การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

The Assessment in Reducing Greenhouse Gas Emission and Economical Worthiness of Solar Farm in Chulachomklao Royal Military Academy

การุณย์ ชัยวณิชย์[1]*, พุทธดี อุบลศุข[2], และมนตรี สังข์ทอง[3]

[1]กองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
[2]วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
[3]สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
* E-mail: kchaivanich@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน และประเมินทางความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขนาด1500 กิโลวัตต์ภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ผลการศึกษาสรุปได้ว่า สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมดประมาณ 2.73 GWh/ปี และสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 1549 tCO_2e /ปี เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า มีอัตรามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่อัตราดอกเบี้ย 5% ต่อปีเท่ากับ 6,646,610.37 บาทและมีค่าอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio: B/C Ratio) เท่ากับ 1.05 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 โครงการนี้มีความคุ้มค่าที่ลงทุนและมีระยะเวลาคืนทุนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินประมาณ 12.3 ปี

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์ ก๊าซเรือนกระจก ติดตั้งบนพื้นดิน กรณีฐาน

Abstract

This research aims to assessment in reducing greenhouse gas emission by solar farm and in economical worthiness of 1500 kilowatts solar farm of Chulachomklao Royal Military Academy. The result summarized that, electric was generated totally 2.73 GWh/year approximately and reduced greenhouse gas emission about 1549 tCO_2e/year. If considering in economical, found that, there was Net Present Value (NPV) at 5% a year or 6,646,610.37 Baht, and Benefit-

cost ratio: B/C Ratio value was 1.05, which larger than 1, indicated that this project was worthwhile and payback period of this solar farm project was 12.3 years

Keywords: Solar Call, Green House Gas, Solar Farm, Baseline Emission

บทนำ

ในสภาวะปัจจุบันทั่วโลกได้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมากในหลายทวีปทั่วโลก และพลังงานไฟฟ้าที่นำมาใช้ตั้งแต่อดีตก็เป็นพลังงานที่มาจากวัตถุดิบที่นำมาใช้แล้วหมดไปและทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (IPCC The National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006) พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตประชากรมีจำนวนมากขึ้นความต้องการพลังงานก็เพิ่มขึ้น ภาครัฐได้มีนโยบายในการลดและประหยัดการใช้พลังงานในทุกภาคส่วนซึ่งจะช่วยลดการพึ่งพาด้านพลังงานจากต่างประเทศและสนับสนุนการผลิตพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ไบโอดีเซล แก๊สโซฮอล์ และก๊าซชีวภาพ (จารินี ม้าแก้ว, 2552) จากสถานการณ์การใช้พลังงานทดแทนเพื่อการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปัจจุบันมีแนวโน้มการใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยพลังงานทดแทนต่าง ๆ ถือเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานทดแทน หมายถึง พลังงานที่ใช้ทดแทนพลังงานจากฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งนับวันมีแต่จะลดปริมาณลงเรื่อย ๆ โดยในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้ากว่าร้อยละ 90 ใช้พลังงานต่าง ๆ เหล่านี้ และถือเป็นตัวการหนึ่งของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซค์จำนวนมหาศาลซึ่งเป็นสภาวะหนึ่งของโลกร้อน (เกริกรัฐ ตั้งวงษ์อุทัย, 2559)

กองทัพบกมีหน่วยงานขึ้นตรงต่อสายการบังคับบัญชาอยู่เป็นจำนวนมาก สามารถแบ่งแยกออกตามพื้นที่ความรับผิดชอบทั่วประเทศ ทำให้มีอัตราการบริโภคพลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูง ซึ่งในปัจจุบันการไฟฟ้าฯ ได้คิดค่าบริการการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนเป็นแบบอัตราตามช่วงเวลาการใช้ (Time of Use :TOU) ซึ่งปรับเปลี่ยนส่วนราชการและหน่วยงานไม่แสวงหากำไร ให้จัดเข้าอยู่ในกลุ่มประเภทธุรกิจและกิจการขนาดเล็กแทนซึ่งจะแบ่งการคิดค่าไฟฟ้าตามอัตราที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าตามแบบการทำงานของหน่วยงานภาคเอกชนได้ จึงมุ่งเน้นทางด้านการใช้พลังงานทดแทนเพื่อลดค่าพลังงานไฟฟ้ารายวันในช่วงที่ระบบมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้ามาก (On peak) และที่สำคัญต้องเป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้า ที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับสำนักงานและอุปกรณ์ที่มีความสำคัญได้โดยไม่ต้องพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากหน่วยงานภาครัฐ หรือเอกชนอื่น ๆ ในกรณีเกิดความไม่มั่นคงภายในประเทศหรือยามสงคราม (วิรัตณ์ พิชิตกุญชร และกีรติ ชยะกุลคีรี, 2561)

โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า เป็นหน่วยบังคับบัญชาขึ้นตรงกับกองทัพบก มีภารกิจหลักในการให้การศึกษา อบรม และดำเนินการฝึกนักเรียนนายร้อย ซึ่งโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าเป็นหน่วยงานหนึ่งที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจกรรมการเรียนการสอนค่อนข้างสูง และโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในหน่วยงานด้านความมั่นคงมีขนาดกำลังการติดตั้งรวม 1500 กิโลวัตต์ต่อเข้าสู่ระบบจำหน่ายสายส่งของโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าเพื่อใช้เองภายในหน่วยงาน โดยทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์

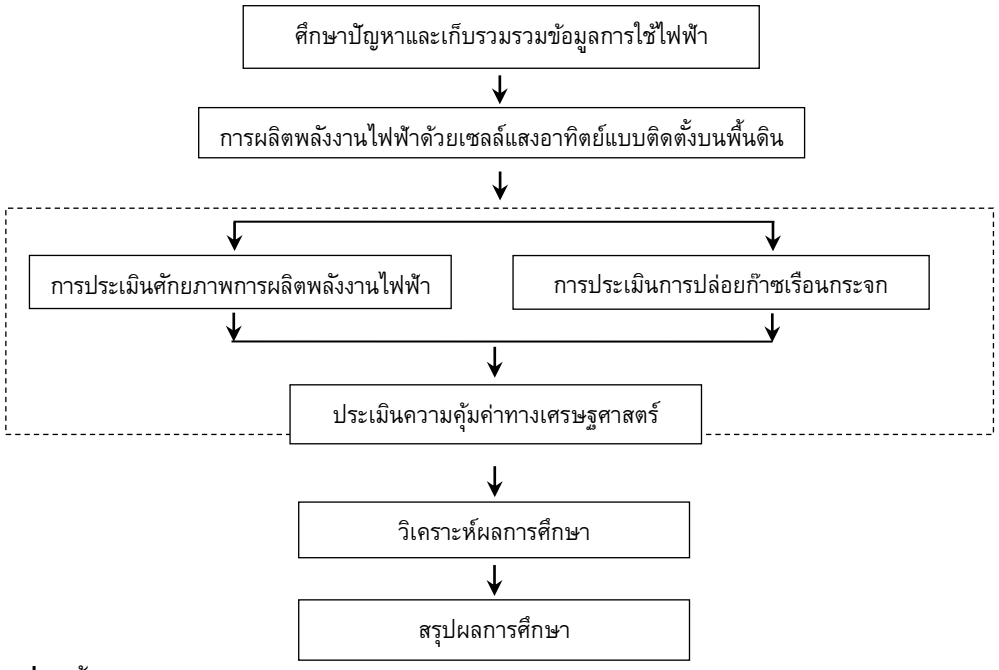
แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน (Solar Farm) โดยการผลิตไฟฟ้าได้ถูกใช้ภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าทั้งหมด (ไม่มีการไหลย้อนออกไปภายนอก) ซึ่งหมายถึงโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าเองได้มีส่วนช่วยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาโลกร้อนได้เช่นกัน โดยระบบพลังงานทดแทนที่จะนำมาดำเนินการติดตั้งนั้น กำลังพลประจำหน่วยจะต้องสามารถใช้งานได้ง่ายไม่ยุ่งยาก และสามารถตรวจสอบซ่อมแซมอุปกรณ์เบื้องต้นได้ ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นับเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นระบบการผลิตไฟฟ้าแบบพลังงานหมุนเวียนซึ่งเป็นการสอดคล้องกับนโยบายพลังงานทดแทนของกองทัพบก

วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน โดยประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าและวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้านก๊าซเรือนกระจกและประเมินทางความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่มีขนาด 1500 กิโลวัตต์ ภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนวิธีการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า โดยมีรายละเอียดของการศึกษาดำเนินการวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนดำเนินการศึกษาวิจัย

การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน เป็นการเชื่อมโยงแบบระบบสายส่ง ของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน มีองค์ประกอบหลัก ดังนี้ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Poly Crystalline Silicon) และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อสายส่งจะต้องมีคุณสมบัติในการสร้างไฟฟ้ากระแสสลับที่มีลักษณะรูปคลื่นที่ออกมาแบบ sine wave และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสามเฟส (Grid-connected or Grid tied inverter) ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV array) ระบบจำหน่าย (grid) และภาระไฟฟ้า (AC loads) โดยรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งมีความถี่ และแรงดันเดียวกับระบบจำหน่าย และมีส่วนประกอบอื่น ๆ ตามมาตรฐานไฟฟ้า ได้แก่ กล่องฟิวส์ อุปกรณ์จับยึดแผง ตู้รวมสาย ระบบป้องกันฟ้าผ่า เบรคเกอร์ สายส่งไฟฟ้า

การเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายสามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายหลักโดยตรง ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินของโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้านี้ สามารถใช้ได้กับระบบ 3 เฟส เพื่อให้ป้อนกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ระบบจำหน่ายได้สูงสุดเสมอ โดยระบบนี้มีลักษณะการทำงานตามหน้าที่ ดังนี้

1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนโครงสร้างรองรับแผงผลิตไฟกระแสตรงเมื่อได้รับแสงจากดวงอาทิตย์

2) กระแสไฟที่ถูกผลิตออกมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกรวบรวมไว้ที่อินเวอร์เตอร์

3) อินเวอร์เตอร์จะทำการแปลงไฟฟ้ากระแสตรง ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งจะ synchronizeกับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า 230โวลต์ /400โวลต์ และสามารถบันทึกข้อมูลการทำงานได้

4) เมื่อเกิดเหตุขัดข้องกับระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ หรือระบบใช้งานที่เกี่ยวข้อง การเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจะถูกตัดลงโดยอุปกรณ์ป้องกันของระบบไฟฟ้า (รีเลย์ป้องกันของอินเวอร์เตอร์) โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในโครงการได้ผ่านการพิจารณาตามข้อกำหนดสำหรับอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าประเภทเชื่อมต่อกับโครงข่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน

ข้อมูลการติดตั้งและการเชื่อมต่อระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีขนาด 195 x 99 มิลลิเมตร มีกำลังการผลิตไฟฟ้า 300 วัตต์จำนวน 4,977 แผง เครื่องแปลงกระแสอินเวอร์เตอร์ขนาด 25 กิโลวัตต์ แรงดันไฟฟ้า 220/380 โวลต์ 3 เฟส มีประสิทธิภาพร้อยละ 15.1 จำนวน 60 ตัว มีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวม 1500 กิโลวัตต์ ประสิทธิภาพร้อยละ 98 พร้อมอุปกรณ์ป้องกัน ส่วนพื้นที่การติดตั้งทั้งหมด 960,809 m^2 โดยตำแหน่งของเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศใต้ และโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ตั้งอยู่ในละติจูดที่ 14.300175 และลองติจูดที่ 101.161825 และแผงเอียงทำมุมที่ 16 องศา แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 4,977 แผง ได้ถูกออกแบบให้ติดตั้งบนพื้นดิน ดังแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3 พื้นที่และตำแหน่งสำหรับติดตั้งชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนพื้นดิน

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนพื้นดิน

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี 2558 โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานนั้นจะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบสายส่งโดยคิดเป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียนที่นำไปทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐานและกรณีที่ดำเนินโครงการดังแสดงในสมการที่ (1) ในงานวิจัยนี้เป็นกิจกรรมที่เข้าข่ายการคำนวณตามระเบียบวิธีการการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งหรือจำหน่าย พลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบสายส่ง (on-grid renewable electricity generation) ซึ่งพัฒนามาจากกลไกการพัฒนาที่สะอาด (clean development mechanism, CDM) ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังแสดงในสมการ (2) (อ้างอิงจากT-VER-METH-AE-01) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559)

$$BE_y = BE_{EG,y} = (EG_{Pj,y} \times 10^{-3}) \times EF_{grid} \quad (1)$$

โดยที่ BE_y ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y (tCO_2/year) $BE_{EG,y}$ คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบโครงข่ายไฟฟ้า (grid) ในปี y (tCO_2/year); $BE_{Pj,y}$คือ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในปี y

(kWh/ปี); EF_{grid} คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของระบบโครงข่ายไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน

ทำการประเมินโดยพิจารณาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้ ในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจก (CO_2)ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ (2) (อ้างอิงจากT-VER-METH-AE-01) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559)

$$BR_y = BE_y - PE_y \quad (2)$$

โดยที่ BR_y คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (greenhouse gas emission reduction) จากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2/year$); BE_y คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐานหรือปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นถ้าไม่ได้มีการดำเนินโครงการ (baseline emission) ในปี y ($tCO_2/year$) ; PE_y คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ในกรณีที่ดำเนินโครงการ (project emission) ในปี y ($tCO_2/year$)

ประมาณการไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนพื้นดิน

การดำเนินโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน ที่มีกำลังการผลิตขนาด 1500 kW สอดคล้องกับระเบียบวิธีการ T-VER-METH-AE-01 Version 01 ซึ่งเป็นการผลิตไฟฟ้าเพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งบางส่วนหรือทั้งหมดหรือเป็นการผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าระบบสายส่ง เป็นโครงการที่มีกิจกรรมการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนซึ่งเป็นพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง ดังนั้น การประมาณการไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบจะประมาณการจากกำลังการติดตั้งและชั่วโมงการทำงาน แสดงดังสมการที่ (3) (อ้างอิงจากT-VER-METH-AE-01) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559)

$$EG_{PJ,y}\,(kWh/year) = \text{Net Power}\ (kW) \times \text{Work hour} \quad (3)$$

โดยที่ Net Power คือ กำลังการผลิตติดตั้งของระบบ (กิโลวัตต์), Work hour คือ ชั่วโมงที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ในปีที่พิจารณา (ชั่วโมง; 5 ชั่วโมง/วัน จำนวน 365 วัน)

ดังนั้น สัดส่วนปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งของการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินของอินเวอร์เตอร์ มีการใช้พลังงานภายในตัวเองและมีการแปลงค่าพลังงานให้อยู่ในช่วง 230-400 V ดังนั้นระบบจึงไม่มี Transformer ในการแปลงค่าพลังงาน เมื่อคำนวณสัดส่วนการใช้พลังงานจากระบบสายส่งที่ใช้ในการดำเนินโครงการต่อการผลิตพลังงานทั้งหมดในปี y จะได้ค่าสัดส่วน แสดงดังสมการที่ (4) (อ้างอิงจากT-VER-METH-AE-01) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559)

$$\text{ค่าสัดส่วนการใช้พลังงาน} = \frac{1\,W \times 24\ hours \times 365\ days}{2500W \times 5\ hours \times 365\ days} \times 100\% = 0.02\% \quad (4)$$

คำนวณสัดส่วนปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งที่ใช้ในการดำเนินโครงการต่อการผลิตพลังงานทั้งหมดในปี y จะเท่ากับ 0.02% ซึ่งน้อยกว่า1%

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนพื้นดิน

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน พิจารณาจากต้นทุนของระบบฯ ค่าบำรุงรักษาระบบ และผลประโยชน์จากการดำเนินโครงการ ตัวชี้วัดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio: B/C Ratio) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PP) ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลจำเพาะทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ดังนี้

(1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) หมายถึง ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน โดยใช้อัตราคิดลด (discount rate) ตัวใดตัวหนึ่งมาปรับมูลค่าของกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาให้มาอยู่ที่จุดเดียวกัน และเป็นการคำนวณกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นตลอดอายุโครงการ ดังแสดงสมการที่ (5)

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{CF_t}{(1+R)^t} \quad (5)$$

โดยที่ NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทนของโครงการ CF = มูลค่าผลตอบแทนในปีที่ t , R = อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ย, t =ปีของโครงการ คือ ปีที่ 0,1,2,3,..., n , n = อายุของโครงการ

(2) อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio: B/C Ratio) อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนคือ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมหารด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ที่มีการปรับค่าเวลาให้เป็นปัจจุบันแล้ว ผลตอบแทนจะเกิดขึ้นตลอดอายุของโครงการ นำเอากระแสผลตอบแทนและกระแสต้นทุนของโครงการที่ได้ทำการปรับเป็นมูลค่าปัจจุบันแล้ว นำมาเปรียบเทียบหาอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) เพื่อหาค่าความเหมาะสมต่อการลงทุน แสดงดังสมการที่ (6)

$$B/C\ \text{Ratio} = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{Ct}{(1+i)^t}} \quad (6)$$

B/C Ratio = อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน, i = เป็นอัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ย, Ct = ต้นทุนสุทธิของโครงการในปีที่ t, Bt = ผลตอบแทนสุทธิในปีที่ t, t =ปีของโครงการ คือ ปีที่ 0,1,2,3,..., n n = อายุของโครงการ

(3) ระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period: PB) หมายถึง ระยะเวลาที่กระแสเงินสดรับสะสมเท่ากับเงินที่ลงทุนไป เป็นตัวชี้วัดที่ใช้บอกสภาพความเสี่ยงของโครงการได้ โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นจะมีความเสี่ยงต่ำกว่าโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนยาว กระแสเงินสดสุทธิที่ได้รับจากโครงการในสมการที่ (5) สามารถคำนวณ ดังสมการที่ (7)

$$CF_y = S_y - OM_y - Inv_y \quad (7)$$

y = ดัชนีชี้เลขปีในช่วงเวลาของโครงการ (ปี) y = 1, 2, 3,...,n, CF_y = กระแสเงินสดสุทธิที่เจ้าของได้รับในปีที่ t (บาท/ปี), S_y = ผลประหยัดค่าไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ ในปีที่ y (บาท/ปี), OM_y = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาในปีที่ y (บาท/ปี), Inv_y = เงินลงทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในปีที่ y (บาท/ปี)

ผลการวิจัย

จากการดำเนินการศึกษาวิจัยได้ผลการศึกษาต่าง ๆ ดังนี้ ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน มีปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าสุทธิจากการดำเนินโครงการในแต่ละปี y เท่ากับ 2,737,500 kWh/year (2558-2561) ดังแสดงตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลปริมาณผลิตไฟฟ้าสุทธิจากการดำเนินโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน

รายละเอียด	ค่า	แหล่งข้อมูล
Net Power Output (Solar Farm)	1500 kW	Project Document Design
จำนวนชั่วโมงทำงาน/ปี	1,825 ชั่วโมง/ปี	คำนวณจากจำนวนชั่วโมงทำงาน 5 ชั่วโมง/วัน จำนวนวันทำงาน 365 วัน/ปี
ปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าสุทธิจากการดำเนินโครงการ	2,737,500 kWh/year	คำนวณจากสมการที่ (3)

ผลการประเมินการลดก๊าซเรือนกระจกของการพลังงานผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นดิน

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี 2558 โดยปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าสุทธิจากการดำเนินโครงการในปี y เท่ากับ 2,737,500 kWh/year สำหรับโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 0.5664 (tCO_2/kWh) (อ้างอิงจากค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2557) และสมมติให้มีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาที่พิจารณา ในงานวิจัยนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ในกรณีที่

ดำเนินโครงการ มีค่าเท่ากับ 0 เนื่องจากไม่มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ ศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน สามารถช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 1549 (tCO_2/year) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

พารามิเตอร์	ความหมาย	หน่วย	ค่า
BR_y	การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี y	tCO_2/year	1549
BE_y	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y	tCO_2/year	1549

ดังนั้นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในแต่ปี y เท่ากับ 1549 tCO_2/year (2558-2561)และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละปี y โดยเฉลี่ยที่คาดว่าจะลดได้เท่ากับ 1549 tCO_2/year (2558-2561)

ผลการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

ข้อมูลเบื้องต้นของการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน จากการสัมภาษณ์วิศวกรที่ควบคุมระบบและเก็บรวบรวมข้อมูล เอกสารที่อ้างอิงจากกระทรวงพลังงาน สามารถแสดง ปริมาณการผลิตและการใช้ไฟฟ้า จำนวนแผง ค่าบำรุงรักษา อายุการใช้งานชั่วโมงการทำงาน เงินลงทุนโครงการ ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ต่อปีของการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมมติฐานข้อมูลจำเพาะทางด้านเศรษฐศาสตร์

รายการ	ค่าที่ใช้
จำนวนแผง Solar Call	4,977 แผง
อัตราดอกเบี้ยธนาคาร (i)	5 %
อายุโครงการ (n)	20 ปี (European Commission, 2005)
อัตราการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	0.5% ต่อปี (Limmanee et al., 2016)
ค่าบำรุงรักษา	1,136,626 บาทต่อปี (Koner, Dutta & Chopra, 2000)
เงินลงทุนในโครงการ	113,662,600 ล้านบาท
ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	4.12 บาท/กิโลวัตต์
ปริมาณไฟฟ้าประหยัดได้ ต่อปี *	2,737,500 กิโลวัตต์/ปี

จากข้อมูลในตารางที่ 3 เมื่อนำมาคำนวณหาผลประโยชน์ที่ได้จากการประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปีและค่าบำรุงรักษาระบบต่อปี

1) ผลประโยชน์ที่ได้จากการประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปี คือ ผลต่างค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าระหว่างระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ผลประโยชน์จากการประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปี = ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี x ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

= 2,737,500 X 4.12

= 11,278,500 บาทต่อปี

2) ค่าบำรุงรักษาระบบต่อปี 1,136,626 บาทต่อปี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคุ้มค่าของการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์ ได้ดังแสดงตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลที่ใช้ในความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

ข้อมูล	NPV (บาท)	BRC	PB (ปี)
การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน	6,646,610.37	1.05	12.3

ผลจากการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่อัตราดอกเบี้ย 5% ต่อปี พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นรายจ่ายเท่ากับ 6,646,610.37 บาท แสดงให้เห็นว่าคุ้มค่าที่จะลงทุนผลจากการคำนวณอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนที่อัตราดอกเบี้ย 5 %ต่อปี พบว่า ผลจากการคำนวณอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนที่อัตราดอกเบี้ย 5 %ต่อปี พบว่ามีค่าอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio: B/C Ratio) เท่ากับ 1.05 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 โครงการนี้คุ้มค่าที่จะลงทุน (จากเกณฑ์ที่กำหนด ว่าถ้าBCR ≤ 1 โครงการนี้เป็นโครงการสมควรจะลงทุน) และระยะเวลาคืนทุนของโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินนี้ เท่ากับ 12.3 ปี

อภิปรายผลการวิจัย

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินที่มีขนาด 1500 กิโลวัตต์ภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 2,737,500 kWh/ปี และสามารถช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปของการลดก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 1549 tCO_2e/ปี เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์พบว่า โครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยมีอัตรามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่อัตราดอกเบี้ย 5% ต่อปีเท่ากับ 6,646,610.37 บาท และมีอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio: B/C Ratio) เท่ากับ 1.05 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 โครงการนี้คุ้มค่าที่จะลงทุน (จากเกณฑ์ที่กำหนดว่าถ้า BCR ≤ 1 โครงการนี้เป็นโครงการ

สมควรจะลงทุน) และมีระยะเวลาคืนทุนของโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินประมาณ 12.3 ปี

ในการดำเนินมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกเชิงเดียวจากติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน (Solar Farm) หากต้องการพลังงานไฟฟ้าเพียง 1 เมกะวัตต์ต้องใช้พื้นที่ในการตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์มากถึง 13 ไร่ การติดตั้งบนพื้นดินนั้นอาจต้องเสียพื้นที่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นหากโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าต้องการที่ลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคการใช้ไฟฟ้าอาจจะต้องดำเนินการโดยใช้แนวทางการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำ (Floating Solar Farm) ควบคู่ไปด้วย เนื่องจากโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้ามีพื้นที่กักเก็บน้ำจำนวนมากและคุณสมบัติทางเทคนิคด้านประสิทธิภาพการทำงานของแผงเซลล์เซลล์แสงอาทิตย์จะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง ซึ่งการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนน้ำซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าบนดิน จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้มีค่าใช้จ่ายด้านโครงสร้างและอุปกรณ์ต่าง ๆ ลดลง (บริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด มหาชน, 2560) โดยหากเปรียบเทียบพื้นที่ติดตั้งโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำขนาด 1500 กิโลวัตต์ จะใช้พื้นที่ประมาณ 15 ไร่หรือ 0.024 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่กักเก็บน้ำทั้งหมดของโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้ามีขนาดประมาณ 0.1 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นสัดส่วนประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เก็บน้ำทั้งหมด และสามารถส่งผลช่วยให้คุณภาพน้ำดีขึ้นจากการลดการเติบโตของพืชน้ำ เช่น สาหร่ายและพืชดอก ซึ่งทำให้เกิดสารพิษในแหล่งน้ำ และช่วยลดการระเหยของน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าซึ่งได้ให้ข้อมูลและข้อคิดเห็นต่าง ๆ และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาตรวจสอบให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงต้นฉบับบทความดังกล่าวนี้

เอกสารอ้างอิง

เกริกรัฐ ตั้งวงษ์อุทัย. (2559). การอนุรักษ์พลังงานในครัวเรือน โดยใช้ระบบการจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอน กรณีศึกษาชุมชนบ้านสาลวัน ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม. ใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินต์, *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินต์ ครั้งที่ 1 เรื่องนวัตกรรมอาคาร (Building Innovation : B-inno2016)* (หน้า 296-304). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินต์.

จารินี ม้าแก้ว. (2552). การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 4* (1), 18-26.

วิรัตณ์ พิชิตกุญชร และกีรติ ชยะกุลคีรี. (2561). การออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 29* (1), 25-35.

บริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด มหาชน. (2560). *รายงานประจำปี 2560 ของบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด มหาชน : SCG.* กรุงเทพฯ: บริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด มหาชน.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2559). *ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งหรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบสายส่ง (T-VER-METH-AE-01)*. กรุงเทพฯ: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน).

IPCC The National Greenhouse Gas Inventories Programme. (2006). *2006 IPCC Guidlines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japan: The Institute for Global Environmental Strates (IGES).

Koner, P.K., Dutta, V. & Chopra, K.L., (2000). A comparative life cycle energy cost analysis of photovoltaic and fuel generator for load shedding application, *Solar Energy Materials Solar Cells, 60*,309-322.

European Commission. (2005). A Vision for photovoltaic technology. Luxemburg: European Commission official publications.

Limmanee, A., Udomdachanut, N., Songtrai, S., Kaewniyompanit, A., Sato, Y., Nakaishi, M., Kittisontirak, S., Sriprapha, K. & Sakamoto,Y. (2016). Field performance and degradation rates of different types of photovoltaic modules: Acase study in Thailand, *Renew Energ, 89,* 12-17.