

ผลกระทบจากภัยธรรมชาติต่อการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินในประเทศไทย

Impact of natural disaster on solar farms in Thailand

ชัยพร สุภาพิตานุกุล¹ สถาปนิก อัจฉิมากล² ยชญ์สุธา วิชัยชนพัฒน์³ อรุณยุพา บัชรทรัพย์⁴
เพ็ญศิริ ดวงศรีแก้ว⁵ สุธีรัตน์ สอนเพชร⁶ สาธิตา สุภาพิตานุกุล⁷ จงจิตร หิรัญลาภ⁸

บทคัดย่อ

ประเทศไทยตระหนักเรื่องพลังงานในอนาคต โดยมีนโยบายและมอบหมายให้สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ซึ่งเป็นองค์กรที่สร้างความสมดุลให้พลังงานไทย เป็นผู้พิจารณาในการให้ใบอนุญาตกับเอกชน เพื่อการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน สำหรับการผลิตไฟฟ้าขายเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย มีการสนับสนุนค่าตอบแทน หรือ ADDER โดยเฉพาะโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน (โซลาร์ฟาร์ม) เพื่อเปิดโอกาสให้กับกลุ่มเอกชนที่สนใจมาลงทุนในธุรกิจนี้ แต่จากผลกระทบของน้ำท่วมที่เกิดขึ้น เป็นระยะเวลาหกเดือนนั้น ทางมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยได้มีการประเมินมูลค่าความเสียหายไว้ถึง 156,700 ล้านบาท การดำเนินงานธุรกิจโซลาร์ฟาร์มผู้ลงทุน จึงควรคำนึงถึงปัจจัยในการป้องกันเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด โดยการประกันภัย เพื่อถ่ายโอนความเสี่ยงภัยจากภัยพิบัติในสถานที่ตั้ง และยังต้องมีการวางแผนค่าใช้จ่ายให้ครอบคลุมก่อน ถึงจุดคุ้มทุน ในปี 4-1/2 เป็นต้นไป การเก็บข้อมูลผลกระทบ เพื่อนำมาพิจารณาวางแผนคาดการณ์ล่วงหน้าในการลงทุน และจุดคุ้มทุนของธุรกิจโซลาร์ฟาร์มในประเทศไทย เพื่อสำหรับการวางแผนทำเลที่ตั้งโซลาร์ฟาร์มในที่โล่งแจ้ง ตากแดด ตากฝน จึงควรคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ นี้ เพื่อลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ และสามารถใช้งานต่อเนื่องได้ ประมาณ 25 ปี

คำสำคัญ: แผงโซลาร์เซลล์ ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน พลังงานทดแทน ความเสี่ยงในการลงทุน

¹ อาจารย์ชัยพร สุภาพิตานุกุล สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี chaiporn.sup@gmail.com
² อาจารย์สถาปนิก อัจฉิมากล สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี a.sathapanik@hotmail.com
³ อาจารย์ยชญ์สุธา วิชัยชนพัฒน์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี ake_ittipat@hotmail.com
⁴ อาจารย์อรุณยุพา บัชรทรัพย์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี arunyupa.b@ptu.ac.th om
⁵ อาจารย์เพ็ญศิริ ดวงศรีแก้ว สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี ajpensiri.ptu@gmail.com
⁶ นักวิจัยสุธีรัตน์ สอนเพชร สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี juneturk15@gmail.com
⁷ นักวิจัยสาธิตา สุภาพิตานุกุล บริษัท แกรนด์แคมป์ จำกัด sathita.sup@gmail.com
⁸ ศาสตราจารย์ ดร. จงจิตร หิรัญลาภ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี jongjit.hirunlabh@hotmail.com

Abstract

As Thailand is aware of energy in the future, The Thai government assigned the Office of the Energy Regulatory Commission (ERC) to consider giving licenses to private sectors to generate electricity from renewable energy for commercial electricity generation in Thailand. ERC has promoted compensation or ADDER, especially for ground-mounted solar power generation (solar farms) in order to provide opportunities for private groups interested in investing in this business. However, due to the impact of flooding in Thailand for six months, the University of the Thai Chamber of Commerce estimated the damage at 156,700 million baht. To prevent unexpected events, we should take into account insurance factors for business operations of solar farms. Also, investors should be required to transfer disaster risks. Investors must also plan their expenses before reaching the break-even point for the 4th year onwards and collecting impact data to consider forward-looking investment and break-even points of solar farm business in Thailand. It is recommended that solar farms should be installed in location at low risk of natural disasters so that it can be used continuously for about 25 years.

Keyword: Solar Cell, Solar Farms, Renewable energy, Investment risk.

ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

มหาอุทกภัยจากภัยน้ำท่วมที่รุนแรงในประเทศไทย พ.ศ.2554 ส่งผลกระทบต่อบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและลุ่มแม่น้ำโขง เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนกรกฎาคมและสิ้นสุด เมื่อวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2555 มีราษฎรได้รับผลกระทบกว่า 12.8 ล้านคน ธนาคารโลกประเมินมูลค่าความเสียหายสูงถึง 1.44 ล้านล้านบาท ขนาดและขอบเขตของอุทกภัยใน พ.ศ. 2554 บางส่วนอาจถือได้ว่าเกิดขึ้นจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาน้อยในฤดูมรสุม พ.ศ. 2553 ระดับน้ำในเขื่อนทำสถิติต่ำสุด เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 หลักฐานแสดงว่า ตอนต้นฤดูฝน เขื่อนได้กักเก็บน้ำปริมาณมาก เพื่อเป็นน้ำสำรองและป้องกันอุทกภัยในช่วงต้นปี ปริมาณน้ำฝน พ.ศ. 2554 สามารถแสดงได้เห็นโดยปริมาณน้ำที่กักเก็บในเขื่อนภูมิพล น้ำมากกว่า 8,000 ล้านลูกบาศก์เมตรถูกเก็บไว้ในเวลา 3 เดือน จนเขื่อนเต็มความจุ 100 % เมื่อถึงขีดกักเก็บน้ำแล้ว ฝนที่ยังตกลงมาบีบให้ทางการต้องเพิ่มการปล่อยน้ำออกจากเขื่อน แม้จะทำให้เกิดอุทกภัยเพิ่มขึ้น และนำไปสู่การกล่าวหาว่า การบริหารจัดการเขื่อนผิดพลาดในช่วงต้นของฤดูมรสุมนี้ อย่างไรก็ตาม การโต้แย้งกลับมีว่า หากฤดูมรสุม พ.ศ. 2554 สั้น และไม่มีกักเก็บน้ำไว้ในเขื่อนแล้ว หากน้ำลดลงต่ำกว่าระดับดังเช่นเมื่อ พ.ศ. 2553 จะเป็นการบริหารจัดการผิดพลาดเช่นกัน (<https://www.th.wikipedia.org/อุทกภัยในประเทศไทย พ.ศ. 2554 #ปฏิกริยา>)

พลังงานของประเทศไทยในอนาคต จำเป็นต้องเปลี่ยนรูปแบบการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยการปรับเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน ได้แก่ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาแทนที่พลังงานปิโตรเลียม ซึ่งประชาชนจะมีส่วนร่วมในการลงทุน เรียกว่า "ธุรกิจโซลาร์ฟาร์ม" สำหรับการผลิตไฟฟ้าขายเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย แอดเดอะ (ADDER) คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ ต่อมา มีแนวคิดการกำหนดอัตราซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed-in Tariffs (FIT) มาแทนที่การตอบแทนการรับซื้อไฟฟ้าแบบ แอดเดอะ (ADDER) การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทจะมีความเสี่ยงของการดำเนินกิจการที่แตกต่างกัน การผลิตไฟฟ้าจากเทคโนโลยีกลุ่ม



**NMCCON
2021**

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

"สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ"

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

พลังงานธรรมชาติ อันได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานน้ำขนาดเล็ก จะไม่มีต้นทุนในการจัดหาเชื้อเพลิง แต่จะมีความเสี่ยงจากภัย การออกแบบติดตั้ง และการบำรุงรักษา

การออกแบบติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ที่เป็นพลังงานสะอาด เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมบนพื้นดิน โดยการนำแสงแดดมาใช้ประโยชน์ในพื้นที่ว่าง ที่สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 4.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร/วัน เป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการเอกชนเข้ามาลงทุนในธุรกิจโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน ซึ่งแนวโน้มของการเจริญเติบโตของธุรกิจพลังงานแสงอาทิตย์มีเพิ่มขึ้น จากนโยบายการสนับสนุนจากภาครัฐ อย่างไรก็ตามหลังจากน้ำท่วม พ.ศ.2553 การตัดสินใจลงทุนอาจลดลงภายใต้การสำรวจนี้ นักลงทุนอาจหวั่นเกรงแผนการระดมทุนในธุรกิจโซลาร์ฟาร์ม บางกลุ่มได้รับใบอนุญาตมาแล้ว แต่ไม่ได้ดำเนินการธุรกิจนี้ ใบอนุญาตก็จะถูกยกเลิกไป ทำให้ภาคเอกชนมีส่วนร่วมในการลงทุนน้อยลง เนื่องจากความกังวลกับประวัติน้ำท่วมครั้งใหญ่ (Deunden Nikomborirak and Kittipong Ruenthip, 2012)

ดังนั้น งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้หอบยกความเสี่ยงภัยที่อาจเกิดขึ้นกับระบบโซลาร์ฟาร์ม เพื่อให้ผู้สนใจนำมาเป็นข้อมูลในการตัดสินใจทำธุรกิจนี้ โดยความเสียหายลำดับต้นของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีภัยธรรมชาติ หรือภัยพิบัติ เช่น ภัยน้ำท่วม ดังเช่น ปัญหาด้านการจัดการน้ำปี พ.ศ. 2553 กระทบต่อระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าแสงอาทิตย์ ตลอดจนโครงการก่อสร้างโรงงานพลังงานแสงอาทิตย์หยุดชะงัก ผลของน้ำท่วมที่เกิดขึ้นติดต่อกันเป็นเวลาหกเดือน มหาวิทยาลัยหอการค้าไทยได้ประเมินมูลค่าความเสียหายไว้ที่ 156,700 ล้านบาท ความเสียหายส่วนใหญ่มาจากผลกระทบที่มีต่ออุตสาหกรรมการผลิต โดยมีโรงงาน 930 แห่งใน 28 จังหวัด ได้รับผลกระทบ รวมทั้งนิคมอุตสาหกรรมหลายแห่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และปทุมธานี ยังมีการประเมินว่าอุทกภัยครั้งนี้ ส่งผลให้อัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจลดลงร้อยละ 0.6 ถึง 0.9 ธุรกิจโซลาร์ฟาร์ม มีผลกระทบจากน้ำท่วมในปี 2554 (Montree, 2013) และตั้งข้อมูลแสดงกำลังการผลิตลดลง (MW) ใน 2012 (Solar, Server, Energy, Trend 2014, Chaiporn 2013; World Bank 2011; Masahiko Haraguchi, and Upmanu Lall, Geneva, Switzerland, 2013; and ERC, 2012).

สภาพฝุ่นรวมถึงปัญหา PM 2.5 ในปีปัจจุบัน สามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ สำหรับภัยอื่น ได้แก่ ไฟป่า ลูกเห็บ และระบบอาจเสียหายจากสัตว์ เช่น งู จิ้งจก หนู กัดทำลายระบบ หรือสายไฟ ก่อให้เกิดการลัดวงจร และความเสียหายต่อระบบตามมาได้ ภัยอื่น ๆ เช่นกรณี สายเคเบิลใต้ดิน อาจละลายได้จากการสะสมความร้อนจากแสงอาทิตย์ และเป็นผลมาจากการขาดการบำรุงรักษา นอกจากนี้ความเสียหายของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถเกิดจากการออกแบบติดตั้งผิดพลาด ดังนั้นการบริหารจัดการ ทั้งในเรื่องการโอนความเสี่ยงภัย การบำรุงรักษา และการวางแผนมาตรการ โดยการจัดทำกรมธรรม์ความเสี่ยงภัยทรัพย์สินตลอดโครงการ การติดตั้งรั้วรอบโครงการแบบถาวรและแข็งแรง กับวางระบบป้องกันฟ้าผ่าที่ครอบคลุมอุปกรณ์สำคัญในระบบ และการจัดการบำรุงรักษา ล้วนเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการวางแผน สำหรับธุรกิจโซลาร์ฟาร์ม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลกระทบจากภัยธรรมชาติ กรณีน้ำท่วม เป็นอันตรายต่อธุรกิจการโซลาร์ฟาร์มในประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาการผลกระทบอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ที่มาจากปัจจัยภายนอก



**NMCCON
2021**

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

"สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ"

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

ขอบเขตของการวิจัย

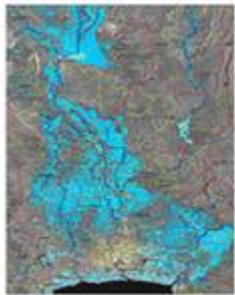
การวิจัยครั้งนี้ ทำการศึกษาเก็บข้อมูลบริษัท ชั้นนี้ บางจาก จำกัด (Sunny Bangchak) จังหวัดอยุธยา โชนภาค กลางที่ได้รับผลกระทบ และบริษัท L Solar 1 จำกัด ที่ อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ที่ได้รับผลกระทบจากการฟLOODและ ลูกเห็บ

เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยศึกษาความเสียหายทางธุรกิจโซลาร์ฟาร์ม ที่เกิดขึ้นจากภัยพิบัติทางธรรมชาติในประเทศไทย น้ำท่วม พายุ ภัยแล้ง โรคระบาด แผ่นดินไหว ไฟป่า อาจเป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติ ที่มีผลโดยตรงต่อการเติบโตของธุรกิจโซลาร์ฟาร์ม (Kannika, GAR 2013) อย่างไรก็ตามในวิจัยฉบับนี้ มุ่งเน้นไปที่ความเสียหายจากภัยพิบัติน้ำท่วม ซึ่งเกิดขึ้นในภูมิภาคนี้ และนำความเสียหายมาสู่อุตสาหกรรม ผลกระทบจากอุทกภัยต่อการลงทุนธุรกิจโซลาร์ฟาร์ม ฐานข้อมูลภัยพิบัติระหว่างประเทศ OFDA/CRED แสดงเปอร์เซ็นต์สูงสุดถึงต่ำสุดของภัยพิบัติทางธรรมชาติ ที่เกิดจากน้ำท่วม (63 %) พายุ (31 %) ภัยแล้ง (8 %) โรคระบาด (7 %) แผ่นดินไหว (3 % น้ำท่วม (3 %) และไฟป่า (1 %) ตามลำดับ (Kannika, GAR 2013) รายงานการเกิดอุทกภัยในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2428, 2432, 2474, 2518, 2523, 2523, 2525, 2536, 2534, และ 2554 (AONbenfield, 2012) ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม อาจเกิดขึ้นอีก หากไม่มีแผนควบคุมที่ดี นอกจากนี้ ผลกระทบจากน้ำท่วมที่เกิดจากธรรมชาติสภาพภูมิอากาศ และปัจจัยที่มนุษย์สร้างขึ้น (Katrina, 2013; Masahiko Haraguchi, and Upmanu Lall, Geneva, Switzerland, 2013) ประเทศไทย ในปี 2554 ปรากฏว่า 66 จาก 77 จังหวัด ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง ซึ่งระดับน้ำท่วมขึ้นสูง ทั้งจังหวัดกรุงเทพฯ ปริมณฑล และพื้นที่จังหวัดอื่น ๆ มีระดับน้ำท่วมเริ่มต้นในเดือนมิถุนายน จากภาคเหนือ มีพายุ Haima และพายุโซนร้อน Nock-Ten ต่อมาถึงเดือนกรกฎาคม และสิงหาคม ปัจจัยของน้ำท่วม ปริมาณน้ำมหาศาลที่สะสม ส่งผลกระทบต่อระดับน้ำท่วมในภาคกลาง เมื่อเวลาผ่านไปน้ำจะไหลเข้าจากปลายน้ำเหนือไปยังที่ราบภาคกลาง และลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ในที่สุดครอบคลุมกรุงเทพฯ ในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายน ตั้งแต่วันที่ 14 กันยายน ถึง 3 ตุลาคม มีระบบควบคุมน้ำท่วมที่สำคัญ แม้ว่าจุดสูงสุดทางภูมิศาสตร์ของน้ำท่วม (ในแง่ของหลายจังหวัด ได้รับผลกระทบ) คือ ในปลายเดือนสิงหาคม ผลกระทบ ที่หนักที่สุด ผู้ที่ได้รับผลกระทบ เมื่อหลายส่วนของกรุงเทพฯ ถูกน้ำท่วม ในช่วงกลางเดือนพฤศจิกายน – จุดสูงสุด ที่กว่าห้าล้านคน ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม (Masahiko Haraguchi, and Upmanu Lall, Geneva, Switzerland, 2013; Rapid Assessment for Resilient Recovery and Reconstruction Planning, Thai Flood 2011) หลังจากน้ำท่วม ปัจจุบันนักพัฒนานิคมอุตสาหกรรมจำนวนมาก วางแผนที่จะพัฒนานิคมอุตสาหกรรมใหม่จำนวนมาก และขยายนิคมอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในพื้นที่ที่ไม่มีน้ำท่วม เช่น ชลบุรี ระยอง ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา และบางจังหวัดใกล้เคียง (H2 2012) ในทางตรงกันข้าม กับกำลังการผลิตระดับสูงของธุรกิจโซลาร์ฟาร์ม ในภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผลิตในประเทศไทย และพื้นที่ที่ได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุด (S. Janjai, 2011; Chaiporn, 2013)

ผลกระทบและความเสียหาย ภาคเหนือ พะเยา น่าน เชียงใหม่ เชียงราย อุตรดิตถ์ แพร่ ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน ภาคกลาง กรุงเทพมหานคร กำแพงเพชร พิจิตร นนทบุรี นครนายก พิษณุโลก ลพบุรี สมุทรสงคราม สมุทรสาคร สระบุรี สิงห์บุรี สุโขทัย สุพรรณบุรี ปทุมธานี นครปฐม นครสวรรค์ สมุทรปราการ ชัยนาท เพชรบูรณ์ พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง อุทัยธานี ภาคใต้ พังงา ระนอง ชุมพร นครศรีธรรมราช สตูล สงขลา กระบี่ ภูเก็ต ตรัง ปัตตานี ยะลา นราธิวาส พัทลุง สุราษฎร์ธานี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กาฬมนบุรี ตาก ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ราชบุรี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ฉะเชิงเทรา ตราด สระแก้ว ปราจีนบุรี ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา มหาสารคาม ยโสธร ร้อยเอ็ด ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ สุรินทร์ อำนาจเจริญ ขอนแก่น,

ภาพสินธุ์ ชัยภูมิ มุกดาหาร นครพนม อุบลราชธานี อุตรดิตถ์ หนองคาย บึงกาฬ สกลนคร เลย หนองบัวลำภู ส่งผลกระทบเป็นวงกว้าง ด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม เศรษฐกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทยประเมินมูลค่าความเสียหายไว้ที่ 156,700 ล้านบาท ความเสียหายส่วนใหญ่มาจากผลกระทบที่มีต่ออุตสาหกรรมการผลิต โดยมีโรงงาน 930 แห่งใน 28 จังหวัด ได้รับผลกระทบรวมทั้งนิคมอุตสาหกรรมหลายแห่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและปทุมธานี ยังมีการประเมินว่าอุทกภัยครั้งนี้ส่งผลให้อัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจลดลงร้อยละ 0.6 ถึง 0.9 เมื่อวันที่ 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2554 แอนเน็ต ดิกซอน ผู้อำนวยการธนาคารโลกประจำประเทศไทยเปิดเผยว่า พบความเสียหายรวมประมาณ 1.4 ล้านล้านบาท แบ่งเป็นความเสียหายจากทรัพย์สินคงที่ เช่น บ้าน โรงงาน มูลค่าประมาณ 6.6 แสนล้านบาท และความสูญเสียจากค่าเสียโอกาส เช่น การผลิต อีกประมาณ 7 แสนล้านบาท ธนาคารโลกได้ประเมินเป็นผลกระทบต่อจีดีพีของไทยให้ลดลงประมาณ 1.2 % เหลือ 2.4 % จากเดิมที่คาดว่าจะ 3.6 % ด้านการท่องเที่ยว การสาธารณสุข และการขนส่งคมนาคม



รูปที่ 1 ภาพถ่ายจากดาวเทียม RADARSAT-2 เมื่อวันที่ 17 ตุลาคม พ.ศ. 2554 แสดงพื้นที่ประสบภัยพิบัติบริเวณภาคกลางของประเทศไทย แหล่งอ้างอิง: <https://www.th.wikipedia.org/อุทกภัยในประเทศไทย พ.ศ. 2554#ปฏิกริยา>

รูปที่ 2: แผนที่ระดับน้ำความสูงท่วมแผงโซลาร์เซลล์ แหล่งอ้างอิง: <https://reneweconomy.com.au/solar-key-to-building-a-more-sustainable-and-resilient-australia-94864/>

จากรูปที่ 1 ระดับความสูงน้ำของภาคกลางของประเทศไทย แสดงให้เห็นถึงระดับความสูงต่ำ นอกจากนี้ น้ำท่วมที่เลวร้ายที่สุดใน 2554 แผงจมน้ำเกือบสองเดือนซึ่งธุรกิจโซลาร์ฟาร์มในจังหวัด อยุธยาได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม ต่อมาภายในหกเดือน Sunny Bangchak สามารถกู้คืนกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของ กลับมาใช้งานใหม่ ต้องลงทุนแผงใหม่



รูปที่ 3 ความเสียหายจากอุบัติเหตุต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 4 ความเสียหายจากฟ้าผ่าต่อแผงเมนบอร์ดของอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 5 ผู้บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์



**NMCCON
2021**

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

"สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ"

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

นอกจากนี้ความเสี่ยงจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม บริษัท ประกันภัย แสดงให้เห็นว่าน้ำท่วมในประเทศไทยใน 2554 การสูญเสียโดยรวมเป็นเรื่องเกี่ยวกับ 40 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ แต่เพียง 10 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ มีการประกันการสูญเสีย (Masahiko, 2013) ภัยพิบัตินี้ อาจทำให้ตลาดประกันภัยระหว่างประเทศ อาจจะพิจารณาประเทศไทยใหม่ ในฐานะประเทศที่มีความเสี่ยงสูงต่อภัยพิบัติ สำหรับฤดูกาลการประกันภัยต่อ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2555 การถ่ายโอนความเสี่ยง จะหมายถึง ความสามารถในการการประกันภัยต่อที่จำกัด และขีดจำกัด ความคุ้มครองที่ต่ำกว่า และอัตราเบี้ยประกันภัยต่อที่สูงขึ้น รัฐบาลไทย ต้องสามารถจัดการน้ำท่วม ซึ่งเป็นการยกระดับความเชื่อมั่นของตลาดประกันภัย ต่อจากข้อมูลของ OIC พบว่า ส่วนใหญ่ (95 %) ในปี พ.ศ. 2554 ของธุรกิจประกันภัยความเสี่ยงจากภัยพิบัติจากอุทกภัย ที่ผู้ประกันตนในประเทศประกันไว้ (การประเมินอย่างรวดเร็ว สำหรับการกู้คืน ที่มีความยืดหยุ่น และการวางแผนการฟื้นฟู น้ำท่วมไทย 2554)

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ บริษัท ชั้นนี้ บางจาก จำกัด (Sunny Bangchak) จังหวัดพระนครศรีอยุธยาและบริษัท L Solar 1 จำกัด อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี และเป็นผู้ตอบแบบสัมภาษณ์และสอบถาม เรื่องผลกระทบจากภัยธรรมชาติต่อการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินในประเทศไทย

กลุ่มตัวอย่าง

ทำแบบสอบถามจากกลุ่มบุคลากรตำแหน่ง ผู้จัดการคุมไซต์งาน รองผู้จัดการ และคนงานในบริษัท ชั้นนี้ บางจาก จำกัด (Sunny Bangchak) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และบริษัท L Solar 1 จำกัด ที่ อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำวิจัย เรื่องผลกระทบจากภัยธรรมชาติต่อการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินในประเทศไทย สรุปผลวิจัยได้ดังนี้

1. ธุรกิจโซลาร์ฟาร์ม ได้รับผลกระทบจากภัยธรรมชาติ ภาพรวม มีความเสี่ยง และได้รับการเสียหายจริง เมื่อพิจารณา จากรายด้าน พบว่า ด้านที่มีการป้องกันนอกเหนือจากการวางแผน คือความเสี่ยงของจุดคุ้มทุน

ตารางที่ 1: สำหรับการอนุมัติใบอนุญาตตามพระราชบัญญัติอุตสาหกรรมพลังงาน พ.ศ. 2550 โดยสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (ณ วันที่ 30 เมษายน 2557) จำนวน และความจุของโรงผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ภาคเอกชน

ลำดับที่	ปี ที่ได้รับใบอนุญาต	ความจุ (MW)
1	2011 (2554)	192
2	2012 (2555)	177
3	2013 (2556)	300
4	2014 (2557)	281
5	2015 (2558)	702
6	2016 (2559)	788



**NMCCON
2021**

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

"สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ"

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

จากตารางข้างต้นเป็นการรวบรวมข้อมูลธุรกิจโซลาร์ฟาร์มตามวันที่ได้รับอนุญาต ซึ่งสามารถอ้างอิงถึงสภาพความเสียหายตามปีได้ สำหรับโซลาร์ฟาร์มที่ทำการติดตั้งบนพื้นดิน และจากรายการสถิติกำลังการผลิตของพลังงานแสงอาทิตย์รวมการผลิตนอกระบบ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากปี พ.ศ. 2556 - 2562 เป็นจำนวนกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้า ที่ 823.46, 1,298.51, 1,419.6, 2,446.1, 2,697.2, 2,962.5, และ 2,982.6 เมกะวัตต์ ตามลำดับ คิดเป็นเงินลงทุนด้านพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์เป็นเงิน 618.4 ล้านบาท ในปีพ.ศ. 2562 ในขณะที่เป้าหมายพลังทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์ในปี พ.ศ. 2579 อยู่ที่ 19,684.4 เมกะวัตต์ (กระทรวงพลังงาน, 2562, https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=48247, 2564) อย่างไรก็ตามธุรกิจโซลาร์ฟาร์ม ในปัจจุบันได้มีการพัฒนา มาเป็นการติดตั้งบนหลังคา ตลอดจนการติดตั้งระบบโซลาร์ในน้ำ (<https://www.bangkokpost.com>, 2564) นอกเหนือจากการติดตั้งบนพื้นดิน จากข้อมูลการได้รับใบอนุญาต COD ข้อมูล ณ ปี พ.ศ. 2564 พบ โครงการติดตั้งพลังงานจากแสงอาทิตย์รวม 620 โครงการ รวมเป็นกำลังการผลิต 3,260.78 เมกะวัตต์ (ERC, 2564)

แนวทางการประเมินความคุ้มค่าสำหรับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

1. เงินลงทุน (Investment Cost)
2. ผลประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปี (Cost Saving)
3. ผลตอบแทนการลงทุน Return of Investment (% IRR, BEY, NPV)

สมมุติฐาน การลงทุน 1. ศึกษาแผนที่ความเข้มของแสงแดดและหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละพื้นที่

เงื่อนไข การทำงาน 300 วัน/ปี (หยุดวันอาทิตย์) กำลังผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Yield Output) = 1,534,000 หน่วย/ปี อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU (22 kV, MEA, PEA) อัตราการเสื่อมของแผงโซลาร์ = 0.5 % ต่อปี

Cost Saving (ประหยัดค่าไฟต่อปี) / Preliminary

- สถานประกอบการอยู่ในจังหวัดอยุธยา (PEA TOU rate) (TOU Time of Date Rate) ประเภทอัตรา 4224

- ติดตั้ง R/T จำนวน 1,000 MWp (1,000 kWp)

- ว่าจ้างผู้รับเหมาติดตั้ง (EPC) 22 ล้านบาท

- ปีหนึ่งผลิตไฟได้ 4.89 ล้านบาท

- จากประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ อยู่ที่ 1,534 kWh/kWp ต่อปี (Avg 4.2 ชม./วัน)

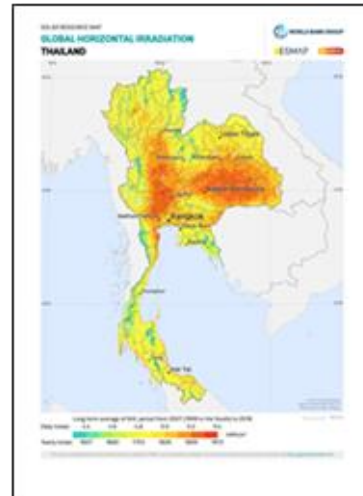
- ประมาณการหน่วยที่ผลิตได้ = $1,000 \times 1,534$ = 1,534,000 หน่วย

- ปัจจัยกีดตัน (Load Factor) = 82.19 %

- ทำงาน 300 วันต่อปี วันหยุด 13 วัน = $52+13$ = 65 วัน

หน่วยที่ประหยัดไฟฟ้าได้ = $1,534,000 \times 82.19$ % = 1,260,794 หน่วย

ประหยัดค่าไฟฟ้า = $3.88 \times 1,260,794$ = 4.89 ล้านบาทต่อปี



รูปที่ 6 ศักยภาพไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ สืบค้นจาก

<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/thailand>

รูปที่ 7 การฉายรังสีแนวนอนทั่วโลก สืบค้นจาก

<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/thailand>

ตารางที่ 2 แผนอัตราเวลาใช้งาน TOU rate

	วัน	ค่าไฟฟ้า	หน่วย
On Peak	292	4.20	บาท/หน่วย
Off Peak & Holiday	73	2.62	บาท/หน่วย
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย		3.88	บาท/หน่วย

ตารางที่ 3 : จำนวนวันที่เป็น Off Peak & Holiday ตามปฏิทินของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

วันหยุดราชการ	21	วัน
หยุดวันอาทิตย์	52	วัน
รวมวันหยุดของการไฟฟ้า	73	วัน

ผลการลงทุน จุดคืนทุนประมาณ 4-1/2 ปี, % ผลตอบแทนการลงทุน (% IRR), มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV (Net Present Value), ลงทุนติดตั้ง 1 เมกะวัตต์ (1,000 กิโลวัตต์) จำนวนเงิน 22 ล้านบาท ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 4.89 ล้านบาทต่อปี



**NMCCON
2021**

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

"สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ"

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

ตารางที่ 4: เปอร์เซนต์ผลตอบแทนการลงทุน (% IRR), มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV (Net Present Value) (นิเวศ บุญวิชัย, 2564)

ปี	Cash Flow การ คาดการณ์ กระแสเงินสด	O&M Operations and Maintenance การดำเนินงาน และการ บำรุงรักษา	Net Cash Flow กระแสเงินสด สุทธิ	%IRR Internal rate of return อัตรา ผลตอบแทน ภายใน	BEY Break Even Point จุดคุ้มทุน	NPV Net Present Value มูลค่าปัจจุบัน สุทธิ
0	-22	0	-22	20.10%	-22	THB 72.40
1	4.89	-0.3	4.59		-17.4	
2	4.866	-0.3	4.57		-12.8	
3	4.841	-0.3	4.54		-8.3	
4	4.817	-0.3	4.52		-3.79	
5	4.793	-0.3	4.49		0.71	
6	4.769	-0.3	4.47		5.18	
7	4.745	-0.3	4.45		9.62	
8	4.721	-0.3	4.42		14	
9	4.698	-0.3	4.4		18.4	
10	4.674	-0.3	4.37		22.8	
11	4.651	-0.3	4.35		27.2	
12	4.628	-0.3	4.33		31.5	
13	4.605	-0.3	4.3		35.8	
14	4.582	-0.3	4.28		40.1	
15	4.559	-0.3	4.26		44.3	
16	4.536	-0.3	4.24		48.6	
17	4.513	-0.3	4.21		52.8	
18	4.491	-0.3	4.19		57	
19	4.468	-0.3	4.17		61.1	



**NMCCON
2021**

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

"สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ"

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

20	4.446	-0.3	4.15		65.3
21	4.424	-0.3	4.12		69.4
22	4.401	-0.3	4.1		73.5
23	4.379	-0.3	4.08		77.6
24	4.358	-0.3	4.06		81.7
25	4.336	-0.3	4.04		85.7

อภิปรายผล

1. ธุรกิจโซลาร์ฟาร์ม ได้รับผลกระทบจากภัยธรรมชาติ ภาพรวม มีความเสี่ยงและได้รับการเสียหายจริง เมื่อพิจารณาจากหลายด้าน พบว่า ด้านที่มีการป้องกันนอกเหนือจากการวางแผน คือ ความเสี่ยงของจุดคุ้มทุน อภิปรายได้ว่า การวางแผนธุรกิจ ได้ออกแบบตามมาตรฐานที่กำหนด โดยผู้รับเหมาที่ชำนาญการแล้ว ก็ยังมีปัจจัยความเสี่ยงที่คาดไม่ถึงเข้ามาเพิ่มในส่วนต้นทุนในการลงทุนธุรกิจนี้ เนื่องจากติดตั้งบนพื้นดิน

2. ผลการพิจารณาจุดคุ้มทุนทั้งที่คาดไม่ถึงและสามารถประมาณการจุดคุ้มทุนได้ค่าเฉลี่ยต่อปีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะติดตั้งในธุรกิจโซลาร์ฟาร์ม ผลการลงทุนจากกรณีศึกษา จุดคืนทุนประมาณ 4-1/2 ปี, % ผลตอบแทนการลงทุน (% IRR), มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV (Net Present Value), ลงทุนติดตั้ง 1 เมกะวัตต์ (1,000 กิโลวัตต์) จำนวนเงิน 22 ล้านบาท ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 4.89 ล้านบาทต่อปี ซึ่งการออกแบบทางผู้รับเหมาได้นำข้อมูลของแผงเข้าประมวลผลในโปรแกรม PV_{sys} เพื่อให้ผู้ประกอบการมีทางเลือกในการลงทุน แต่ผลกระทบจะทำให้จุดคืนทุนเพิ่มอีก 2-3 ปีแล้วแต่ว่าได้รับผลเสียหายมากน้อย ซึ่งจะต้องมีการบำรุงรักษา หรือเปลี่ยนแผงใหม่ เพื่อให้ระบบทำงานเสถียรในการผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 5: ทางเลือกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (ผศ.ดร.เจตวิทย์ ภัคศรีพันธ์, 2564)

ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	ทางเลือกที่ 3
✓ นักลงทุน ลงทุนให้	✓ ลงทุนเอง	✓ ลงทุนเอง
✓ ขายไฟให้ที่ราคาต่ำกว่า กฟผ.20%	✓ เลือกอุปกรณ์เอง	✓ ผู้ติดตั้งเลือกอุปกรณ์ให้
✓ สัญญา 15 ปี	✓ ผลิตไฟใช้เอง	✓ ทำสัญญารับประกันการผลิตไฟ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

- (1) การลงทุนในโครงการใหญ่ ได้รับผลกระทบจากภัยธรรมชาติ ถือเป็นบทเรียนในการตัดสินใจ
- (2) การคำนวณจุดคุ้มทุน เป็นประโยชน์ในการตัดสินใจลงทุน ว่าต้องการลงทุนสูงแต่คืนทุนเร็ว หรือต้องการลงทุน

ต่ำ แต่คืนทุนช้า

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) การลงทุนในโครงการครั้งต่อไป ผู้ลงทุนได้รับบทเรียนและวิธีการออกแบบให้เหมาะสม จะทำให้ความเสี่ยงลดน้อยลง และควรมีการศึกษาในการเข้ากระบวนการ คาร์บอนเครดิต (carbon credits) และหากการลงทุนไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ ยื่นสำนักงานคณะกรรมการการกองทุนแห่งประเทศไทย จะได้รับการยกเว้นภาษีเงินได้ 3 ปี เป็นสัดส่วน 50 % ของเงินลงทุนในการปรับปรุง

(2) การลงทุนในระบบของธุรกิจโซลาร์ฟาร์มนี้ สิ่งสำคัญต้องเลือกชนิดของแผงให้เหมาะสม เพราะราคาของแผงแตกต่างกัน ทำให้ขนาดในการติดตั้งแตกต่างกัน และต้องใช้เครื่องมือช่วยล้างแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อประหยัด วันทำงาน แรงงานคน และน้ำในการใช้ล้าง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ที่ให้ข้อมูลผู้ลงทุนธุรกิจโซลาร์ฟาร์มในประเทศไทย และขอขอบคุณบริษัท ชันนี่ บางจาก จำกัด จังหวัดพระนครศรีอยุธยาและบริษัท แอลโซลาร์ 1 จำกัด ที่อำเภออินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี

เอกสารอ้างอิง

- AONbenfield, (2012) [Online] **Thailand Floods Event Recap Report, impact forecasting**–[2012, 01 March]
- Chaiporn, S., Issaree, H. and Sombat, T. (2014), [Offline] **Solar Farms Energy and Solar Roof Currently Located in Region of Thailand.** The 9th GMSARN International Conference.2014 on Connectivity and Sustainability in GMS: Energy, Environmental and Social Issues, 12-14 November. 2014, 17 [2021, 01 January]
- Chaiporn, S. (2018) [Online] An Evaluation of Economic Potential Solar Photovoltaic Farm in Thailand: Case study of Polycrystalline Silicon and Amorphous Silicon Thin Film, **International Journal of Energy Economics and Policy**, 2018, 8(4), 33-41 [2021, 01 January]
- Deunden, N. and Kittipong, R. (2012) **Policy Brief History of Water Resource and Flood Management in Thailand** [online] Available: <http://tdri.or.th/wp-content/uploads/2013/11/Policy-Brief-01-History-of-Flood-Management-in-Thailand.pdf>. [2021, 25 February]
- สำนักคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, [2564] [Offline] **สรุปข้อมูลตามประเภทโรงไฟฟ้า**[ออนไลน์] สืบค้นจาก (www.erc.or.th/ERCSP/Default.aspx) [2564, 20 กุมภาพันธ์]
- H2 (2012), Industrial Estate, **Thailand Industrial Estate Market Report,2011/2012.** [online] Available : www.colliers.co.th [2021, 25 February]



- Kannika, T. (2013) [Online] Thailand Development Research Institute, Geneva, Switzerland, 2013 (Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR 2013), Background Paper prepared for the Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2013, UNISDR: The United Nations Office for Disaster Risk Reduction). [2021, 25 February]
- Pibul, P. (2013) [Offline] Business Plan for the investment of Solar Farm and example for writing business plan [PowerPoint], presented [2013, 8 July]
- Masahiko, H. and Upmanu, L.(2013) [Online] Flood Risks and Impacts Future Research Questions and Implication to private investment decision –making for supply chain networks, Background Paper prepared for the Global Assessment report on disaster risk reduction 2013, UNISDR, The United Nations Office for Disaster risk reduction, Global Assessment report on Disaster risk reduction 2013. [2021, 25 February]
- Montree, C. (2013) [Offline] Business Plan for the investment of Solar Farm and example for writing business plan [Power Point presented 2013, 8 july]. [2564, 8 กุมภาพันธ์]
- กำลังการผลิตของโรงไฟฟ้า [Online] สืบค้นจาก http://en.openei.org/wiki/Definition:Independent_Power_Producer [2021, 3 February]
- รายงานค่าพลังงาน [Online] สืบค้นจาก <http://www.thailandpower2012.com/content/welcome-thailand-power-2012>. [2021, 3 February]
- ภาพประกอบน้ำท่วมแผงโซลาร์เซลล์ [Online] สืบค้นจาก <http://reneweconomy.com.au/2014/solar-key-to-building-a-more-sustainable-and-resilient-australia-94864>. [2021, 3 February]
- คลังข้อมูลน้ำแห่งชาติรูปแบบใหม่ [Online] สืบค้นจาก <http://tiwrmdev.haii.or.th>, [2021, 3 February]
- กระทรวงพลังงาน (2562) [Offline] รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย ปีที่ 17 ฉบับที่ 17 เดือนมกราคม - ธันวาคม 2562 ISSN: 1686-5170 [2564, 8 กุมภาพันธ์]
- สัดส่วนการใช้พลังงาน (2564) [Online] สืบค้นจาก <https://www.bangkokpost.com/business/1639562/thailand-to-build-worlds-biggest-floating-solar-farms>. [2564, 20 กุมภาพันธ์]
- ไทยเตรียมสร้างโซลาร์ฟาร์มลอยน้ำที่ใหญ่ที่สุดในโลก (2564) [Online] สืบค้นจาก https://www.researchgate.net/figure/Thailand-flood-map-Source-Thaiflood-com_fig3_317638866. [2564, 8 กุมภาพันธ์]
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ [Online] สืบค้นจาก https://www.wikipedia.org/wiki/Net_present_value [2564, 10 เมษายน]
- อัตราผลตอบแทนภายใน [Online] สืบค้นจาก <https://www.investopedia.com/terms/i/irr.asp> [2564, 10 เมษายน]
- อุทกภัยในประเทศไทย พ.ศ. 2554 [Online] สืบค้นจาก (<https://www.th.wikipedia.org/อุทกภัยในประเทศไทย พ.ศ. 2554> ปฏิกริยา) [2564, 10 เมษายน]



ศักยภาพไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ [Online] สืบค้นจาก <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/thailand> [2564, 10 เมษายน]

นิเวช บุญวิชัย, [2564] [ออฟไลน์] สืบค้นจาก (เอกสารประกอบการสัมมนา เทคนิคการเลือกใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม) [2564, 2 เมษายน]

เจตวิทย์ ภัครัชพันธุ์, [2564] [ออฟไลน์] สืบค้นจาก (เอกสารประกอบการสัมมนา เทคนิคการเลือกใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม) [2564, 2 เมษายน]