอยู่ตลอดไป ขณะเดียวกันก็มีการพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง [9]

ระบบการจัดการพลังงาน สิ่งสำคัญประการแรกที่ต้องมีคือ นโยบายพลังงาน ซึ่งกำหนดโดยผู้บริหารระดับสูงขององค์กร หรือผู้ที่ได้รับการแต่งตั้งให้รับผิดชอบ ดูแลพลังงาน เพื่อที่จะได้นำนโยบายที่กำหนดขึ้นนี้ไปประกาศให้ทราบและถือปฏิบัติทั้งองค์กร ประการต่อมาคือต้องมีการกำหนดโครงสร้างหน้าที่และความรับผิดชอบ เพื่อดำเนินการวางแผนอนุรักษ์พลังงาน โดยผู้รับผิดชอบดำเนินการจัดการพลังงาน ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบดำเนินการทั้งหมดของโครงการจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ ความเข้าใจในการอนุรักษ์พลังงานเป็นอย่างดี และต้องรวบรวมมาตรฐานและข้อกำหนดต่าง ๆ ในการอนุรักษ์พลังงานของอุปกรณ์แต่ละประเภท เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนด และดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน เมื่อวางแผนอนุรักษ์พลังงานเป็นที่เรียบร้อยแล้วก็นำไปปฏิบัติโดยมีการตรวจสอบและปฏิบัติการแก้ไข ซึ่งต้องมีการตรวจวัดการใช้พลังงานที่ถูกต้อง และนำบทสรุปของการดำเนินการทั้งหมดมาทบทวน ปรับปรุง เพื่อนำไปวางแผนและกำหนดนโยบายพลังงานใหม่ จึงจะก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานที่ยั่งยืนในที่สุด [10] ตามรายละเอียดตารางที่ 1

พลังงาน	สัดส่วนพลังงานทดแทน (ร้อยละ)		การใช้พลังงาน ขั้นสุดท้าย ณ ปี พ.ศ. 2579 (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)
	สถานภาพ ณ ปี พ.ศ. 2557	เป้าหมาย ณ ปี พ.ศ. 2579	
ไฟฟ้า : ไฟฟ้า	9	15 - 20	27,789
ความร้อน : ความร้อน	17	30 - 35	68,413
เชื้อเพลิงชีวภาพ : เชื้อเพลิงภาคขนส่ง	7	20 - 25	34,798
พลังงานทดแทน : การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย	**12**	**30**	**131,000**

ตารางที่ 1 เป้าหมายการพัฒนาพลังงานทดแทนภายใต้แผน AEDP ใน ปี พ.ศ. 2579
ที่มา: แผนปฏิบัติการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579

อีกทั้งยังมีความสอดคล้องกับเป้าหมายของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 [11] ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสัดส่วนพลังงานทดแทนมีเป้าหมายที่เพิ่มขึ้นจากสถานภาพ ณ ปี พ.ศ. 2557 จากตารางที่ 1 เนื่องจากพลังงานทดแทนช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานอีกด้วย

พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) คือ พลังงานที่ผลิตได้จากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในรูปของแสงแดด ที่ประกอบด้วยพลังงานแสง และพลังงานความร้อน โดยพลังงานทั้งสองส่วนนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานได้สองรูปแบบ ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน [12] โดยศักยภาพของแสงอาทิตย์กระจายตามพื้นที่ของรังสีดวงอาทิตย์ ในแต่ละเดือนได้รับอิทธิพลของลมมรสุมและลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ โดยเดือนเมษายนเป็นช่วงเวลาที่พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด สำหรับการกระจายตามพื้นที่รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปี พบว่า บริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด (18-20 MJ/m²-day) จะอยู่ในบริเวณภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่จังหวัดสิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง สุรินทร์ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ และร้อยเอ็ด

นั่นคือ “พลังงานแสงอาทิตย์” เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง [13] โดยรูปแบบการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งาน ดังนี้ 1. พลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ 2. พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เช่น เตาแสงอาทิตย์ เครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ 3. พลังงานความร้อนสูงแสงอาทิตย์ 4. พลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ 5. พลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เป็นการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell หรือ Photovoltaic) ซึ่งถูกผลิตครั้งแรกในปี พ.ศ. 2426 โดยชาร์ล ฟริทท์ โดยใช้ธาตุ ซีลีเนียม และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการผลิตไฟฟ้า

โดยทั่วไปมี 2 แนวทาง คือ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสง และการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน ซึ่งที่ได้รับความนิยมและมีความสำคัญที่สุดคือ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสง อาศัยวิธีการที่เรียกว่า โฟโต้โวลทาอิค (Photovoltaic หรือ Solar Photovataic) [14] เป็นการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ หรือโซล่าร์เซลล์ (solar cell หรือ photovoltaic cell) ซึ่งถูกผลิตครั้งแรกในปี ค.ศ. 1883 โดยชาร์ลส ฟริตส (Charles Fritts) โดยองค์ประกอบสำคัญของการผลิตไฟฟ้าด้วยวิธีโฟโต้โวลทานิค คือ เซลล์แสงอาทิตย์ และโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์นี้สามารถนำไปใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น ถ้าต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ต่อไป ต้องอาศัยอุปกรณ์อื่น ๆ ร่วมด้วย

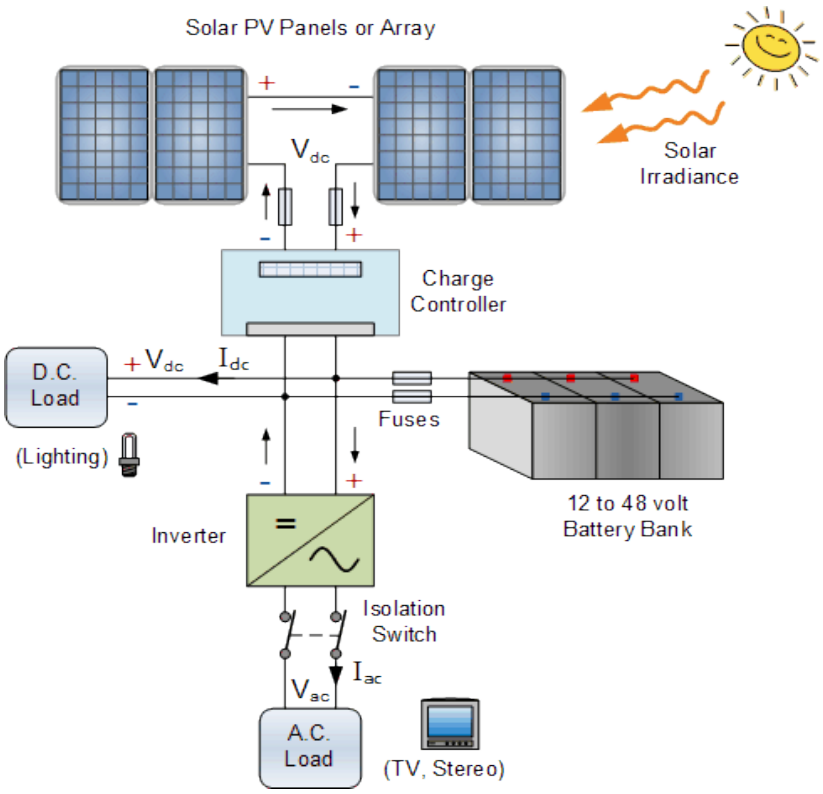
อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยวิธีโฟโต้โวลทาอิค (Photovoltaic)

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (solar module) มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) วิธีการใช้คือ นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าตามที่ต้องการ การต่อกันแบบอนุกรมจะช่วยเพิ่มแรงดันไฟฟ้า ส่วนการต่อกันแบบขนานจะช่วยเพิ่มพลังงานไฟฟ้า 2. เครื่องควบคุมการชาร์จ (charge controller) เนื่องจากแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นขึ้นอยู่กับแสง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ การจะให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่แบตเตอรี่โดยตรงจึงจะทำให้การเก็บไฟฟ้าไว้ใช้ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้นเครื่องควบคุมการชาร์จจะถูกนำเข้ามาช่วยเป็นตัวกลางคอยควบคุมการชาร์จประจุไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่ รวมทั้งการจ่ายไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ให้มีปริมาณเหมาะสม ไม่ไหลย้อนกลับ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่และป้องกันความเสียหาย 3. แบตเตอรี่ (battery) ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการ เช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เวลากลางคืน หรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่น ๆ แบตเตอรี่มีหลายชนิดและหลาย

ขนาดให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม 4. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (inverter) ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้เป็นกระแสสลับ (AC) เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็นสองชนิด คือ sine wave inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับทุกชนิด และ modified sine wave inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ไม่มีส่วนประกอบของมอเตอร์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็น electronic ballast 5. ระบบป้องกันฟ้าผ่า (lightning protection) ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อฟ้าผ่า หรือเกิดการเหนี่ยวนำที่ทำให้ความต่างศักย์สูงเกินไป โดยทั่วไประบบป้องกันฟ้าผ่ามักใช้กับโครงการขนาดใหญ่และมีความสำคัญเท่านั้น และต้องใช้ร่วมกับระบบสายดินที่มีประสิทธิภาพด้วย

รูปแบบระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ [15] สามารถแบ่งออกเป็น 4 ระบบหลัก คือ

1. ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand Alone System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับนำไปใช้งานแบบติดตั้งอิสระ เหมาะสำหรับทุกพื้นที่ ที่ระบบสายส่งการไฟฟ้าเข้าไม่ถึง อุปกรณ์ของระบบที่สำคัญประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Charge Controller) แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ (Inverter) เพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อไป ซึ่งแสดงตัวอย่างการต่อของระบบดังภาพที่ 1

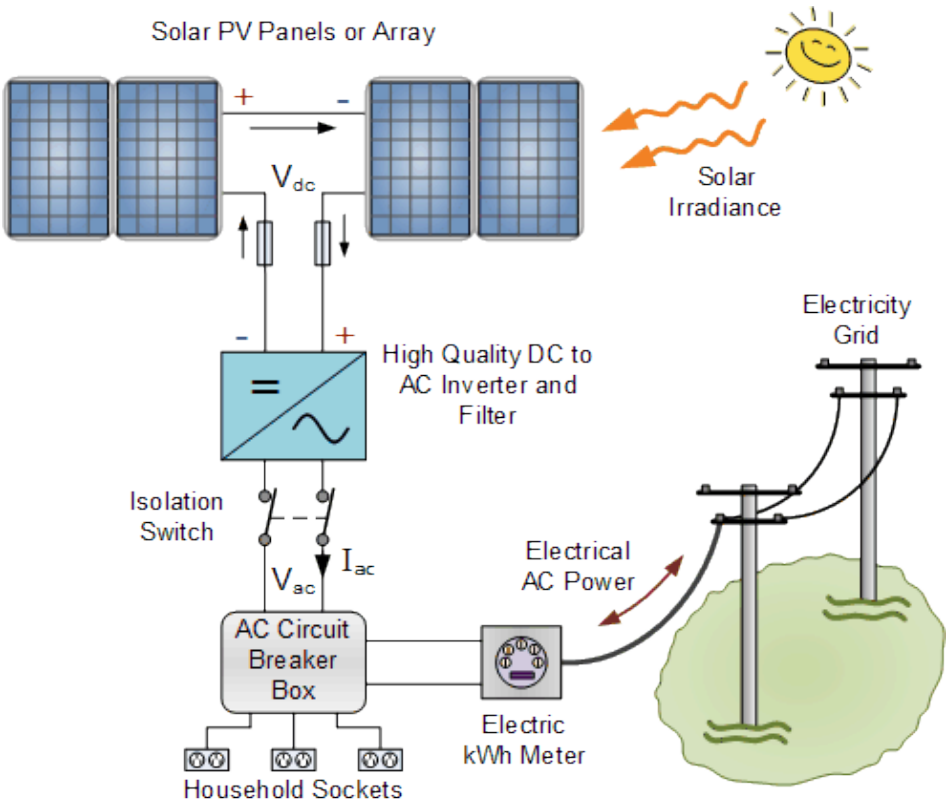


ภาพที่ 1 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ

(PV Stand Alone System)

2. ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid Connected System)

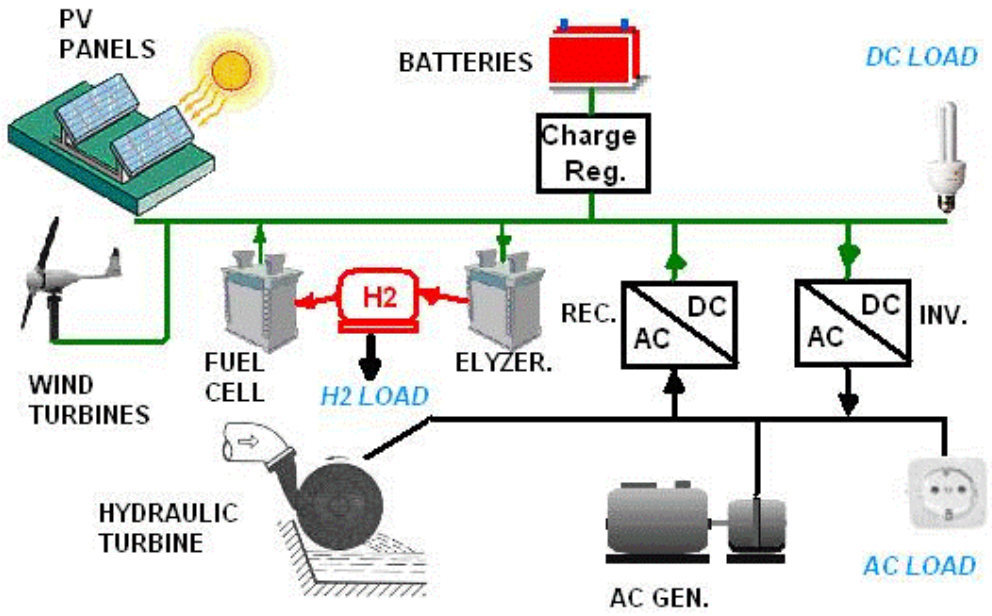
เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง กล่าวคือ ต้องเป็นพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ของระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยตัว Inverter นี้ ต้องได้รับการรับรองจากการไฟฟ้าก่อนถึงจะสามารถนำไปใช้งานและติดตั้งได้ ซึ่งแสดงตัวอย่างการต่อของระบบจำหน่าย ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid Connected System)

3. ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid System)

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าระบบอื่น ๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม เครื่องยนต์ดีเซล หรือระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบของระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์ของโครงการที่ใช้งานเป็นกรณีเฉพาะ ดังตัวอย่างการต่อของระบบ ในภาพที่ 3

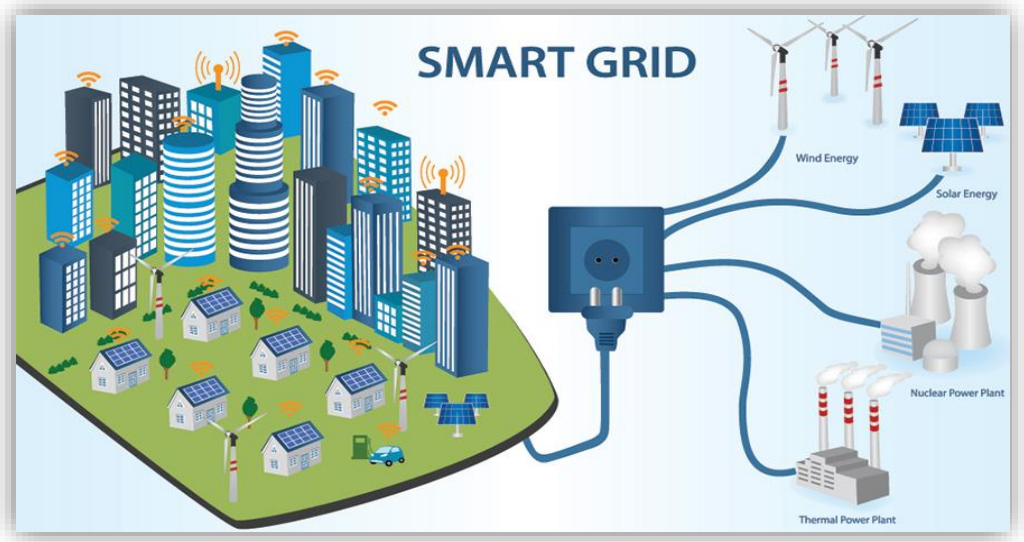


ภาพที่ 3 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน
(PV Hybrid System)

4. ระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์ในอนาคต (SMART GRID)

เป็นระบบบริหารการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพด้วยเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร (Information Technology) และ SMART GRID จะช่วยคำนวณความสมดุลของกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์กับกำลังการผลิตไฟฟ้าจากระบบ ให้เหมือนเป็นโรงไฟฟ้าโรงเดียวกัน และสอดคล้องกับปริมาณการใช้งานจริง เพื่อตอบสนองการผลิตและการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่จำกัด และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ก่อให้เกิดความคุ้มค่า และมีประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ ดังแสดงในภาพที่ 4 และประโยชน์ของระบบ SMART GRID คือ เป็นการรวมพลังงานหมุนเวียนเข้าในระบบไฟฟ้า (Renewable Energy Integration) สามารถลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Reduction) อีกทั้งสามารถเพิ่ม

การรับรู้ข้อมูลที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า และที่สำคัญสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารงานระบบโครงข่ายไฟฟ้า



ภาพที่ 4 ระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์ในอนาคต (SMART GRID)

สามารถเปรียบเทียบระบบไฟฟ้าในปัจจุบัน และในอนาคตได้ดังต่อไปนี้

ระบบไฟฟ้าในปัจจุบัน ถูกออกแบบให้มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งพลังงานไฟฟ้าจะมีทิศทางการไหลของไฟฟ้าเพียงทิศทางเดียว และผู้ใช้ไฟฟ้ามีบทบาทในการผลิตไฟฟ้าที่จำกัด มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลของระบบไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระดับน้อยมาก ทำให้มีการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์แบบอัตโนมัติอย่างจำกัด

ระบบไฟฟ้าในอนาคต ถูกออกแบบให้รองรับแหล่งผลิตไฟฟ้าที่กระจายตัวอยู่ทั่วไป (Distributed Generation) ซึ่งมีลักษณะเฉพาะของเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนบางประเภท เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น และเป็นการออกแบบให้ไฟฟ้าสามารถไหลได้สองทิศทาง รวมถึงการแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศให้สามารถไหลในสองทิศทาง โดยผู้ใช้ไฟฟ้ามีบทบาทในการผลิตไฟฟ้า (Prosumer) เปิดโอกาสให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับวิถีชีวิตและพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลจำนวนมากระหว่าง

อุปกรณ์ต่าง ๆ มีการทำงานร่วมกันอย่างสอดประสานระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดประมวลผลระบบอัตโนมัติและสื่อสารข้อมูล ทำให้การจัดทำระบบสมาร์ทกริดมีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์ต่อทุกฝ่าย

การจัดการพลังงานให้ประสบความสำเร็จนั้น นอกจากจะต้องมีการจัดการอย่างเป็นระบบแล้ว ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยในมิติอื่น ๆ ด้วย เช่น เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เพื่อให้การจัดการพลังงานนั้นสามารถตอบสนองความต้องการพื้นฐานของผู้ใช้ไฟฟ้าได้ แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อมิติอื่น ๆ เพื่อให้การใช้พลังงานเกิดประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

สำหรับการบริหารจัดการพลังงานในกองทัพบก สิ่งที่สำคัญ คือ การให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และความตั้งใจในการลดค่าใช้จ่าย สามารถพึ่งตนเองในด้านพลังงานได้ อีกทั้งช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และช่วยเหลือประชาชนในบริเวณข้างเคียง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษา การบริหารจัดการโดยใช้พลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ในการผลิตพลังงานทดแทน เพื่อเพิ่มความมั่นคงและสร้างเสถียรภาพในการจัดหาพลังงานไฟฟ้าของกองทัพบกได้อย่างยั่งยืน โดยทำการวิเคราะห์ โครงการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ณ ค่ายทหารมณฑลทหารบกที่ 13 (มทบ. 13) อ.เมือง จ.ลพบุรี เป็นกรณีศึกษา

การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าของ มทบ.13 ซึ่งมีพื้นที่หลังคาอาคารรวมใช้สอยขนาดใหญ่ 16,630 ตร.ม. [16] จึงส่งผลทำให้ในแต่ละปีมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก จึงถือเป็นโอกาสของ มทบ.13 ที่จะผลิต และบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยตนเอง โดยสามารถติดตั้งระบบโซล่าเซลล์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell หรือ Photovoltaic Cell) ในพื้นที่บนหลังคาที่หันไปทางทิศใต้ และไม่มีเงามาบดบัง เพื่อให้ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีคุณภาพที่สุด และนานที่สุด ซึ่งจากการลงพื้นที่ศึกษาความเป็นไปได้ในการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ มีบริเวณที่เหมาะสม ดังนี้

1. การติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop System) เป็นการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์บนหลังคา บริเวณสำนักงานขนส่ง (โรงเก็บรถยนต์ และโรงรถ) และบริเวณกลุ่มอาคารสรรพาวุธ ขนาด 20 กิโลวัตต์ (Solar Rooftop System) จำนวน 25 ชุด ดังภาพที่ 5 และ 6

ภาพที่ 5 จุดติดตั้งระบบโซล่าเซลล์บนหลังคา (Solar Rooftop)
บริเวณกลุ่มอาคารโรงเก็บรถยนต์และโรงรถ

ภาพที่ 6 จุดติดตั้งระบบโซล่าเซลล์บนหลังคา (Solar Rooftop)
บริเวณกลุ่มอาคารคลังสรรพาวุธ

สำหรับค่าใช้จ่ายการติดตั้งพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 1 ชุดบนหลังคา ขนาด 20 กิโลวัตต์ (Solar Rooftop System) โดยโครงการติดตั้งพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ขนาด 20 กิโลวัตต์ (Solar Rooftop System) มีการติดตั้งรวมทั้งสิ้น 25 ชุด เพราะฉะนั้นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 413,313 x 25 เท่ากับ 10,332,825 บาท

ระบบติดตั้งพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ขนาด 20 กิโลวัตต์				
รายละเอียดอุปกรณ์	**จำนวน**	**หน่วย**	**ราคา/หน่วย (บาท)**	**ราคารวม (บาท)**
แผงโซล่าเซลล์ขนาด 330 วัตต์	60	แผ่น	4,500	270,000
ออนกริดอินเวอร์เตอร์ขนาด 20 กิโลวัตต์	1	เครื่อง	78,000	78,000
เสริซอินดักชั่นขนาด 20 กิโลวัตต์	1	ชุด	12,500	12,500
รางอลูมิเนียมยึดแผง 4 เมตร	30	เส้น	650	19,500
น๊อตและสกรูยึดราง	120	ตัว	40	4,800
ขาล็อคยึดแผง	240	ตัว	22	5,200
สายไฟวีซีทีขนาด 1x6 มิลลิเมตร	300	เมตร	32	9,600
ท่อร้อยสาย พีวีซี ¾ นิ้ว	15	เส้น	75	1,125
ท่อร้อยสาย พีวีซี ½ นิ้ว	10	เส้น	55	550
อื่น ๆ 3 % (ค่าขนส่งและค่าดำเนินการ/ทดสอบระบบ)				12,038
รวมค่าใช้จ่ายต่อชุด				**413,313**

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ณ มทบ.13 จำนวน 1 ชุด

ซึ่งจากการคำนวณและวิเคราะห์ความคุ้มทุนของการลงทุนสำหรับโครงการนี้ มีดังนี้

1.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) [17] **:** การคำนวณระยะเวลาคืนทุน จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปีเป็นอันดับแรก

การคำนวณมูลค่าการประหยัดไฟฟ้าต่อปี (Electricity Saving)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในระบบ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ต่อปี

= กำลังการผลิต x จำนวนชั่วโมงที่ผลิตได้ต่อวัน
x จำนวนวันในหนึ่งปี x ประสิทธิภาพของระบบ

= 19.8 กิโลวัตต์ x 7 ชั่วโมง x 365 วัน x 80%

= 40,471.2 หน่วย

คิดมูลค่าเป็นจำนวนเงินชุดละ = 40,471.2 หน่วย x 4 บาท
(อัตราค่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 4 บาท/หน่วย)

= **161,885 บาท/ปี**

สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ (Electricity Saving) 161,885 บาท/ปี ต่อ 1 ชุด และโครงการมีการติดตั้ง Solar Rooftop System รวมทั้งสิ้น 25 ชุด ทำให้โครงการสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปี คิดเป็นเงินเท่ากับ 161,885 x 25 = **4,047,120 บาท/ปี**

ค่าบำรุงรักษาระบบ 1% ของเงินทุนการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า (maintenance cost)

= 413,313 x 1% = 4,133 บาท/ปี

ดังนั้นค่าบำรุงรักษาระบบ 4,133 บาท/ปี ต่อ 1 ชุด และโครงการมีการติดตั้ง Solar Rooftop System รวมทั้งสิ้น 25 ชุด ค่าบำรุงรักษาระบบต่อปี คิดเป็นเงินเท่ากับ 4,133 x 25 = 103,325 บาท/ปี เพราะฉะนั้นผลตอบแทนสุทธิเท่ากับ 4,047,120 – 103,325 = 3,943,795 บาท/ปี โดยระยะเวลาคืนทุนของโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ คือ

ระยะเวลาคืนทุน = **3 ปี 1 เดือน**

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของ Solar System 20 กิโลวัตต์ เท่ากับ 10,332,825
ปีที่ 11 มีการเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ ราคา 1,950,000 บาท
(อ้างอิงจาก : เอกสาร Inverter and PV System Technology Industry Guide 2011)

1.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV) [18] โครงการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า

การหามูลค่าปัจจุบันของโครงการ (NPV) (Solar Rooftop)						
ปีที่	**Bt**	**Ct**	**t**	**r**	**Bt - Ct**	**Bt - Ct / (1+r)t**
0	0	10,332,825	0	7%	-10,332,825	-10,332,825
1	3,943,792	0	1	7%	3,943,792	3,685,787
2	3,943,792	0	2	7%	3,943,792	3,444,660
3	3,943,792	0	3	7%	3,943,792	3,219,309
4	3,943,792	0	4	7%	3,943,792	3,008,700
5	3,943,792	0	5	7%	3,943,792	2,811,869
6	3,943,792	0	6	7%	3,943,792	2,627,915
7	3,943,792	0	7	7%	3,943,792	2,455,995
8	3,943,792	0	8	7%	3,943,792	2,295,323
9	3,943,792	0	9	7%	3,943,792	2,145,161
10	3,943,792	0	10	7%	3,943,792	2,004,824
11	3,943,792	1,950,000	11	7%	1,993,792	947,236
12	3,943,792	0	12	7%	3,943,792	1,751,091
13	3,943,792	0	13	7%	3,943,792	1,636,533
14	3,943,792	0	14	7%	3,943,792	1,529,470
15	3,943,792	0	15	7%	3,943,792	1,429,412
16	3,943,792	0	16	7%	3,943,792	1,335,899
17	3,943,792	0	17	7%	3,943,792	1,248,503
18	3,943,792	0	18	7%	3,943,792	1,166,826
19	3,943,792	0	19	7%	3,943,792	1,090,491
20	3,943,792	0	20	7%	3,943,792	1,019,151
21	3,943,792	0	21	7%	3,943,792	952,477
22	3,943,792	0	22	7%	3,943,792	890,166
23	3,943,792	0	23	7%	3,943,792	831,931
24	3,943,792	0	24	7%	3,943,792	777,505
25	3,943,792	0	25	7%	3,943,792	726,640
					มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	**34,700,049**

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า (Solar Rooftop)

ดังนั้นมูลค่าปัจจุบันสุทธิโครงการติดตั้งระบบพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) คือ 34,700,049 บาท

มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่ามากกว่า 0 จึงสามารถยอมรับโครงการดังกล่าวได้ และปีที่ 11 มีการเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ตามอายุการใช้งาน ราคา 1,950,000 บาท และในการ วิเคราะห์ฯ ไม่รวมค่าป้ายโครงการฯ ทำให้ผลตอบแทนในปีนั้นเท่ากับ 1,993,792 บาท

1.3 อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) [19] โครงการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า

เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการลงทุนนั้น จะพิจารณาต้นทุนของเงินทุนโครงการลงทุน แสดงว่าการลงทุนของโครงการมีความคุ้มค่า

โดยที่	IRR	=	อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน		
	CF	=	กระแสเงินสดสุทธิ	=	86,311,969 บาท
	n	=	อายุของโครงการ	=	25 ปี
	r	=	อัตราผลตอบแทนที่คาดหวัง	=	7 %

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนโครงการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าคือ 38 %

อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนมากกว่าอัตราผลตอบแทนที่คาดหวัง 7 % การดำเนินการดังกล่าวจึงยอมรับได้

1.4 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio หรือ BCR) [20]

โดยที่	ผลตอบแทนทั้งหมดของโครงการ	=	45,960,949 บาท
	ต้นทุนทั้งหมดของโครงการ	=	11,259,270 บาท

ได้อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio หรือ BCR) คือ 4.08

อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าโครงการลงทุนนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นกับโครงการ จึงสามารถยอมรับได้

2. การติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ชุดปั๊มสูบน้ำแปลงเกษตร โครงการทหารพันธุ์ดี (Solar Pumping System) ดังภาพที่ 7 และ 8

ภาพที่ 7 จุดติดตั้งระบบสูบน้ำระบบโซล่าเซลล์ แบบชุดปั๊มสูบน้ำเพื่อแปลงเกษตร โครงการทหารพันธุ์ดี (Solar Pumping System)

ภาพที่ 8 จุดติดตั้งระบบสูบน้ำระบบโซล่าเซลล์แบบ Floating Solar PV ในจุดเก็บน้ำใกล้แปลงเกษตร

สำหรับค่าใช้จ่ายการการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ชุดปั๊มสูบน้ำแปลงเกษตร โครงการทหารพันธุ์ดี (Solar Pumping System)

ชุดปั๊มสูบน้ำแปลงเกษตร โครงการทหารพันธุ์ดี (Solar Pumping System)				
รายละเอียดอุปกรณ์	**จำนวน**	**หน่วย**	**ราคา/หน่วย (บาท)**	**ราคารวม (บาท)**
แผงโซล่าเซลล์ ขนาด 330 วัตต์	9	แผ่น	4,500	40,500
ทุ่นยึดแผงแบบลอยน้ำ	9	ชุด	2,500	22,500
มอเตอร์ปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง 3 แรงม้า ไฟ 380/220 โวลท์พร้อมทุนลอยน้ำ และหัวกะโหลกแบบลูกบอล	1	ชุด	16,000	16,000
สปีดมอเตอร์ อินเวอร์เตอร์ ขนาด 3 แรงม้า	1	ชุด	21,000	21,000
เสริชอินดักชั่น กันฟ้าผ่า พร้อมตู้คอนโทรล	1	ชุด	8,000	8,000
สายไฟวีซีที 1x4 มิลลิเมตร	2	ม้วน	2,800	5,600
สายไฟวีซีที 4x2.5 มิลลิเมตร	30	เมตร	40	1,200
ท่อ พี อี ขนาด 25 มิลลิเมตร	100	เมตร	14	1,400
ท่ออ่อนแบบเกลียว 2 นิ้ว	6	เมตร	80	480
ชุดที่พัก ตู้คอนโทรล	1	ชุด	1,500	1,500
อื่น ๆ 3% (ค่าขนส่งและค่าดำเนินการ/ทดสอบระบบ)				3,545
รวมค่าใช้จ่าย				**121,725**

ตารางที่ 4 ค่าใช้จ่ายการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ชุดปั๊มสูบน้ำแปลงเกษตร
โครงการทหารพันธุ์ดี (Solar Pumping System) ณ มทบ.13

ซึ่งจากการคำนวณและวิเคราะห์ความคุ้มทุนของการลงทุนสำหรับโครงการนี้ มีดังนี้

2.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) [21]

การคำนวณมูลค่าการประหยัดไฟฟ้าต่อปี (Electricity Saving)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในระบบ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ต่อปี

= กำลังการผลิต x จำนวนชั่วโมงที่ผลิตได้ต่อวัน
x จำนวนวันในหนึ่งปี x ประสิทธิภาพของระบบ

= 2.97 กิโลวัตต์ x 7 ชั่วโมง x 365 วัน x 80%

= 6,070.68 หน่วย

คิดมูลค่าเป็นจำนวนเงิน = 6,070.68 หน่วย x 4 บาท
(อัตราค่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 4 บาท/หน่วย)

= **24,283 บาท/ปี**

สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ (Electricity Saving) 24,283 บาท/ปี

ค่าบำรุงรักษาระบบ 1% ของเงินทุนการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า (maintenance cost)

= 121,725 x 1% = 1,217 บาท/ปี

ดังนั้นค่าบำรุงรักษาระบบเท่ากับ 1,217 บาท/ปี เพราะฉะนั้นผลตอบแทนสุทธิเท่ากับ 24,283 – 1,217 = 23,065 บาท/ปี โดยระยะเวลาคืนทุนของโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ คือ

ระยะเวลาคืนทุน = **6 ปี 2 เดือน**

ปีที่ 11 มีการเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ ราคา 21,000 บาท
(อ้างอิงจาก : เอกสาร Inverter and PV System Technology Industry Guide 2011)

2.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV) [22] โครงการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า

การหามูลค่าปัจจุบันของโครงการ (NPV) ชุดปั๊มสูบน้ำแปลงเกษตร						
ปีที่	**Bt**	**Ct**	**t**	**r**	**Bt - Ct**	**Bt - Ct / (1+r)t**
0	0	121,725	0	7%	-121,725	-121,725
1	23,065	0	1	7%	23,065	21,557
2	23,065	0	2	7%	23,065	20,146
3	23,065	0	3	7%	23,065	18,828
4	23,065	0	4	7%	23,065	17,597
5	23,065	0	5	7%	23,065	16,445
6	23,065	0	6	7%	23,065	15,369
7	23,065	0	7	7%	23,065	14,364
8	23,065	0	8	7%	23,065	13,424
9	23,065	0	9	7%	23,065	12,546
10	23,065	0	10	7%	23,065	11,725
11	23,065	21,000	11	7%	2,065	981
12	23,065	0	12	7%	23,065	10,241
13	23,065	0	13	7%	23,065	9,571
14	23,065	0	14	7%	23,065	8,945
15	23,065	0	15	7%	23,065	8,360
16	23,065	0	16	7%	23,065	7,813
17	23,065	0	17	7%	23,065	7,302
18	23,065	0	18	7%	23,065	6,824
19	23,065	0	19	7%	23,065	6,378
20	23,065	0	20	7%	23,065	5,961
21	23,065	0	21	7%	23,065	5,571
22	23,065	0	22	7%	23,065	5,206
23	23,065	0	23	7%	23,065	4,866
24	23,065	0	24	7%	23,065	4,547
25	23,065	0	25	7%	23,065	4,250
				มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)		**137,093**

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า (ชุดปั๊มสูบน้ำแปลงเกษตร)

ดังนั้นมูลค่าปัจจุบันสุทธิโครงการติดตั้งชุดปั๊มสูบน้ำแปลงเกษตร คือ 137,093 บาท

มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่ามากกว่า 0 จึงสามารถยอมรับโครงการดังกล่าวได้ และปีที่ 11 มีการเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ตามอายุการใช้งาน ราคา 21,000 บาท ทำให้ผลตอบแทนในปีนั้นเท่ากับ 2,065 บาท

2.3 อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) [23] โครงการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า

เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการลงทุนนั้น จะพิจารณาต้นทุนของเงินทุนโครงการลงทุน แสดงว่าการลงทุนของโครงการมีความคุ้มค่า

โดยที่	IRR	=	อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน		
	CF	=	กระแสเงินสดสุทธิ	=	433,912 บาท
	n	=	อายุของโครงการ	=	25 ปี
	r	=	อัตราผลตอบแทนที่คาดหวัง	=	7 %

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนโครงการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า คือ 18 %

อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนมากกว่าอัตราผลตอบแทนที่คาดหวัง 7 % การดำเนินการดังกล่าวจึงยอมรับได้

2.4 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio หรือ BCR) [24]

โดยที่	ผลตอบแทนทั้งหมดของโครงการ	=	268,805 บาท
	ต้นทุนทั้งหมดของโครงการ	=	131,702 บาท

ได้อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio หรือ BCR) คือ 2.04

อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าโครงการลงทุนนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นกับโครงการ จึงสามารถยอมรับได้

สรุปภาพรวมของการศึกษาวิเคราะห์ผลตอบแทน โครงการผลิตไฟฟ้าและการสูบน้ำเพื่อการเกษตร ณ ค่ายทหารมณฑลทหารบกที่ 13 (มทบ.13)

พื้นที่ติดตั้งโครงการ	ประเมินศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์			
	ระยะเวลาคืนทุน (PB)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR)	อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)
Solar Rooftop	3 ปี 1 เดือน	34,700,049	38%	4.08
ชุดปั๊มสูบน้ำแปลงเกษตร	6 ปี 2 เดือน	137,093	18%	2.04
เกณฑ์การตัดสินใจลงทุน		(NPV > 0)	(IRR > อัตราผลตอบแทนที่คาดหวัง)	(BCR > 1)

ตารางที่ 6 ตารางสรุปการประเมินศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์

นั่นคือ การติดตั้งระบบโซล่าเซลล์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop System) สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 4,047,120 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 1 เดือน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 34,700,049 บาท, อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) เท่ากับ 38% และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 4.08

การติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ชุดปั๊มสูบน้ำแปลงเกษตร โครงการทหารพันธุ์ดี (Solar Pumping System) สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 24,283 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน 6 ปี 2 เดือน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 137,093 บาท, อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) เท่ากับ 18% และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 2.04

ดังนั้นการบริหารจัดการพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของกองทัพบก กรณีศึกษา โครงการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ณ ค่ายทหารมณฑลทหารบกที่ 13 อ.เมือง จ.ลพบุรี ซึ่งประกอบด้วยการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์สำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop System) และการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ชุดปั๊มสูบน้ำแปลงเกษตร โครงการทหารพันธุ์ดี (Solar Pumping System) สามารถประหยัดค่าไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 4,071,403 บาท/ปี (จำนวนชั่วโมงที่ได้รับแสงอาทิตย์ 7 ชั่วโมงต่อวัน) ในขณะที่การคิดจำนวนชั่วโมงที่ได้รับคุณภาพของแสงอาทิตย์สูงสุดต่อวัน คือ 4 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 10:00 – 14:00 นาฬิกา สามารถประหยัดค่าไฟฟ้ารวมทั้งสิ้นอย่างน้อย 2,312,650 บาท/ปี และข้อมูลค่าไฟฟ้ารายปี พ.ศ 2561 ของ มทบ.13 มีการใช้ไฟฟ้าเป็นเงินทั้งสิ้น 4,461,575 บาท/ปี และเมื่อเทียบกับค่าไฟฟ้ารายปี พ.ศ 2561 แสดงให้เห็นว่า ถ้า มทบ.13 มีการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถจ่ายค่าไฟฟ้าได้ลดลงอย่างน้อยประมาณ 2,148,925 บาทต่อปี หรือประมาณร้อยละ 50 ของค่าไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งจากการประเมินศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ ทำให้ทราบถึงการบริหารจัดการพลังงานแสงอาทิตย์ของค่ายทหารมณฑลทหารบกที่ 13 อ.เมือง จ.ลพบุรี ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้ได้อย่างยั่งยืน อีกทั้งสามารถพึ่งพาตนเองด้านไฟฟ้า ช่วยลดรายจ่ายด้านไฟฟ้า ช่วยเหลือประชาชนในบริเวณข้างเคียงของค่ายฯ และที่สำคัญช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม โดยสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก [25] จากการติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 413.25 ตัน Co_2/ปี [26] อีกด้วย

บทสรุป

จากภาพรวมของการศึกษาวิจัย การบริหารจัดการพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของกองทัพบก กรณีศึกษา โครงการติดตั้ง

ระบบโซล่าเซลล์ ณ ค่ายทหารมณฑลทหารบกที่ 13 อ.เมือง จ.ลพบุรี ในโครงการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา และการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ชุดปั๊มสูบน้ำแปลงเกษตร โครงการทหารพันธุ์ดี ได้ข้อค้นพบที่สำคัญคือ เกิดประโยชน์ต่อกองทัพบกได้อย่างคุ้มค่า และมีประสิทธิภาพ สมควรที่จะนำไปจัดทำในค่ายทหารมณฑลทหารบกอื่น ๆ ในกองทัพบก ซึ่งจะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าในแต่ละปีได้อย่างชัดเจน และประการสำคัญสามารถแก้ไขปัญหาหนี้ค่าไฟฟ้ากับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายที่เป็นปัญหาเรื้อรังของกองทัพบกได้อย่างตรงจุด รวมทั้งหากกองทัพบกมีการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ณ ค่ายทหารทุกหน่วยแล้ว ปริมาณไฟฟ้าที่เหลือจากการใช้ภายในค่ายทหารสามารถนำไปจัดทำวิสาหกิจเพื่อสังคมให้แก่ชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณ รอบ ๆ ค่ายทหารในด้านการจัดหาไฟฟ้าราคาถูก และจัดทำระบบสูบน้ำ เพื่อการเกษตร ทำให้เกิดความสัมพันธ์ที่แน่นแฟ้นระหว่างทหารกับประชาชนได้เป็นอย่างดีอีกด้วย จัดว่าเป็นการบริหารจัดการพลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพ สามารถเสริมสร้างความมั่นคงให้แก่กองทัพบก และประเทศชาติได้อย่างยั่งยืนในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ [อินเตอร์เน็ต]. รายงานผลการพัฒนาประเทศในรอบ 5 ปี (พ.ศ. 2557 – พ.ศ. 2561). [เข้าถึงเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ 2562]. เข้าถึงได้จาก:https://www.nesdb.go.th/ewt_news.php?nid=8639&filename=index

[2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย [อินเตอร์เน็ต]. นนทบุรี:การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย; 2561 [ปรับปรุงเมื่อ 1 มกราคม 2561; เข้าถึงเมื่อ 23 มกราคม 2562]. เข้าถึงได้จาก:https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=363&I%09temid=217

[3] พิพัฒน์ นนทนาธรณ์, และคณะ. 2550. โครงการวิจัยเชิงบูรณาการเพื่อศึกษาโครงสร้างระบบพลังงานทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย. กรุงเทพฯ:สภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

[4] กระทรวงพลังงาน [อินเตอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ:สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน; 2561. [ปรับปรุงเมื่อ 26 ตุลาคม 2561; เข้าถึงเมื่อ 3 มกราคม 2562]. เข้าถึงได้จาก:http://www.eppo.go.th/index.php/th/informationservices/ct-menu-item-56?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1

[5] กระทรวงพลังงาน [อินเตอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ:สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน; 2559. [ปรับปรุงเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2559; เข้าถึงเมื่อ 3 มกราคม 2562]. เข้าถึงได้จาก:http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb/aedp

[6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [อินเตอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ:กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน; 2561. [ปรับปรุงเมื่อ 20 มกราคม 2561; เข้าถึงเมื่อ 3 มกราคม 2562]. เข้าถึงได้จาก:http://webkc.dede.go.th/testmax/

[7] ศิวพงศ์ จำรัสพันธุ์, และคณะ. 2550. การพัฒนาโจทย์วิจัยและข้อเสนอโครงการวิจัยเรื่องพลังงานทางเลือกเพื่อการพึ่งพาตนเองในชุมชน. ม.ป.ท.: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

[8] Ali, M. Eeshad. 2002. Energy Consumption Pattern in Rural Bangladesh-the Opportunity for New Zealand a Household Survey. New Zealand: Massey University.

[9] อภิชิต เทอดโยธิน. 2553. การจัดการพลังงานคืออะไร. ใน 50 บทความ เพื่อการฉลอง 50 ปี แห่งการก่อตั้งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มจธ. กับงานวิชาการ: พลังงานสิ่งแวดล้อม ระบบวิทยาศาสตร์โลก. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[10] รัฐฐาน์ ฤทธิเกริกไกร. 2546 [อินเตอร์เน็ต]. การจัดระบบการจัดการพลังงาน. [เข้าถึงเมื่อ 7 มกราคม 2562]. เข้าถึงได้จาก:http://www.teenet.chiangmai.ac.th

[11] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [อินเตอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ:กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน; 2561. [ปรับปรุงเมื่อ 20 มกราคม 2561; เข้าถึงเมื่อ 3 มกราคม 2562]. เข้าถึงได้จาก :http://www.dede.go.th/more_news.php?cid=126&filename=solar_energy

[12] Dincer,I. and Rosen, M.A. 2007. Exergy. Oxford: Elsevier.

[13] นครินทร์ รินพล [อินเตอร์เน็ต]. คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์. [เข้าถึงเมื่อ 15 มกราคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://e-lib.dede.go.th/mm-data/BibA11106%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%87%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%97%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%A2%E0%B9%8C59.pdf

[14] International Energy Agency. Technology Roadmap Solar Photovoltaic Energy. 2014.

[15] สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย [อินเตอร์เน็ต]. พลังงานแสงอาทิตย์. [เข้าถึงเมื่อ 4 มกราคม 2562] เข้าถึงได้จาก:http://www.reca.or.th

[16] มณฑลทหารบกที่ 13 อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

[17] ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์, โสภิตสุดา ทองโสภิต. การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม –ธันวาคม) 2558.

[18] เรื่องเดียวกัน

[19] เรื่องเดียวกัน

[20] เรื่องเดียวกัน

[21] เรื่องเดียวกัน

[22] เรื่องเดียวกัน

[23] เรื่องเดียวกัน

[24] เรื่องเดียวกัน

[25] กลไกลดก๊าซเรือนกระจก [อินเตอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ:กลไกลดก๊าซเรือนกระจก; 2562 [ปรับปรุงเมื่อ 1 มกราคม 2562; เข้าถึงเมื่อ 23 มกราคม 2562]. เข้าถึงได้จาก:http://ghgreduction.tgo.or.th/t-ver/ 2562

[26] กลไกลดก๊าซเรือนกระจก [อินเตอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ:กลไกลดก๊าซเรือนกระจก; 2560 [ปรับปรุงเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2560; เข้าถึงเมื่อ 20 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://ghgreduction.tgo.or.th/24-t-ver/t-ver/t-ver-news-and-activities/292-thailand-grid-emission-factor-for-ghg-reduction-project-activity.html

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นายพัฒนเศรษฐ์ จังคศิริ

วัน เดือน ปี เกิด 2 มิถุนายน 2509

ประวัติสำเร็จการศึกษา

พ.ศ 2535	วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิตและประกาศนียบัตรชั้นสูง (วิศวกรรมเคมี) อิมพีเรียลคอลเลจแห่งมหาวิทยาลัยลอนดอน, สหราชอาณาจักร
พ.ศ 2548	บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (การจัดการ) สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการทำงาน

พ.ศ 2559 – 2560	รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ บริษัท โกลบอล เพาเวอร์ ซินเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน)
พ.ศ 2558 - 2559	ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ กลุ่มโครงสร้างพื้นฐาน บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

ตำแหน่งปัจจุบัน

ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ กลุ่มเทคโนโลยีและวิศวกรรม
บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)