

พลังงานทดแทน: แนวโน้มสู่การพัฒนาสู่ความยั่งยืนในศตวรรษที่ 21

Renewable Energy: Trends towards Sustainability in the 21st Century

ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์¹ ศุภกานต์ แก้วเหลี่ยม² และ ประยูร กันอยู่^{3*}

Pramote Suksirisak¹ Supakan Kaewleam² and Prayoon Kunyoo^{3*}

Received: February 7, 2025

Revised: March 4, 2025

Accepted: March 12, 2025

บทคัดย่อ

บทความนี้วิเคราะห์สถานการณ์และแนวโน้มของพลังงานทดแทนในระดับโลกและประเทศไทย โดยเน้นถึงการเปลี่ยนผ่านจากพลังงานฟอสซิลไปสู่พลังงานหมุนเวียนและพลังงานสะอาด ซึ่งเป็นทางออกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การใช้พลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมกำลังเติบโตอย่างต่อเนื่องและมีต้นทุนลดลง ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ประเทศไทยมีแผนพัฒนาเพื่อเพิ่มสัดส่วนพลังงานทดแทนเป็นร้อยละ 50 ภายในปี ค.ศ.2026 โดยเน้นการใช้พลังงานชีวมวลในภาคชนบท ทั้งนี้ ยังมีความท้าทายในด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและการปรับนโยบาย เพื่อสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านที่ยั่งยืน โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา บทความนี้เสนอแนะการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนรูปแบบต่าง ๆ และการสนับสนุนจากรัฐบาลเป็นปัจจัยสำคัญในการเร่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงสู่ระบบพลังงานที่สะอาดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: พลังงานทดแทน, การปล่อยก๊าซเรือนกระจก, พลังงานฟอสซิล, การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

¹รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

Associate Professor, Mechanical Engineering Department, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

E-mail: pramote_suk@rtaf.mi.th

²รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

Associate Professor, Mechanical Engineering Department, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

E-mail: supakan@rtaf.mi.th

^{3*}รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

Associate Professor, Mechanical Engineering Department, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

E-mail : prayoon_k@rtaf.mi.th

*Corresponding Author

Abstract

This article analyzes the current situation and trends of renewable energy both globally and in Thailand, focusing on the transition from fossil fuels to renewable and clean energy as a solution to reduce greenhouse gas emissions and mitigate climate change. Renewable energy sources, such as solar and wind power, have been continuously growing and their production costs have significantly decreased over the past decade. Thailand has developed a plan to increase the share of renewable energy to 50% by 2026, with a focus on biomass energy in rural areas. However, challenges remain in terms of infrastructure development and policy adjustments to support a sustainable transition, particularly in developing countries. This paper suggests that research and development of various forms of renewable energy and government support are critical factors in accelerating the transition to a more efficient and cleaner energy system.

Keywords: Renewable Energy, Greenhouse Gas Emissions, Fossil Fuels, Climate Change

1. บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์พลังงานทั่วโลกอยู่ในช่วงเปลี่ยนผ่านสำคัญ ท่ามกลางความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นจากการขยายตัวของประชากรและการพัฒนาเศรษฐกิจ โดยในปี ค.ศ.2023 การใช้พลังงานโลกยังคงต้องพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ คิดเป็นประมาณร้อยละ 80 ของการผลิตพลังงานทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ความกังวลเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติกำลังผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสู่พลังงานหมุนเวียนและพลังงานที่สะอาด การพัฒนาพลังงานทดแทนจึงกลายเป็นกลยุทธ์หลักในการตอบสนองต่อความต้องการพลังงานที่ยั่งยืน พลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล และพลังงานน้ำ ไม่เพียงแต่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังเป็นการส่งเสริมความมั่นคงในระยะยาว

บทความนี้มุ่งวิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบันของพลังงานทดแทนในประเทศไทยและในระดับโลก ในแง่ของความต้องการพลังงานที่เพิ่มสูงขึ้น ปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานหมุนเวียน ความมั่นคงทางพลังงาน ความท้าทายด้านโครงสร้างพื้นฐานและนโยบาย แนวโน้มในอนาคตของเทคโนโลยีและนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการพลังงานทดแทน รวมถึงการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนในภารกิจทางการทหาร

2. สถานการณ์ปัจจุบันของพลังงานทดแทน

ในปี ค.ศ.2023 สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนในระบบพลังงานโลกเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมซึ่งมีต้นทุนในการผลิตลดลงถึงร้อยละ 70 และในทศวรรษที่ผ่านมา [1] ประเทศไทยเองก็ให้ความสำคัญกับพลังงานทดแทน โดยแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Power Development Plan: PDP) 2023 ตั้งเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเป็นร้อยละ 50 ภายในปี ค.ศ.2026 นอกจากนี้ พลังงานชีวมวลมีบทบาทสำคัญในภาคชนบทของประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งสามารถนำวัสดุเหลือใช้ เช่น แกลบและกากอ้อย มาแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าและความร้อน อย่างไรก็ตาม อุปสรรคสำคัญยังคงอยู่ที่ความไม่แน่นอนของแหล่งวัตถุดิบและต้นทุนในการขนส่ง ประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้ โดยเรียงตามลำดับจากที่มีผลกระทบมากไปน้อยคือ ความต้องการพลังงานที่เพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 30 ปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 25 การเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานหมุนเวียนร้อยละ 20 ความมั่นคงทางพลังงานร้อยละ 15 และความท้าทายด้านโครงสร้างและนโยบายร้อยละ 10

2.1 ความต้องการพลังงานที่เพิ่มสูงขึ้น

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ความต้องการพลังงานทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการขยายตัวของประชากร ทำให้ความต้องการพลังงานสำหรับที่อยู่อาศัย การขนส่ง และการผลิตอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมาก การพัฒนาเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาคเอเชียและอเมริกา ซึ่งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและอุตสาหกรรมเป็นตัวเร่งสำคัญ [2] และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ชีวิตของมนุษย์ เช่น การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า และยานพาหนะในจำนวนที่เพิ่มมากขึ้น เป็นปัจจัยที่เพิ่มความต้องการการใช้พลังงาน ซึ่งสถานการณ์เหล่านี้ได้ส่งผลกระทบทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ทำให้พึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลในปริมาณที่สูง ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [3] การเพิ่มขึ้นของความต้องการพลังงานทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ เช่น น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่มีรายได้ต่ำมักจะเผชิญกับความยากลำบากในการเข้าถึงพลังงานที่เพียงพอและยั่งยืน

2.2 ปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกเป็นส่วนหนึ่งของกลไกทางธรรมชาติที่ช่วยรักษาอุณหภูมิของโลกให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิต อย่างไรก็ตาม การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล การใช้ที่ดิน และการทำลายป่า ได้ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งแหล่งที่มาของก๊าซเรือนกระจกประกอบด้วย 1) ภาคพลังงาน: การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 73 ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ทั่วโลก [4] 2) ภาคการเกษตร: การปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ สร้างก๊าซมีเทน (CH₄) และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ซึ่งมีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกสูงกว่าคาร์บอนไดออกไซด์หลายเท่า 3) ภาคอุตสาหกรรม: กระบวนการผลิต เช่น การผลิตซีเมนต์ เหล็ก และเคมีภัณฑ์ เป็นแหล่งปล่อย CO₂ ในปริมาณมาก 4) การขนส่ง: การใช้ยานพาหนะที่ใช้น้ำมันเบนซินและดีเซลปล่อยก๊าซ CO₂ และทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งผลกระทบของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ ได้แก่ อุณหภูมิโลกที่เพิ่มขึ้น ทำให้น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น และเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติบ่อยครั้ง ผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ทำให้ระบบนิเวศบางประเภทเสียหายและสูญพันธุ์ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดปัญหาสุขภาพ การเพิ่มขึ้นของมลพิษทางอากาศและความร้อนสูงมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ เช่น โรคทางเดินหายใจและโรคหัวใจ [5] ปัจจุบันได้มีโครงการคาร์บอนเครดิตอย่างแพร่หลายในหน่วยงานหรือโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่ง เพื่อเป็นการลดการสร้างก๊าซเรือนกระจกเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) [6] คือหน่วยที่ใช้แทนปริมาณการลดหรือชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยทั่วไป 1 คาร์บอนเครดิต เท่ากับการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ ในปริมาณเทียบเท่า 1 ตัน โดยมีหลักการสำคัญคือ องค์กรหรือบริษัทที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ต่ำกว่าค่าที่กำหนด สามารถขายคาร์บอนเครดิตให้กับบริษัทที่ปล่อยก๊าซเกินมาตรฐานได้ ประเภทของคาร์บอนเครดิตมี 2 ประเภท คือ 1) ตลาดคาร์บอนสมัครใจ (Voluntary Carbon Market - VCM) บริษัทหรือองค์กรจัดการเองเพื่อลดผลกระทบและแสดงถึงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม 2) ตลาดคาร์บอนภาคบังคับ (Compliance Carbon Market - CCM) อยู่ภายใต้กฎหมายหรือระเบียบของรัฐ เช่น ระบบซื้อขายสิทธิการปล่อยมลพิษของสหภาพยุโรป (EU ETS)

2.3 การเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานหมุนเวียน

การเปลี่ยนผ่านด้านพลังงาน (Energy Transition) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงจากการใช้พลังงานฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ ไปสู่การใช้พลังงานหมุนเวียนและแหล่งพลังงานที่สะอาดกว่า เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานน้ำ การเปลี่ยนแปลงนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การใช้พลังงานหมุนเวียนช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมลพิษต่าง ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ยังช่วยลดการพึ่งพาพลังงานฟอสซิลที่มีจำกัดและมีความผันผวนด้านต้นทุนในพลังงานหมุนเวียน และยังส่งเสริมการสร้างงานและการเติบโตทางเศรษฐกิจในภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง แม้ว่าการเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานหมุนเวียนจะมีประโยชน์มากมาย แต่ก็เผชิญกับความท้าทายหลายประการ โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา ความท้าทายเหล่านี้รวมถึงการขาดแคลนทรัพยากร การพึ่งพาพลังงานฟอสซิล และโครงสร้างพื้นฐานที่ยังพัฒนาได้ไม่เต็มที่ นอกจากนี้การปรับตัวของชุมชนและการสร้างความเป็นธรรมในการเข้าถึงพลังงานสะอาดยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณา เพื่อให้การเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานหมุนเวียนเป็นไปได้อย่างยั่งยืนจำเป็นต้องมีการดำเนินการในหลายด้าน รัฐบาลควรปรับปรุงการอนุมัติโครงการพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม รวมถึงปรับปรุงโครงข่ายพลังงานให้ทันสมัย ควรกำหนดเป้าหมายด้านพลังงานหมุนเวียนที่มีความทะเยอทะยานและสอดคล้องกับการควบคุมอุณหภูมิโลกไม่ให้เพิ่มขึ้นเกิน 1.5 องศาเซลเซียส [7] การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน รวมถึงภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาสังคม เป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างความเป็นธรรมในการเปลี่ยนผ่านการสนับสนุนชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากการใช้พลังงานฟอสซิลในอดีต และการฟื้นฟูด้านสิ่งแวดล้อม วัฒนธรรม และเศรษฐกิจ จะช่วยให้การเปลี่ยนผ่านเป็นไปอย่างราบรื่นและยั่งยืน

2.4 ความมั่นคงทางพลังงาน

ความมั่นคงทางพลังงาน (Energy Security) เป็นประเด็นสำคัญในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากพลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและการพัฒนาของประเทศ องค์การพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency, IEA) ให้คำนิยามความมั่นคงทางพลังงานว่าเป็น “การเข้าถึงพลังงานในราคาที่เหมาะสมได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน” [8] ความมั่นคงทางพลังงานเกี่ยวข้องกับแหล่งพลังงานที่เชื่อถือได้ โครงสร้างพื้นฐานที่มั่นคง และนโยบายที่เหมาะสมเพื่อลดความเสี่ยงจากวิกฤติพลังงาน ความมั่นคงทางพลังงานสามารถแบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) ความพร้อมของแหล่งพลังงาน (Availability) แหล่งพลังงานที่เพียงพอเป็นหัวใจสำคัญของความมั่นคงทางพลังงาน ประเทศที่พึ่งพาน้ำมันและก๊าซธรรมชาติจากต่างประเทศมีความเสี่ยงสูงเมื่อเกิดความไม่แน่นอนทางการเมืองหรือภัยพิบัติทางธรรมชาติ 2) การเข้าถึงพลังงาน (Accessibility) ควรเป็นไปอย่างทั่วถึงในทุกภาคส่วนของประเทศ โดยเฉพาะในพื้นที่ชนบทหรือห่างไกล ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเข้าถึงพลังงาน ได้แก่ ระบบโครงสร้างพื้นฐาน เช่น สายส่งไฟฟ้าและท่อก๊าซ รวมถึงต้นทุนทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้อง [9] 3) ความสามารถในการจ่าย (Affordability) ราคาพลังงานที่สูงอาจส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือน นโยบายพลังงานที่มีประสิทธิภาพควรสนับสนุนกลไกตลาดเสรีและมีมาตรการช่วยเหลือกลุ่มเปราะบางด้านกำลังซื้อ 4) ความยั่งยืน (Sustainability) พลังงานหมุนเวียนและเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมีบทบาทสำคัญในการรักษาสมดุลระหว่างความมั่นคงทางพลังงานและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [10] นโยบายที่ส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น การให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีและเงินอุดหนุน สามารถช่วยให้การเปลี่ยนผ่านไปสู่พลังงานสะอาดมีความราบรื่น

2.5 ความท้าทายด้านโครงสร้างพื้นฐานและนโยบาย

โครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานเป็นปัจจัยสำคัญต่อความมั่นคงทางเศรษฐกิจและความยั่งยืนของประเทศ อย่างไรก็ตาม หลายประเทศเผชิญกับความท้าทายด้านการลงทุน การพัฒนาเทคโนโลยี และการจัดทำนโยบายที่เหมาะสมเพื่อรองรับความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้น ความท้าทายด้านโครงสร้างพื้นฐานและนโยบายอาจแบ่งได้ดังนี้ 1) การขยายและบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐาน โครงสร้างพื้นฐานพลังงาน เช่น โรงไฟฟ้า ระบบสายส่ง และสถานีแปลงไฟฟ้า มีอายุการใช้งานที่จำกัด การลงทุนเพื่อปรับปรุงหรือขยายระบบเป็นสิ่งจำเป็น แต่การดำเนินงานมักประสบปัญหาด้านงบประมาณและความซับซ้อนของกระบวนการอนุมัติ 2) ความไม่สมดุลระหว่างอุปสงค์และอุปทานในบางประเทศ โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา โครงสร้างพื้นฐานไม่สามารถรองรับความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นได้ ส่งผลให้เกิดปัญหาไฟฟ้าดับหรือค่าพลังงานสูงขึ้น 3) ความเสี่ยงจากภัยพิบัติและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภัยธรรมชาติ เช่น พายุไซโคลน แผ่นดินไหว อุทกภัย ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างพื้นฐานพลังงานและทำให้เกิดความล่าช้าในการฟื้นฟูระบบ 4) ความขัดแย้งระหว่างพลังงานสะอาดและพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล แม้ว่าหลายประเทศมีนโยบายส่งเสริมพลังงานหมุนเวียน แต่ยังคงพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลในสัดส่วนที่สูง เนื่องจากต้นทุนต่ำกว่าและโครงสร้างพื้นฐานรองรับได้ดีกว่า 5) การกำกับดูแลและการกำหนดราคาพลังงาน ในบางประเทศราคาพลังงานถูกควบคุมโดยภาครัฐ ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาการขาดทุนของบริษัทพลังงานหรือการใช้พลังงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ [11] 6) ความมั่นคง

ทางพลังงานในช่วงเปลี่ยนผ่าน การลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและเปลี่ยนผ่านไปสู่พลังงานที่สะอาด จำเป็นต้องมีแผนระยะยาว แต่บางประเทศยังขาดกรอบนโยบายที่ชัดเจน ส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนในการลงทุน ความท้าทายด้านโครงสร้างพื้นฐานและนโยบายพลังงานเป็นประเด็นที่ต้องการการวางแผนและลงทุนระยะยาว การส่งเสริมความมั่นคงทางพลังงานผ่านโครงสร้างที่ทันสมัยและนโยบายที่เอื้อต่อการเปลี่ยนแปลงผ่านสู่พลังงานสะอาดจะช่วยให้ประเทศต่าง ๆ มีความยั่งยืนและแข่งขันได้ในระยะยาว

3. แนวโน้มในอนาคตของพลังงานทดแทน

ในยุคที่โลกกำลังเผชิญกับความท้าทายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและปัญหาการขาดแคลนพลังงาน พลังงานทดแทนได้กลายเป็นทางออกที่สำคัญในการสร้างอนาคตที่ยั่งยืน สำหรับประเทศไทยยังคงอยู่ในช่วงวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพพลังงานทดแทนให้สูงขึ้นและเหมาะกับการนำไปใช้ในพื้นที่ห่างไกลในชนบท และรัฐบาลควรที่จะออกนโยบายสนับสนุนพลังงานทดแทนแทนที่พลังงานฟอสซิลรูปแบบเดิม ตลอดจนสนับสนุนงบประมาณในการศึกษานวัตกรรมด้านพลังงานทดแทนเพื่อนำมาพัฒนาปรับปรุงระบบการใช้พลังงานในประเทศให้ดียิ่งขึ้น แนวโน้มในอนาคตของพลังงานทดแทนสามารถจำแนกได้ดังนี้ [12]

3.1 การเติบโตอย่างรวดเร็วของพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเป็นสองแหล่งพลังงานทดแทนที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็วที่สุดในทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีที่ก้าวหน้าและต้นทุนที่ลดลงทำให้พลังงานทั้งสองประเภทนี้มีความสามารถในการแข่งขันกับเชื้อเพลิงฟอสซิลมากขึ้นเรื่อย ๆ คาดการณ์ว่าในอนาคต พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมจะมีบทบาทสำคัญในการตอบสนองความต้องการพลังงานของโลก ปัจจุบันก็ได้มีการศึกษาและพัฒนาด้านพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ตัวอย่างเช่น สุริยพันธุ์ สิงหนนิยม และ ภูมิพร ธรรมสถิตย์เดช [13] ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมกรยอมรับการใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีมากที่สุดคือปัจจัยด้านประสิทธิภาพ ลำดับที่สองคือปัจจัยด้านสังคม และลำดับที่สามคือปัจจัยด้านการใช้งาน นเรศ สิริวรารุช และ ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์ [14] ได้ทำการศึกษากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์และทำการคำนวณจุดคุ้มทุนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 330 วัตต์ โดยเพิ่มระบบระบายความร้อนให้แก่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีระบบระบายความร้อนด้วยอากาศผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยได้สูงที่สุดที่ 1.43 ยูนิต์ต่อวัน ส่วนการคำนวณจุดคุ้มทุนพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบปกติคืนทุนเร็วสุดที่เวลา 4.57 ปี และ Smith J. et.al. [15] ได้ทำการศึกษาวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตพลังงานลม รวมถึงแนวโน้มการพัฒนาและนวัตกรรมในด้านเทคโนโลยีของกังหันลมและการเชื่อมต่อกับระบบพลังงานทดแทนอื่น ๆ งานวิจัยนี้ยังเน้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและการใช้งานของพลังงานลมในแต่ละภูมิภาค รวมถึงปัญหาทางด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาพลังงานลม

3.2 การพัฒนาเทคโนโลยีการจัดเก็บพลังงาน

ความท้าทายที่สำคัญอย่างหนึ่งของพลังงานทดแทนคือ ความไม่แน่นอนในการผลิตพลังงาน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์จะผลิตได้เฉพาะในเวลากลางวันและพลังงานลมจะผลิตได้เฉพาะเมื่อมีลม การพัฒนา

เทคโนโลยีการจัดเก็บพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงและราคาไม่แพงจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้พลังงานทดแทนสามารถนำมาใช้ได้อย่างแพร่หลาย เทคโนโลยีที่กำลังพัฒนายู่ในปัจจุบัน ได้แก่ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน การใช้สารอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นของเหลว (แบตเตอรี่ Flow) และการจัดเก็บพลังงานด้วยไฮโดรเจน ตัวอย่างเช่น Liu H. et al. [16] ได้ศึกษาความก้าวหน้าล่าสุดในเทคโนโลยีของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ซึ่งได้มีการสำรวจวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ รวมถึงกลไกการทำงานที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ นอกจากนี้ยังมีการทบทวนการใช้งานแบตเตอรี่ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ยานยนต์ไฟฟ้า และเทคโนโลยีพลังงานทดแทน และ Züttel A. et.al. [17] ได้สำรวจการใช้ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพในอนาคต โดยเฉพาะในด้านการจัดเก็บพลังงาน พวกเขาได้พูดถึงความท้าทายและโอกาสที่เกี่ยวข้องกับการผลิต การเก็บ และการใช้ไฮโดรเจน รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีในการจัดเก็บไฮโดรเจนในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ไฮโดรเจนที่ถูกดูดซับในวัสดุต่าง ๆ เพื่อใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงและในระบบพลังงานทดแทนอื่น ๆ

3.3 การใช้พลังงานทดแทนในภาคส่วนต่าง ๆ

ในปัจจุบัน การใช้พลังงานทดแทนส่วนใหญ่อยู่ในภาคการผลิตไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม ในอนาคตคาดว่าจะมีการใช้พลังงานทดแทนในภาคส่วนอื่น ๆ มากขึ้น เช่น ภาคการขนส่ง ภาคอุตสาหกรรม และภาคที่อยู่อาศัย ตัวอย่างเช่น รถยนต์ไฟฟ้าจะเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในการขนส่ง ในขณะที่พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์จะถูกนำมาใช้ในการทำความร้อนในอาคาร ตัวอย่างเช่น ธงชัย ลิ้มปิติกรานนท์ [18] ได้กล่าวว่าปัญหาค่าฝุ่น PM 2.5 เป็นปัญหาที่พบในทุกพื้นที่ของประเทศไทย ส่งผลให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ ซึ่งสาเหตุหลักเกิดมาจากการปล่อยควันดำหรือก๊าซพิษจากเครื่องยนต์สันดาปที่ไม่สมบูรณ์ จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงมาใช้รถยนต์พลังงานไฟฟ้าแทนอย่างแพร่หลาย เพื่อเป็นการลดปัญหาดังกล่าว ภทรลดา สินทร์พย์ [19] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์ไฟฟ้าและประเมินการเติบโตของรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย โดยปัจจัยที่มีความสำคัญในการตัดสินใจเลือกซื้อรถยนต์ไฟฟ้า พบว่าปัจจัยด้านราคาของรถยนต์ไฟฟ้าได้คะแนนเฉลี่ย 4.71 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมได้คะแนนเฉลี่ย 4.32 ปัจจัยด้านเทคโนโลยี ประสิทธิภาพ และความน่าเชื่อถือของแบตเตอรี่ได้คะแนนเฉลี่ย 4.77 ปัจจัยด้านจำนวนสถานีอัดประจุไฟฟ้าได้คะแนนเฉลี่ย 4.55 โดยรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่มีผู้สนใจซื้อมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 29.83 และ Shao W. and Zhao X. [20] ได้สำรวจการใช้งานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านพักอาศัย โดยมุ่งเน้นที่การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าในระดับที่พอเพียงกับความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน พร้อมการวิเคราะห์ผลกระทบด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

3.4 การกระจายศูนย์ของแหล่งพลังงาน

แนวโน้มอีกประการหนึ่งที่สำคัญคือ การกระจายศูนย์ของแหล่งพลังงาน ในอดีตการผลิตพลังงานส่วนใหญ่อยู่ในมือของผู้ผลิตรายใหญ่ไม่กี่ราย แต่ในอนาคตคาดว่าจะมีการผลิตพลังงานในระดับท้องถิ่นมากขึ้น โดยใช้พลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน พลังงานลมขนาดเล็ก และพลังงานชีวมวล การกระจายศูนย์ของแหล่งพลังงานจะช่วยเพิ่มความมั่นคงทางพลังงานและลดความเสี่ยงจากการหยุดชะงักของแหล่งพลังงานขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่น นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ และคณะ [21] ได้ประยุกต์ใช้พลังงานหมุนเวียน

แบบไม่เชื่อมต่อระบบไฟฟ้าเพื่อการเกษตรในพื้นที่ห่างไกล พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถขับเคลื่อนปั๊มน้ำหยดได้ระหว่างช่วงเวลา 11:00 น. – 14:00 น. รวมทั้งสิ้น 3 ชั่วโมงต่อวัน และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปีแรกมีค่า 1,314.00 กิโลวัตต์ชั่วโมง และ นเรศ สิริวรารุช และคณะ [22] ได้ทำการศึกษาและออกแบบก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อน พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกระต๊ากชานอ้อยรูปทรงสี่เหลี่ยมที่ใช้ฟาราฟินเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 1:1 ให้ค่าความร้อนสูงที่สุดที่ 6,942.67 แคลอรีต่อกรัม

3.5 นโยบายและการสนับสนุนจากรัฐบาล

นโยบายและการสนับสนุนจากรัฐบาลมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาและการใช้พลังงานทดแทน หลายประเทศทั่วโลกได้กำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนและให้การสนับสนุนทางการเงินและนโยบายแก่ผู้ผลิตและผู้บริโภคพลังงานทดแทน การสนับสนุนจากรัฐบาลอย่างต่อเนื่องจะช่วยเร่งการเปลี่ยนผ่านไปสู่ระบบพลังงานที่ยั่งยืนพลังงานทดแทนมีแนวโน้มที่จะมีบทบาทสำคัญมากขึ้นในอนาคต เทคโนโลยีที่ก้าวหน้าต้นทุนที่ลดลง และการสนับสนุนจากรัฐบาลจะช่วยให้พลังงานทดแทนสามารถแข่งขันกับเชื้อเพลิงฟอสซิลได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนผ่านไปสู่ระบบพลังงานที่ยั่งยืนเป็นสิ่งสำคัญในการแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสร้างอนาคตที่ดีสำหรับทุกคน

4. การประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนในการกิจทางทหาร

ในปัจจุบันการใช้พลังงานมีบทบาทสำคัญต่อทุกภาคส่วน รวมถึงภาคการทหารซึ่งต้องพึ่งพาพลังงานสูงสำหรับการปฏิบัติการต่าง ๆ อย่างไรก็ดีตาม ความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นและความเสี่ยงจากการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล ทำให้หลายประเทศเริ่มหันมาให้ความสำคัญกับพลังงานทดแทนมากขึ้น โดยเฉพาะในการกิจทางทหารที่ต้องการความมั่นคงและความยั่งยืนด้านพลังงาน ตัวอย่างเช่น กองทัพอากาศมีศูนย์การเรียนรู้พลังงานทดแทนกองทัพอากาศ [23] จัดตั้งขึ้นเพื่อเป็นแหล่งการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้ชุมชนในการส่งเสริมสนับสนุนและบริหารข้อมูลด้านพลังงานทดแทนสำหรับข้าราชการกองทัพอากาศและครอบครัว ตลอดจนประชาชนทั่วไป ด้วยการจัดสภาพการณ์และสิ่งแวดล้อมให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย การแสดงองค์ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์และพัฒนาพลังงานด้านต่าง ๆ อย่างครบวงจร โดยแบ่งการจัดแสดงออกเป็น 5 อาคาร ได้แก่ 1) อาคารบ้านตัวอย่าง จัดแสดงตัวอย่างการนำพลังงานทดแทนมาใช้ในชีวิตประจำวัน ทั้งไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และจากเครื่องยนต์ทำไฟที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 2) อาคารพลังงานไบโอดีเซล แสดงกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล หลักการทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และผลการดำเนินการผลิตและใช้งานไบโอดีเซลของกองทัพอากาศ 3) อาคารพลังงานชีวภาพ แสดงกระบวนการผลิตพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ ได้แก่ การผลิตแก๊สชีวภาพจากขยะเปียก เช่น เศษอาหาร และการผลิตแก๊สชีวมวลจากขยะแห้ง เช่น เศษกิ่งไม้ เป็นต้น 4) อาคารพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ รวมถึงหลักการในการผลิตน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 5) อาคารพลังงานลม แสดงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลมโดยใช้กังหันลมและหลักการในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานกลรูปแบบอื่น ๆ รวมถึงแสดงผลการดำเนินการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในสถานที่ปฏิบัติงานของกองทัพอากาศซึ่งตั้งอยู่ในที่ห่างไกล

4.1 ความจำเป็นของพลังงานทดแทนในการกิจการทหาร

การกิจการทหารในปัจจุบันต้องอาศัยพลังงานในหลายด้าน เช่น 1) การเคลื่อนที่ของกองกำลัง รถถัง ยานเกราะ อากาศยาน และเรือรบ ต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณมาก 2) ระบบปฏิบัติการและอาวุธ อาวุธพลังงานสูง เช่น เลเซอร์และระบบป้องกันภัยทางอากาศต้องใช้พลังงานจำนวนมาก 3) ฐานทัพและ ศูนย์บัญชาการ ต้องการพลังงานสำหรับอุปกรณ์สื่อสาร ระบบเรดาร์ และการดำรงชีวิตของกำลังพล อย่างไรก็ตาม การพึ่งพาพลังงานเหล่านี้ทำให้เกิดปัญหาหลายประการ เช่น ความเสี่ยงจากการขาดแคลนพลังงานในพื้นที่ ปฏิบัติการ ความท้าทายในการขนส่งพลังงานในเขตที่เข้าถึงยาก รวมถึงผลกระทบจากการเผาไหม้ฟอสซิล ที่สร้างมลพิษและความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม

4.2 รูปแบบของพลังงานทดแทนที่ใช้ในการกิจการทหาร

ปัจจุบันมีการพัฒนาพลังงานทดแทนหลายรูปแบบเพื่อรองรับความต้องการด้านการทหาร ได้แก่ 1) พลังงานแสงอาทิตย์ ใช้แผงโซลาร์เซลล์เพื่อลดการพึ่งพาน้ำมันในฐานปฏิบัติการระยะไกล มีการพัฒนา “Solar UAVs” หรืออากาศยานไร้คนขับที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อบินได้นานขึ้น ชีษณุพงศ์ รื่นภาคแดน และคณะ [24] ออกแบบและติดตั้งโซลาร์เซลล์บนอากาศยานไร้คนขับ เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการบิน โดยการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 3.3 วัตต์ จำนวน 30 แผ่น บนปีกของ UAV ที่ใช้แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ขนาด 11.1 โวลต์ ความจุ 5,200 มิลลิแอมป์ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าการใช้โซลาร์เซลล์ร่วมกับแบตเตอรี่สามารถเพิ่มระยะเวลาในการบินได้ประมาณ 1 ชั่วโมง 40 นาที 2) พลังงานลม ใช้กังหันลมขนาดเล็กในฐานทัพที่อยู่ในพื้นที่ลมแรง เช่น ฐานทัพในเขตชายฝั่ง เพื่อลดต้นทุนด้านพลังงานในระยะยาว 3) เชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuels) หลายประเทศ พัฒนาไบโอดีเซลและเอทานอลสำหรับเครื่องยนต์ของยานพาหนะทางทหาร ตัวอย่างเช่น กองทัพสหรัฐอเมริกา มีโครงการ Green Fleet ที่ใช้ไบโอดีเซลกับเรือรบ เป็นความริเริ่มที่มุ่งลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในกองทัพเรือ ในปี ค.ศ. 2012 กองทัพเรือสหรัฐฯ ได้ดำเนินการสาธิตการใช้ไบโอดีเซล ผสมกับน้ำมันดีเซลทั่วไปในเรือรบและเครื่องบิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรือบรรทุกเครื่องบิน USS Nimitz (CVN 68) ได้รับการเติมน้ำมันไบโอดีเซลผสมในสัดส่วน 50:50 [25] 4) พลังงานไฮโดรเจน มีการทดลองใช้เซลล์เชื้อเพลิง ไฮโดรเจนสำหรับยานพาหนะทางทหาร เพื่อให้เกิดเสียงรบกวนน้อยและมีความคล่องตัวสูง สามารถใช้ไฮโดรเจน ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในฐานปฏิบัติการ 5) พลังงานความร้อนใต้พิภพ ใช้สำหรับทำความร้อนและผลิต พลังงานไฟฟ้าในฐานทัพ ฐานทัพที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีศักยภาพด้านพลังงานความร้อนใต้พิภพ เช่น ทางตะวันตก ของสหรัฐอเมริกา มักใช้พลังงานนี้ในการผลิตไฟฟ้าและให้ความร้อนแก่สิ่งอำนวยความสะดวกภายในฐานทัพ ตัวอย่างฐานทัพที่ใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพในสหรัฐอเมริกา ได้แก่ Naval Air Weapons Station China Lake, California, Hill Air Force Base, Utah และ Fort Drum, New York 6) พลังงานนิวเคลียร์ขนาดเล็ก มีแนวคิดในการใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็ก (Small Modular Reactors-SMRs) ซึ่งมีขนาดกำลังไฟฟ้า ต่อหน่วยไม่เกิน 300 เมกะวัตต์ (MW) ซึ่งมีขนาดประมาณหนึ่งในสามของกำลังการผลิตของเครื่องปฏิกรณ์ นิวเคลียร์ขนาดใหญ่แบบดั้งเดิม เพื่อจ่ายพลังงานให้ฐานทัพระยะไกล เรือดำน้ำและเรือบรรทุกเครื่องบิน หลาย ประเทศและบริษัทกำลังลงทุนและพัฒนาเทคโนโลยี SMRs เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางพลังงานและ

ลดการปล่อยคาร์บอน ตัวอย่างเช่น สหราชอาณาจักรกำลังผ่อนคลายกฎระเบียบการวางแผนเพื่อสนับสนุนการก่อสร้าง SMRs ในพื้นที่ที่กว้างขึ้น เพื่อช่วยบรรลุปเป้าหมายโครงการพลังงานสีเขียวและส่งเสริมการเติบโตของอุตสาหกรรมสหรัฐอเมริกา บริษัท NuScale Power ได้รับการรับรองการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็ก 50 MW จากคณะกรรมการกำกับดูแลนิวเคลียร์สหรัฐอเมริกา (NRC) ในเดือนมกราคม ค.ศ.2023 และกำลังพัฒนาเวอร์ชันที่มีขนาดกำลังไฟฟ้า 77 MW

4.3 ประโยชน์ของพลังงานทดแทนต่อการภารกิจทางทหาร

การใช้พลังงานทดแทนในการภารกิจทางทหารให้ประโยชน์หลายประการ โดยเรียงจากผลประโยชน์มากไปน้อยได้ดังนี้ 1) ลดการพึ่งพาน้ำมันเชื้อเพลิง ลดความเสี่ยงจากการถูกโจมตีเส้นทางลำเลียงเชื้อเพลิง 2) เพิ่มความสามารถในการปฏิบัติการระยะไกล กองกำลังสามารถดำเนินการกิจได้นานขึ้นโดยไม่ต้องเติมเชื้อเพลิงบ่อย 3) ลดต้นทุนระยะยาว แม้พลังงานทดแทนต้องใช้เงินลงทุนสูงในช่วงแรก แต่ช่วยลดต้นทุนในระยะยาว 4) เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดมลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล 5) เสริมสร้างความมั่นคงทางพลังงาน ลดความเสี่ยงจากความผันผวนของราคาน้ำมันในตลาดโลก

4.4 ความท้าทายและข้อจำกัด

แม้ว่าพลังงานทดแทนจะมีข้อดีหลายประการ แต่ก็ยังมีความท้าทายที่ต้องพิจารณา เช่น ประสิทธิภาพในการใช้งานภาคสนาม เทคโนโลยีพลังงานบางรูปแบบอาจยังไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในภาวะสงคราม ต้นทุนการพัฒนาและการบำรุงรักษา ระบบพลังงานทดแทนบางอย่างต้องการการลงทุนสูง ข้อจำกัดด้านสภาพแวดล้อม พลังงานแสงอาทิตย์และลมอาจทำงานได้ไม่ดีในสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน กองทัพต้องมีโครงสร้างพื้นฐานรองรับพลังงานรูปแบบใหม่

พลังงานทดแทนเป็นแนวทางที่มีศักยภาพสูงในการสนับสนุนภารกิจทางทหารในอนาคต ด้วยการลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล เพิ่มความมั่นคงด้านพลังงาน และช่วยให้การปฏิบัติการมีประสิทธิภาพมากขึ้น แม้ว่าอาจมีความท้าทายอยู่บ้าง แต่ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและนโยบายที่เหมาะสม กองทัพทั่วโลกสามารถนำพลังงานทดแทนมาใช้ในการสร้างความได้เปรียบทางยุทธศาสตร์ในอนาคต

5. สรุป

โลกกำลังเผชิญกับความท้าทายในการเติบโตของการใช้พลังงานและผลกระทบจากการใช้พลังงานฟอสซิล พลังงานทดแทนจึงเป็นทางเลือกสำคัญในการสร้างความยั่งยืนทางพลังงานในอนาคต ในปี ค.ศ.2023 พลังงานทดแทนเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่ต้นทุนการผลิตลดลงอย่างมาก ประเทศไทยมีแผนพัฒนาพลังงานทดแทนโดยตั้งเป้าเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเป็นร้อยละ 50 ภายในหนึ่งปี ความต้องการพลังงานทั่วโลกเพิ่มขึ้นจากการขยายตัวของประชากรและเศรษฐกิจ ขณะเดียวกันปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบจากการใช้พลังงานฟอสซิลยังเป็นปัญหาหลัก การเปลี่ยนแปลงจากการใช้พลังงานฟอสซิลสู่พลังงานหมุนเวียนสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมความมั่นคงทางพลังงาน แม้ว่าจะมีความท้าทายด้านทรัพยากรและโครงสร้างพื้นฐานในประเทศกำลังพัฒนา การเข้าถึงพลังงานในราคาที่เหมาะสม

และยั่งยืนก็เป็นสิ่งสำคัญ การใช้พลังงานหมุนเวียนสามารถช่วยเสริมความมั่นคงทางพลังงานในระยะยาว แม้จะมีความท้าทายอยู่หลายประการ แต่การพัฒนาเทคโนโลยี การสนับสนุนนโยบาย และการสร้างความร่วมมือ จะเป็นกุญแจสำคัญในการเร่งกระบวนการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบพลังงานที่สะอาดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable power generation costs in 2022. Abu Dhabi: IRENA; 2023.
- [2] International Energy Agency (IEA). World energy outlook 2023 [Internet]. Paris: IEA; 2023. Available from: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>.
- [3] International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable energy statistics 2022. Abu Dhabi: IRENA; 2022.
- [4] International Energy Agency (IEA). CO2 emissions in 2022 [Internet]. Paris: IEA; 2023. Available from: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>.
- [5] Haines A, Ebi K. The imperative for climate action to protect health. N Engl J Med. 2019;380(3):263-273. doi: 10.1056/NEJMra1807873.
- [6] City of Vancouver. Greenest City Action Plan [Internet]. Vancouver: City of Vancouver; [cited 2025 Mar 1]. Available from: <https://vancouver.ca/green-vancouver/greenest-city-action-plan.aspx>
- [7] Global Compact Network Thailand. Energy Transformation [Internet]. Bangkok: Global Compact Network Thailand; [cited 2025 Mar 2]. Available from: <https://globalcompact-th.com/WMO/EnergyTransformation>
- [8] International Energy Agency (IEA). Energy security: Ensuring the uninterrupted availability of energy sources at an affordable price [Internet]. Paris: IEA; [cited 2025 Mar 3]. Available from: <https://www.iea.org/topics/energy-security>
- [9] Sovacool BK, Mukherjee I. Conceptualizing and measuring energy security: A synthesized approach. Energy. 2011;36(8):5343-5355. doi: 10.1016/j.energy.2011.06.043.
- [10] Winzer C. Conceptualizing energy security. Energy Policy. 2012;46:36-48. doi: 10.1016/j.enpol.2012.02.067.
- [11] World Bank. Pricing energy efficiently: Policy guidelines 2021. Washington, DC: World Bank; 2021.
- [12] International Energy Agency (IEA). Net zero by 2050 [Internet]. Paris: IEA; [cited 2025 Mar 4]. Available from: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- [13] Singhanyanyong S, Thammasathitdej P. Factors affecting behavior recognition technology to generate electricity with solar cells. In: Graduate Research Conference; 2014 Jan 22-24; Khon Kaen, Thailand. Khon Kaen: Khon Kaen University; 2014. p. 536-544.

-
- [14] Sirivarawuth N, Suksirisak P. The study and comparison of power and break-even point of electricity generation from solar panels. *NKRAFA J Sci Tech* [Internet]. 2022 Jun 30 [cited 2025 Mar 19];18(1):38-49. Available from: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/nkrafa-sct/article/view/246036>
- [15] Joselin MG, Iniyan S, Sreevalsan E, Rajapandian S. A review of wind energy technologies. *Renew Sustain Energy Rev*. 2007;11(6):1117-1145. doi: 10.1016/j.rser.2005.08.004.
- [16] Barbosa J, Gonçalves R, Costa C, Lanceros-Méndez S. Recent advances on materials for lithium-ion batteries. *Energies*. 2021;14(11):3145. doi: 10.3390/en14113145.
- [17] Züttel A, Remhof A, Borgschulte A, Friedrichs O. Hydrogen: The future energy carrier. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci*. 2010;368(1923):3329-3342. doi: 10.1098/rsta.2010.0113.
- [18] Limpitikranon T. Electric cars: Environmental challenges and potentiality of growth in Thailand. *J Manag Sci Dhonburi Rajabhat Univ*. 2022;4(1):50-63. Available from: <https://so10.tci-thaijo.org/index.php/msdru/article/view/152>.
- [19] Sontharaphay P, Phattaraladda P. Study of the factors and evaluation of the growth of electric vehicles in Thailand [dissertation]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2019. Available from: <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/6960>.
- [20] Shao W, Zhao X. A study on the implementation of solar energy systems for residential electricity generation. *J Renew Energy Technol*. 2023;15(4):352-68.
- [21] Rukthaicharoenchip N, Geaprasit P, Ruengsub N, Suwantaroj K. Application of off-grid renewable energy for agriculture in remote areas. *RMUTP Research Journal*. 2023 Jul-Dec;17(2):48-58.
- [22] Sirivarawuth N, Suksirisak P, Sukuprakarn N, Kunyoo P. Study and comparison of thermal efficiency of briquettes fuel from biomass materials. *NKRAFA J Sci Technol*. 2021;17(2):31-44. Available from: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/nkrafa-sct/article/view/244366>.
- [23] Royal Thai Air Force. Royal Thai Air Force Alternative Energy Center [Internet]. Available from: <https://welcome-altenergy.rtaf.mi.th/eyiiymchmsuunykaareriynruu?utm>.
- [24] Chitsanuphong R, Jitjong J, Chakraphat S, Phorchai S, Janwattanakul S, Hinthamai S, Jiajant S. Design and installation of solar cell for enhancing unmanned aerial vehicle performance [Internet]. Available from: <https://dSPACE.spu.ac.th/server/api/core/bitstreams>.
- [25] Great Green Fleet Project. USS Nimitz receives biofuel [Internet]. Available from: <https://www.cpf.navy.mil/Newsroom/News/Article/2754230/great-green-fleet-uss-nimitz-receives-biofuel>.