แนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียน
เพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย

เอกสารวิจัยส่วนบุคคล

โดย

นายพฤทธิพล สร้อยสุวรรณ
รองเลขาธิการกลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

วิทยาลัยการทัพบก
กันยายน 2567

เอกสารวิจัยเรื่อง แนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย

โดย นายพฤทธิพล สร้อยสุวรรณ

อาจารย์ที่ปรึกษา พันเอก ประภาส แก้วศรีงาม

วิทยาลัยการทัพบก อนุมัติให้เอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรหลักประจำ วิทยาลัยการทัพบก ปีการศึกษา 2567 และเห็นชอบให้เป็นเอกสารวิจัยส่วนบุคคลที่อยู่ในเกณฑ์ระดับ **ดีมาก**

พลตรี (ทนงศักดิ์ มหาวงศ์) **ผู้บัญชาการวิทยาลัยการทัพบก**

คณะกรรมการควบคุมเอกสารวิจัยส่วนบุคคล

พันเอก (ประภาส แก้วศรีงาม) **ประธานกรรมการ**

ดร. (สุวิทย์ ธรณินทร์พานิช) **ผู้ทรงคุณวุฒิที่ปรึกษา**

พันเอกหญิง (กนิษฐา ฐิติวัฒนา) **กรรมการ**

พันเอกหญิง (จิตติมา รวยรื่น) **กรรมการ**

บทคัดย่อ

ผู้วิจัย นายพฤทธิพล สร้อยสุวรรณ

เรื่อง แนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย

วันที่ 11 กันยายน 2567 **จำนวนคำ :** 9,955 **จำนวนหน้า :** 40

คำสำคัญ พลังงานหมุนเวียน, ความเป็นกลางทางคาร์บอน

ชั้นความลับ ไม่มีชั้นความลับ

พลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และมีความสำคัญต่อความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจและด้านสังคมจิตวิทยา จากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประชาคมโลกให้ความสำคัญด้านการเปลี่ยนผ่านการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นพลังงานสะอาดหรือพลังงานหมุนเวียน ซึ่งลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ ประเทศไทยได้แสดงบทบาทในห้วงการประชุม COP26 เพื่อแสดงเจตจำนงและประกาศเป้าหมายมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ภายในปี พ.ศ.2608 ร่วมกับประชาคมโลก งานวิจัยฉบับนี้ศึกษายุทธศาสตร์ชาติ และนโยบายด้านพลังงานหมุนเวียนและความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย ควบคู่กับการศึกษาต้นแบบการพัฒนาด้านพลังงานหมุนเวียนของประเทศที่มีความก้าวหน้า ได้แก่ ฟินแลนด์ สวีเดน และเดนมาร์ก และวิเคราะห์ศักยภาพการแข่งขันของอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน โดยใช้ทฤษฎี Diamond Model จึงได้เสนอแนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน 6 แนวทาง ตั้งแต่การออกแบบกิจกรรมคาร์บอนต่ำ การเพิ่มประสิทธิภาพและอนุรักษ์พลังงาน การพัฒนาใช้พลังงานหมุนเวียน การลดและดักจับคาร์บอน การรับรองคาร์บอนเครดิต และกลไกตลาดการซื้อขายคาร์บอนและพลังงานหมุนเวียน โดยมุ่งหวังใช้เป็นแนวทางพัฒนาฯ เพื่อผลักดันให้ประเทศไทยบรรลุวิสัยทัศน์ตามยุทธศาสตร์ชาติ และบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ในอนาคต

ABSTRACT

AUTHOR: Mr. Prutthipol Soisuwan

TITLE: Guidelines for Developing Renewable Energy towards Thailand's Carbon Neutrality

DATE: 11 September, 2024 **WORD COUNT :** 9,955 **PAGES :** 40

KEY TERMS: Renewable Energy , Carbon Neutrality, Climate Change

CLASSIFICATION: Unclassified

Energy is a crucial factor for human survival and is vital for economic and socio-psychological stability. Given the challenges of climate change, the global community emphasizes transitioning from fossil fuel energy to clean or renewable energy to reduce carbon dioxide and greenhouse gas emissions. Thailand has played a role in committing to greenhouse gas reduction targets alongside the global community. This research examines Thailand's national strategies and policies on renewable energy and carbon neutrality, alongside successful renewable energy development cases in Finland, Sweden, and Denmark. Analyzing the competitive potential of Thailand's renewable energy industry using the Diamond Model, six ways for developing renewable energy towards carbon neutrality are proposed: low-carbon activity design, energy efficiency and conservation, renewable energy developing, carbon reduction and removal, carbon credit certification, and carbon and renewable energy market mechanisms by digital trading platform to guide Thailand towards achieving its Thailand's vision and carbon neutrality goals, ultimately reducing net greenhouse gas emissions to zero in the future.

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากคณาจารย์ ของวิทยาลัยการทัพบกทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ในการศึกษา ตลอดจนความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดร.สุวิทย์ ธรณินทร์พานิช (วทบ. 58) ประธานมูลนิธิพลังงานสะอาดเพื่อประชาชน ผู้ทรงคุณวุฒิที่ปรึกษา, พันเอก ประภาส แก้วศรีงาม ประธานคณะกรรมการสอบเอกสารวิจัยส่วนบุคคลและอาจารย์ที่ปรึกษา, พันเอกหญิง กนิษฐา ฐิติวัฒนา ที่กรุณาให้คำแนะนำและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำเอกสารวิจัยส่วนบุคคลรวมถึงตรวจสอบต้นฉบับอย่างละเอียด จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงและเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ พลตรี ทนงศักดิ์ มหาวงศ์ ผู้บัญชาการวิทยาลัยการทัพบก ที่ให้ความกรุณาตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษา พันเอกหญิง จิตติมา รวยรื่น คณะกรรมการควบคุมเอกสารวิจัยส่วนบุคคล และ อ.ดร.วีระพัฒน์ กฤตธนาทิพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษประจำกลุ่มวิจัย ที่ได้กรุณาให้แนวคิด ข้อแนะนำทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ยิ่งในการวิจัยทำให้เอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี คณาจารย์และพี่ๆ เพื่อนๆ นักศึกษาหลักสูตรหลักประจำวิทยาลัยการทัพบก ชุดที่ 69 ทุกท่าน ที่สำคัญคือ นายวิศรุต ดวงจินดา ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ตลอดมา และที่สำคัญอย่างยิ่ง บริษัท เอเชีย ไบโอแมส จำกัด (มหาชน) โดยคณะกรรมการบริหาร ได้แก่ นายพนม ควรสถาพร, นางสาวธิญาดา เมฆพงษ์สาทร และนายปองธรรม แดนวังเดิม ที่สนับสนุนผู้วิจัยเข้ารับการศึกษาหลักสูตรหลักประจำวิทยาลัยการทัพบก ชุดที่ 69 จนสำเร็จการศึกษา และสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย โดยกลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน ที่ได้ส่งผู้วิจัยเป็นตัวแทนองค์กรเข้ารับการศึกษาหลักสูตรหลักประจำวิทยาลัยการทัพบก ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจนักวิชาการ นักศึกษา และหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องต่อไป

สารบัญ

เนื้อหา **หน้า**

บทที่ 1 บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์การวิจัย 3

กรอบแนวคิดการวิจัย 4

วิธีการศึกษา 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

บทที่ 2 บทวิเคราะห์

ความเชื่อมโยงของแผนทั้ง 3 ระดับ 8

รูปแบบการจัดการพลังงานหมุนเวียนและความเป็นกลางทางคาร์บอน
ของประเทศไทยในปัจจุบัน 15

ต้นแบบการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนของประเทศพัฒนาแล้ว 19

การวิเคราะห์ศักยภาพและสภาวะแวดล้อมโดยใช้ Diamond Model 26

แนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียน
เพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย 30

บทที่ 3 บทอภิปรายผล

การอภิปรายผล 35

บทที่ 4 บทสรุป

สรุปแนวทางที่สำคัญที่ได้จากการวิจัย 37

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย 38

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป 39

เอกสารอ้างอิง

ประวัติย่อผู้วิจัย

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พลังงาน เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และมีความสำคัญต่อความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจและสังคมจิตวิทยา ในทุกภาคส่วนของประเทศไทย ดังนี้ 1) ภาครัฐ พลังงานเป็นปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงแห่งชาติและพลังอำนาจแห่งชาติทั้งในยามปกติและยามสงคราม 2) ภาคประชาชน พลังงานมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต และอำนวยความสะดวกอยู่ตลอดเวลา เช่น ใช้พลังงานเป็นไฟแสงสว่าง ใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นและทำความร้อน เป็นต้น 3) ภาคอุตสาหกรรมและบริการ ใช้พลังงานเป็นปัจจัยหลัก ในด้านการผลิตสินค้าและบริการ เช่น การใช้พลังงานในรูปแบบของไฟฟ้า และความร้อน/ความเย็น ในด้านโลจิสติกส์และซัพพลายเชน ใช้พลังงานเป็นตัวขับเคลื่อนกิจกรรมต่างๆ ในรูปแบบของเชื้อเพลิง เช่น การขนส่งสินค้าทั้งทางบก ทางเรือ ทางอากาศ และทางราง ตลอดจนการซื้อขายแลกเปลี่ยนสินค้าและบริการ ซึ่งก่อให้เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาลของประเทศไทย

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ[1] (Climate Change) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและรูปแบบของสภาพอากาศในระยะยาว การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นตามธรรมชาติ แต่ตั้งแต่ปี ค.ศ.1800 ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเป็นผลมาจากการกระทำของมนุษย์โดยส่วนใหญ่ สาเหตุหลักมาจากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซเรือนกระจก (GHGs) สู่ชั้นบรรยากาศทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก และปัญหาโลกร้อน (Global Warming)

พลังงานหมุนเวียน[2] (Renewable Energy) หรือเรียกย่อว่า “RE” เป็นพลังงานจากแหล่งที่สามารถนำมาใช้แล้วไม่มีวันหมดไปหรือทดแทนใหม่ได้ มีผลกระทบต่อ

สิ่งแวดล้อมน้อยมาก ถือว่าเป็นพลังงานสะอาด (Clean Energy) ปัจจุบันและในอนาคตจะมีบทบาทมากขึ้น โดยเฉพาะการผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียนเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ เช่น ลม แสงแดด และน้ำ สามารถนำมาพัฒนาเป็น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ และพลังงานลม ขณะที่การใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ก่อให้เกิดขยะมูลฝอยทั้งจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม จึงสามารถนำทรัพยากรส่วนที่เหลือจากกิจกรรมดังกล่าว มาพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงได้พลังงานจากขยะและพลังงานจากชีวมวล ในอนาคตพลังงานหมุนเวียนจะมีบทบาทมากขึ้น ทั้งการผลิตกระแสไฟฟ้า การผลิตพลังงานความร้อน และการใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ

ความเป็นกลางทางคาร์บอน[3] (Carbon Neutrality) คือ การที่ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เข้าสู่ชั้นบรรยากาศเท่ากับปริมาณคาร์บอนที่ถูกดูดซับกลับคืนมาผ่านการดูดซับจากป่าหรือการดักจับคาร์บอน การบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน นั้นอาจเป็นเป้าหมายระดับบุคคล องค์กร หรือประเทศ สามารถทำได้โดยการ "ลด" และ "ชดเชย" (lower & offset) การปล่อยคาร์บอนจนเป็นกลาง เช่น การลด ละ เลิก กิจกรรมบางอย่างที่ไม่จำเป็น การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด และการจัดการของเสียตามหลัก 3Rs หรือการใช้พลังงานหมุนเวียน และหากยังเหลือการปล่อยคาร์บอนอยู่จึงทำการ "ชดเชย" หรือ Offset คาร์บอนส่วนที่เหลือ ผ่านกิจกรรมลดคาร์บอนวิธีการอื่นๆ เช่น การปลูกป่าและฟื้นฟูป่า (Reforestation & Afforestation), การดักจับคาร์บอน (Carbon Capture), การซื้อคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) หรือการจ่ายภาษีคาร์บอน (Carbon Tax) เป็นต้น

ยุทธศาสตร์ชาติ[4] พ.ศ. 2561 – 2580 เป็นแผนระดับที่ 1 ในยุทธศาสตร์ชาติที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน และยุทธศาสตร์ชาติที่ 5 มุ่งเน้นด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยยุทธศาสตร์ชาติได้กำหนดวิสัยทัศน์ของประเทศไทย ดังนี้ “ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” และมีแผนระดับที่ 2 สอดรับกับยุทธศาสตร์ชาติที่ 5 อาทิเช่น แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ[5] ฉบับที่ 13, แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ[6] และแผนการปฏิรูปประเทศ[7] และมีแผนระดับที่ 3

ที่เกี่ยวข้องด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น แผน โมเดลเศรษฐกิจ BCG[8], แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ[9], กรอบแผนพลังงานชาติ (ด้านไฟฟ้า ด้านก๊าซธรรมชาติ ด้านน้ำมัน ด้านพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน)[10], แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ[11], แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ สาขาพลังงาน[12] และแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ[13]

ดังนั้น การผลักดันให้บรรลุวิสัยทัศน์ประเทศไทยนั้นจะต้องบูรณาการแผนทั้งหมดเข้าด้วยกัน ประเทศไทยโดยกระทรวงพลังงานจึงได้วางกรอบบูรณาการพลังงานแห่งชาติเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน 3 ด้านหลัก ได้แก่ 1) ด้านความมั่นคงทางพลังงาน 2) ด้านเศรษฐกิจ 3) ด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อจัดหาแหล่งพลังงานที่มีปริมาณเพียงพอและมีเสถียรภาพในต้นทุนพลังงานที่เหมาะสมแข่งขันได้บนพื้นฐานของสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการทำวิจัยเรื่อง แนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน เพื่อผลักดันให้ประเทศไทยบรรลุวิสัยทัศน์ตามยุทธศาสตร์ชาติ และบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี พ.ศ.2593 และบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero GHGs Emission) ภายในปี พ.ศ.2608

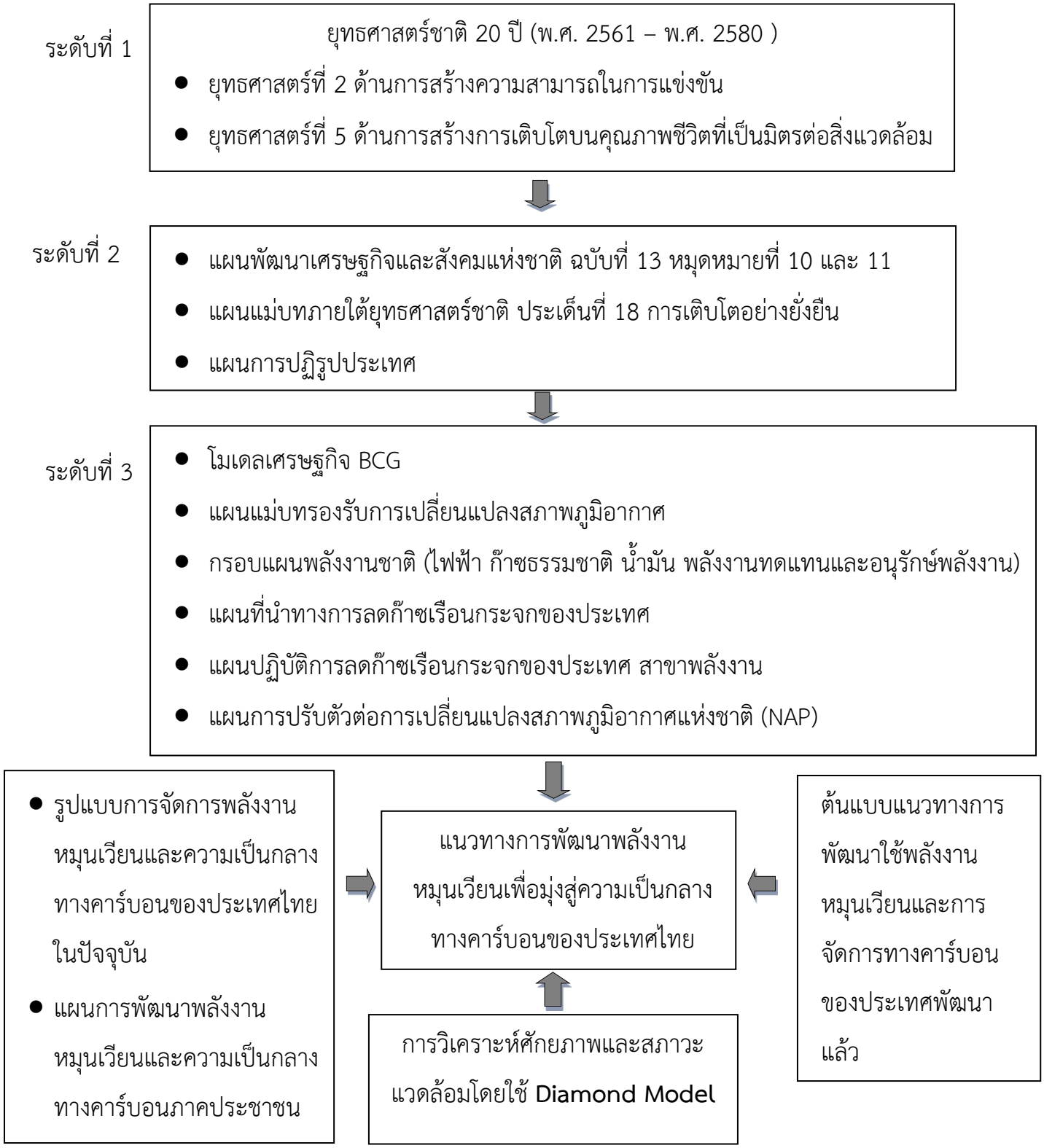
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ศักยภาพของสภาวะแวดล้อม รูปแบบการจัดการพลังงานหมุนเวียนและการจัดการคาร์บอนของประเทศไทยในปัจจุบัน

2. เพื่อศึกษาต้นแบบการพัฒนาการใช้พลังงานหมุนเวียนและการจัดการความเป็นกลางทางคาร์บอนจากประเทศพัฒนาแล้ว

3. เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการศึกษา

1. รูปแบบการวิจัย

ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ ตามที่วิทยาลัยการทัพบกกำหนดโดยประยุกต์ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพและการวิจัยเชิงเอกสารเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย

2. ขอบเขตการศึกษา

2.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการดำเนินการด้านพลังงานของประเทศไทย โดยวิเคราะห์จากยุทธศาสตร์ชาติ, แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ, แผนการปฏิรูปประเทศและแผนงานที่เกี่ยวข้องด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ร่วมกับการศึกษาแนวทางการดำเนินนโยบายและยุทธศาสตร์ด้านพลังงานหมุนเวียนและการจัดการสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศพัฒนาแล้ว พร้อมด้วยการประยุกต์ใช้ทฤษฎี Diamond Model[14] นำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อเสนอเป็นแนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย เพื่อสร้างความมั่นคงทางพลังงานบนพื้นฐานเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและขับเคลื่อนประเทศไทยให้บรรลุวิสัยทัศน์ตามยุทธศาสตร์ชาติ

2.2 ขอบเขตด้านระยะเวลา เก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนธันวาคม 2566 ถึง มิถุนายน 2567 มีขั้นตอนการดำเนินงาน 6 ขั้นตอน

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง อาทิ ยุทธศาตร์ชาติ พ.ศ.2561 – 2580, แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13, แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติและแผนการปฏิรูปประเทศ ประกอบกับแผนงานที่เกี่ยวข้องด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ได้แก่ แผนโมเดลเศรษฐกิจ BCG, แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ , กรอบแผนพลังงานชาติ, แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ, แผนปฏิบัติ

การลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ และแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ เป็นต้น

3.2 เอกสารทางวิชาการ อาทิเช่น แผน PDP ภาคประชาชน (National Energy Plan - NEP ภาคประชาชน)[15], รายงานการศึกษา AEDP พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกภาคประชาชน[16] เอกสารวิจัยส่วนบุคคลของนักศึกษาวิทยาลัยการทัพบกและวารสารวิชาการของสถาบันการศึกษาต่างๆ เป็นต้น

3.3 ข้อมูลจากเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ต้นแบบประเทศที่พัฒนาแล้วเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนและการจัดการเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน, ข้อมูลจากเว็ปไซต์ Wikipedia และข้อมูลทุติยภูมิอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้กรอบการคิดเชิงยุทธศาสตร์ในการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และทำการการวิเคราะห์ศักยภาพและสภาวะแวดล้อมโดยใช้ Diamond Model

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วยกิจกรรมจำนวน 6 ขั้นตอน โดยใช้ระยะเวลาดำเนินการ 6 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2566 ซึ่งสามารถนำเสนอเอกสารวิจัยที่สมบูรณ์ได้ภายในเดือนมิถุนายน 2567

รายการ	2566	2567					
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
การเสนอโครงร่างวิจัย	▬						
เก็บรวบรวมข้อมูล		▬	▬				
วิเคราะห์ข้อมูล			▬	▬	▬		
สรุปและอภิปรายผล				▬	▬	▬	
จัดทำรูปเล่มวิจัย					▬	▬	▬
นำเสนองานวิจัย							▬

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบศักยภาพของสภาวะแวดล้อม รูปแบบการจัดการพลังงานหมุนเวียนและความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย
2. ทราบต้นแบบการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนและการจัดการทางคาร์บอนของประเทศที่พัฒนาแล้ว
3. ทราบแนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย

บทที่ 2
บทวิเคราะห์

แนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทยในปัจจุบันและต้นแบบแนวทางการพัฒนาใช้พลังงานหมุนเวียนและการจัดการทางคาร์บอนของประเทศพัฒนาแล้ว สามารถวิเคราะห์ได้ตามรายละเอียด ดังนี้

ความเชื่อมโยงของแผนทั้ง 3 ระดับ

แผนระดับที่ 1 จากยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี พลังงงานและสิ่งแวดล้อมเกี่ยวข้องกับยุทธศาสตร์ชาติทุกด้าน ส่วนงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ ที่มีบทบาทสำคัญจำนวน 2 ด้าน ได้แก่

ยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน เพื่อให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว เศรษฐกิจเติบโตอย่างมีเสถียรภาพและยั่งยืน และให้ประเทศไทยมีขีดความสามารถในการแข่งขันสูงขึ้น โดยเน้นเรื่องเกษตรสร้างมูลค่าร่วมกับอุตสาหกรรมและบริหารแห่งอนาคต

ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีเป้าหมายการพัฒนาที่สำคัญเพื่อนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายการพัฒนา ที่ยั่งยืนในทุกมิติ ทั้งมิติด้านสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม ธรรมาภิบาล และความเป็นหุ้นส่วนความร่วมมือระหว่างกันทั้งภายในและภายนอกประเทศอย่างบูรณาการ ใช้พื้นที่เป็นตัวตั้งในการกำหนดกลยุทธ์และแผนงาน และการให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องได้เข้ามามีส่วนร่วมในแบบทางตรงให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยเป็นการดำเนินการบนพื้นฐานการเติบโตร่วมกัน ไม่ว่าจะเป็นทางเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และคุณภาพชีวิต โดยให้ความสำคัญ

กับการสร้างสมดุลทั้ง 3 ด้าน อันจะนำไปสู่ความยั่งยืนเพื่อคนรุ่นต่อไปอย่างแท้จริง โดยมีตัวชี้วัดที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยได้แก่ ประเด็นที่ 3 เรื่องสร้างการเติบโตอย่างยั่งยืนบนสังคมที่เป็นมิตรต่อสภาพภูมิอากาศ โดย 1) ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2) มีการปรับตัวเพื่อลดความสูญเสียและเสียหายจากภัยธรรมชาติและผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 3) มุ่งเป้าสู่การลงทุนที่เป็นมิตรต่อสภาพภูมิอากาศในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของภาครัฐและภาคเอกชน และ 4) พัฒนาและสร้างระบบรับมือปรับตัวต่อโรคอุบัติใหม่และโรคอุบัติซ้ำที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

แผนระดับที่ 2 มุ่งเน้นความเชื่อมโยงของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13, แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ และแผนการปฏิรูปประเทศ ตามรายละเอียด ดังนี้

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 หมุดหมายที่ 10 และ 11 ด้านความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หมุดหมายที่ 10 : ประเทศไทยมีเศรษฐกิจหมุนเวียนและสังคมคาร์บอนต่ำ และหมุดหมายที่ 11 : ไทยสามารถลดความเสี่ยงและผลกระทบจากภัยธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ ประเด็นที่ 18 การเติบโตอย่างยั่งยืน แผนย่อย 3 การสร้างการเติบโตอย่างยั่งยืนบนสังคมที่เป็นมิตรต่อสภาพภูมิอากาศ มุ่งเน้นแนวทางการพัฒนาที่ครอบคลุมทั้งในมิติของการลดก๊าซเรือนกระจก การปรับตัวต่อผลกระทบ จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มุ่งเป้าสู่การลงทุนที่เป็นมิตรต่อสภาพภูมิอากาศในการพัฒนาโครงสร้าง พื้นฐานของภาครัฐและภาคเอกชน เพื่อสามารถขับเคลื่อนและเสริมสร้างศักยภาพการดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศได้อย่างยั่งยืน ซึ่งมีแนวทางการพัฒนา ดังนี้ 1) ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2) ปรับตัวเพื่อลดความสูญเสียและเสียหายจากภัยธรรมชาติและผลกระทบจากการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 3) มุ่งเป้าสู่การลงทุนที่เป็นมิตรต่อสภาพภูมิอากาศในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของภาครัฐและภาคเอกชน

แผนการปฏิรูปประเทศภายใต้ร่าง พ.ร.บ.การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเทศไทยได้ปรับปรุงหน่วยงานระดับกรมโดยเปลี่ยนแปลงกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม เป็นกรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ระบบฐานข้อมูลความเสี่ยงเชิงพื้นที่ร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

แผนระดับที่ 3

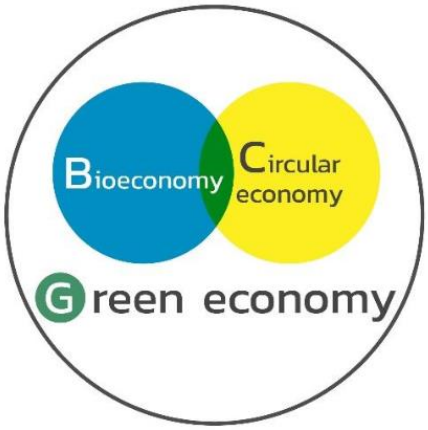
1. BCG Model เป็นรูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจที่มุ่งเน้นสร้างสมดุลระหว่างการเติบโตทางเศรษฐกิจกับความยั่งยืน ของฐานทรัพยากรธรรมชาติโดยนำองค์ความรู้มาต่อยอดฐานความเข้มแข็งภายในของประเทศไทย คือ ความหลากหลายทาง ชีวภาพและผลผลิตทางการเกษตรที่อุดมสมบูรณ์พร้อมกับปรับเปลี่ยนระบบการผลิตไปสู่การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า เพื่อรักษาความมั่นคงทางวัตถุดิบ สมดุลของสิ่งแวดล้อม ควบคู่ไปกับการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ การพัฒนาเศรษฐกิจ แบบ BCG ประกอบไปด้วยแนวคิดหลัก 2 แนวคิด คือ เศรษฐกิจชีวภาพและเศรษฐกิจหมุนเวียน รวมกันเป็นแนวคิดที่กว้างขึ้นและสอดรับกับแนวคิดเศรษฐกิจสีเขียว (ภาพที่ 2)

เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) คือ รูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจที่มุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากร ชีวภาพอย่างคุ้มค่าควบคู่ไปกับการรักษาสมดุลทางสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในหลากหลายสาขามา ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพหรือก่อให้เกิดนวัตกรรม ทรัพยากรที่นำมาผลิตในระบบเศรษฐกิจชีวภาพต้องสามารถปลูกทดแทนหรือ นำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Renewable) ลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) หมายถึง ระบบเศรษฐกิจที่มีการวางแผนให้ทรัพยากรในระบบการ ผลิตทั้งหมดสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เพื่อรับมือกับปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรในอนาคต ที่จะมีความต้องการใช้ทรัพยากรเพื่อการผลิตเพิ่มมากขึ้นจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและความ

ต้องการสินค้าและบริการของ ผู้บริโภค ดังนั้น เศรษฐกิจหมุนเวียน จึงมุ่งเน้นการคงคุณค่าผลิตภัณฑ์ให้นานที่สุด ส่งเสริมการใช้ซ้ำ สร้างของเสียในปริมาณที่ต่ำที่สุดและให้ความสำคัญกับการจัดการของเสียจากการผลิตและบริโภค ด้วยการนำวัตถุดิบที่ผ่านการผลิตและบริโภคแล้วเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่

เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) เป็นรูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจที่มุ่งเน้นให้เกิดการพัฒนาที่สมดุลทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เน้นการใช้ทรัพยากรอย่างสมดุล ซึ่งเป็นรูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจที่นำไปสู่ความยั่งยืนและแข่งขันได้ในระดับสากล



ที่มา : สวทช., 2561

ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียนและเศรษฐกิจสีเขียว

2. แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ประกอบด้วย แนวโน้ม/สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยและต่างประเทศ วิสัยทัศน์ เป้าหมายของแผน และแนวทางและมาตรการใน 3 เรื่องหลัก ได้แก่ 1) การปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 6 สาขา ได้แก่ การจัดการน้ำ อุทกภัยและภัยแล้ง การเกษตรและความมั่นคงทางอาหาร สาธารณสุข การท่องเที่ยว การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และการตั้งถิ่นฐานและความมั่นคงของมนุษย์ 2) การลดก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมการเติบโตที่ปล่อยคาร์บอนต่ำ 8 สาขา ได้แก่ การผลิต

ไฟฟ้า คมนาคมขนส่ง การใช้พลังงานในอาคาร อุตสาหกรรม ของเสีย เกษตร ป่าไม้ และการจัดการเมือง 3) การสร้างขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ การพัฒนางานวิจัย เทคโนโลยี กลไกสนับสนุนการดำเนินงาน การสร้างความตระหนักรู้ และแนวทางความร่วมมือ รวมทั้ง แนวทางการขับเคลื่อนและติดตามประเมินการดำเนินงานตามแผนฯ

3. กรอบแผนพลังงานชาติ (National Energy Plan) กระทรวงพลังงาน โดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน หรือ สนพ. อยู่ระหว่างการจัดทำรายละเอียดแผนพลังงานชาติ ที่สอดคล้องกับแนวทางการมุ่งสู่เป้าหมายลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์สุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero GHGs Emission) ภายในปี ค.ศ.2065 – 2070 ซึ่งจะมีผลต่อทิศทางการพัฒนาพลังงานที่สำคัญ ประกอบด้วย 4 ด้านดังนี้

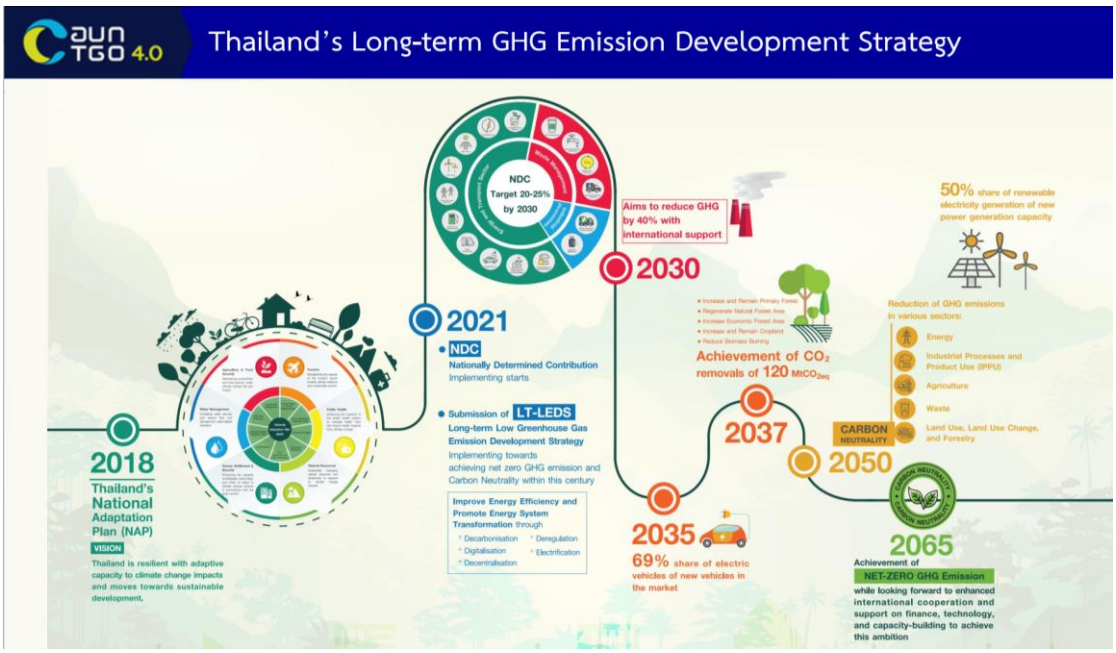
(1) ด้านไฟฟ้า เพิ่มสัดส่วนพลังงานทดแทนและพลังงานสะอาดจากโรงไฟฟ้าใหม่ โดยมีสัดส่วน RE ไม่น้อยกว่า 50%, การส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า, การพัฒนาและยกระดับเทคโนโลยีระบบไฟฟ้า (Grid Modernization) รองรับการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายศูนย์ระบบ Micro Grid และมุ่งปลดล็อคกฎระเบียบการซื้อขายไฟฟ้า รองรับการซื้อขายไฟฟ้าแบบ P2P (Peer-to-Peer) ที่มากขึ้น

(2) ด้านก๊าซธรรมชาติ เน้นการเปิดเสรีและการจัดหาเชื้อเพลิง สร้างความมั่นคงให้กับระบบพลังงานประเทศ วางแผนสร้างสมดุลระหว่างการจัดหาในประเทศ และการนำเข้า LNG มุ่งสู่การเป็นศูนย์กลางการซื้อขาย หรือ LNG Hub

(3) ด้านน้ำมัน ปรับแผนพลังงานภาคขนส่ง สร้างสมดุลระหว่างผู้ใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ (Bio Fuel) และ EV

(4) ด้านพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ส่งเสริมการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนทุกภาคส่วนให้มากขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากทุกภาคส่วนให้เข้มข้นมากขึ้น

4. แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี พ.ศ.2564 – 2573 (Thailand's Nationally Determined Contribution Roadmap on Mitigation 2021 - 2030) (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 Thailand's Net Zero Roadmap 2065

5. แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ สาขาพลังงาน วิสัยทัศน์ขับเคลื่อนการดำเนินงานเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ สาขาพลังงาน ให้บรรลุเป้าหมายตามแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ (NDC Roadmap) มีเป้าหมายลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ สาขาพลังงาน ได้ไม่น้อยกว่า 82 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ภายในปี พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030) เมื่อเทียบกับกรณีปกติ

6. แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ (THAILAND's National Adaptation Plan ; NAP) สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นโยบายและแผนได้กำหนดวิสัยทัศน์ "ประเทศไทยมีภูมิคุ้มกัน และสามารถปรับตัวต่อผลกระทบจาก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อมุ่งสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน" การดำเนินงานด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นการดำเนินงานเพื่อมุ่งผลสำเร็จใน ระยะยาว ดังนั้นแผนการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ จึงกำหนดให้มี

ช่วงเวลา ดำเนินการ ระหว่างปี พ.ศ. 2561 - 2580 ซึ่งจะสอดคล้องกับระยะเวลาของยุทธศาสตร์ชาติ และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ที่มีช่วงเวลาการดำเนินงานทุก 5 ปี ทั้งนี้ การจัดทำแผนการปรับตัวต่อการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นในลักษณะ Rolling Plan ซึ่งมีการติดตามประเมินผลความสำเร็จและ ความก้าวหน้าการดำเนินงานตามแผนเป็นระยะ เพื่อให้สามารถปรับปรุงแผนให้ครอบคลุมและเหมาะสมกับสถานการณ์ในอนาคต

จากการวิเคราะห์ยุทธศาสตร์ชาติ นโยบายและแผนพัฒนาประเทศ ร่วมกับแผนระดับที่ 2 และแผนระดับที่ 3 ที่เกี่ยวข้องในด้านพลังงานหมุนเวียนและสิ่งแวดล้อม สรุปข้อมูลที่เกี่ยวของกับแนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย ดังนี้

1. ด้านนโยบายและการบริหารจัดการ กำหนดเป้าหมายเพื่อบรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย ภายในปี พ.ศ. 2593 และบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ภายในปี พ.ศ. 2608

2. ด้านการผลิตและจัดหาพลังงาน เพิ่มสัดส่วนและปริมาณการใช้พลังงานสะอาดและพลังงานหมุนเวียน ลดและชลอการใช้พลังงานที่มาจากฟอสซิล และพัฒนากลไกตลาดพลังงานหมุนเวียนเพื่อสร้างความสามารถการในแข่งขันที่เป็นธรรม

3. ด้านการใช้พลังงาน เน้นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การอนุรักษ์พลังงาน และการประหยัดพลังงาน

4. ด้านการวิจัยและพัฒนา มุ่งเน้นการพัฒนาและส่งเสริมนวัตกรรมด้านพลังงานหมุนเวียน รวมทั้งเทคโนโลยีกับเก็กพลังงาน (Energy Storage), ระบบโครงข่ายอัจฉริยะ (Smart Grid), เทคโนโลยีการดักจับ ใช้ประโยชน์ และเก็กกักคาร์บอน (Carbon Capture, Utilization and Storage: CCUS)[17]

รูปแบบการจัดการพลังงานหมุนเวียนและความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทยในปัจจุบัน

งานวิจัยนี้ ได้ทำการค้นคว้าและศึกษาแนวทางการดำเนินการด้านพลังงานหมุนเวียนและการจัดการคาร์บอนของประเทศไทยในปัจจุบันรวมถึงแนวโน้มในอนาคต จากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ ดังนี้

1. แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 -2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (PDP2018 Revision 1) ของกระทรวงพลังงาน[18] ร่วมกับ แผน PDP ภาคประชาชน (National Energy Plan NEP-ภาคประชาชน) ของสถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และมูลนิธิพลังงานสะอาดเพื่อประชาชน ซึ่งปัจจุบันกระทรวงพลังงานอยู่ระหว่างการร่างจัดทำแผน PDP 2024

1.1 เมื่อสิ้นแผน PDP2018 Revision 1 ในปลายปี พ.ศ.2580 จะมีกำลังการผลิตไฟฟ้าในระบบ 3 การไฟฟ้า ตามสัญญารวม 77,211 เมกะวัตต์ โดยประกอบด้วยกำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญา ณ สิ้นปี พ.ศ.2560 เท่ากับ 46,090 เมกะวัตต์ กำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าใหม่รวม 56,431 เมกะวัตต์ มีการปลดโรงไฟฟ้าเก่าที่หมดอายุในช่วงปี 2561 – 2580 จำนวน 25,310 เมกกะวัตต์

1.2 ตามที่ประเทศไทยได้แสดงเจตนารมณ์ในลดก๊าซเรือนกระจกลง 20 – 25% ในปี 2573 ตาม COP21 นั้น เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปี พ.ศ.2573 พบว่าดำเนินการตามแผน PDP2018 Revision 1 จะทำให้ประเทศไทยสามารถลดการก๊าซเรือนกระจกได้มากกว่าแผน PDP2018

1.3 เป้าหมายในการลดการปล่อยคาร์บอนตามการศึกษาแผน PDP ภาคประชาชน มีเป้าหมายในการลดการปล่อยคาร์บอนในภาคพลังงาน เพื่อให้ประเทศไทยสามารถลดการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ ภายในปี ค.ศ.2070 ซึ่งการกำหนดเป้าหมายดังกล่าว ได้มีการกำหนดก่อนที่ประเทศไทยจะมีการประกาศเป้าหมายความเป็น

กลางทางคาร์บอน ภายในปี ค.ศ.2050 ซึ่งในแต่ละสถานการณ์ได้มีการกำหนดรายละเอียดแตกต่างกันไป ดังนี้

(1) สถานการณ์แบบอนุรักษ์นิยม (Conservative Scenario) ลดการปล่อยคาร์บอนในภาคการผลิตไฟฟ้าได้ 50% ภายในปี ค.ศ.2050 เมื่อเปรียบเทียบกับปีฐาน ค.ศ.2016 และลดการปล่อยคาร์บอนได้ 75% ในปี ค.ศ.2070 เมื่อเปรียบเทียบกับปีฐาน และมีการใช้เทคโนโลยี CCUS ในส่วนที่เหลือ

(2) สถานการณ์แบบเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Rapid Transformation Scenario) ลดการปล่อยคาร์บอนในภาคการผลิตไฟฟ้าได้ 100% ภายในปี ค.ศ.2050 เมื่อเทียบกับปีฐาน ค.ศ.2016 โดยตั้งสมมติฐานว่าจะมีการชดเชยการปล่อยก๊าซคาร์บอน (Carbon offset) ประมาณ 10 ล้านตัน จากโควต้าที่ได้จากกิจกรรม Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF) ทำให้ไม่มีต้นทุนในเรื่องการชดเชยคาร์บอนเกิดขึ้น แต่ถ้าหากไม่มี Carbon Offset จาก LULUCF แล้ว ก็ต้องพึ่งพาเทคโนโลยี CCUS ในส่วนที่เป็นโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติที่มีอยู่ในระบบเพื่อการรักษาความสมดุลของระบบไฟฟ้า

ตารางที่ 1 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลิตไฟฟ้า (หน่วย : $kgCO_2/kWh$)

ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 /kWh	**2565**	**2570**	**2573**	**2575**	**2580**
PDP2018	0.368	0.339	0.326	0.291	0.283
PDP2018 Revision 1	0.359	0.323	0.315	0.281	0.271

ตารางที่ 5.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายปี (หน่วย : พันตัน)

ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 รายปี	**2565**	**2570**	**2573**	**2575**	**2580**
PDP2018	86,947	94,007	98,743	93,357	103,845
PDP2018 Revision 1	84,841	89,458	95,472	90,228	99,712

2. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 - 2579 (AEDP2015) ของกระทรวงพลังงาน[19] ร่วมกับ AEDP พลังงานทดแทนและพลังงาน

ทางเลือก ภาคประชาชน ชองกลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และมูลนิธิพลังงานสะอาดเพื่อประชาชน

กระทรวงพลังงานได้กำหนดค่าเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ ภายใต้แผน AEDP2015 เป็นร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ในปี 2579 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเป้าหมายตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน ในปี 2579

ประเภทพลังงาน	เป้าหมาย ปี 2579	
ไฟฟ้า	**พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ**	**5,588.24**
	เมกะวัตต์	**19,684.40**
1. ขยะชุมชน	เมกะวัตต์	500.00
2. ขยะอุตสาหกรรม	เมกะวัตต์	50.00
3. ชีวมวล	เมกะวัตต์	5,570.00
4. ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)	เมกะวัตต์	600.00
5. พลังน้ำขนาดเล็ก	เมกะวัตต์	376.00
6. ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)	เมกะวัตต์	680.00
7. พลังงานลม	เมกะวัตต์	3,002.00
8. พลังงานแสงอาทิตย์	เมกะวัตต์	6,000.00
9. พลังน้ำขนาดใหญ่	เมกะวัตต์	2,906.40
ความร้อน	**พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ**	**25,088.00**
1. พลังงานขยะ	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	495.00
2. ชีวมวล	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	22,100.00
3. ก๊าซชีวภาพ	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	1,283.00
4. พลังงานแสงอาทิตย์	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	1,200.00
5. พลังงานความร้อนทางเลือกอื่น	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	10.00
เชื้อเพลิงชีวภาพ	**พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ**	**8,712.43**
1. ไบโอดีเซล	ล้านลิตร/วัน	14.00
2. เอทานอล	ล้านลิตร/วัน	11.30
3. น้ำมันไพโรไลซิส	ล้านลิตร/วัน	0.53
4. ก๊าซไบโอมีเทนอัด	ตัน/วัน	4,800.00
5. เชื้อเพลิงทางเลือกอื่น	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	10.00
การใช้พลังงานทดแทน (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)		**39,388.67**
การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)		**131,000.00**
สัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (%)		**30**

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ ที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดการพลังงานหมุนเวียนและความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทยในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต จะมุ่งเน้นการพัฒนาบนพื้นฐานตามหลักการ **“4D + 1E”** ร่วมกับการใช้ระบบส่งและจ่ายกำลังไฟฟ้าและ Digital Platform ดังนี้

1. **Decarbonization** การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการเพิ่มประมาณและสัดส่วนการผลิตและจัดหาพลังงานหมุนเวียน และมีการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนจากแหล่งเชื้อเพลิงที่หลากหลายรูปแบบ ได้แก่ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ขยะ ลม แสงอาทิตย์ เป็นต้น

2. **Decentralization** ส่งเสริมการกระจายตัวของแหล่งผลิตและจำหน่ายพลังงาน เพื่อสร้างความมั่นคงทางพลังงานจากแหล่งพลังงานที่หลากหลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ

3. **Digitalization** การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลบริหารจัดการระบบโครงข่ายอัจฉริยะด้านพลังงาน เร่งยกระดับโครงข่ายสายส่งไฟฟ้าให้เป็นระบบอัจฉริยะ หรือ Smart Grid / Micro Grid ด้วยการปรับโครงสร้างพื้นฐานเพื่อให้สามารถรองรับการผลิตและซื้อขายไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

4. **Democratization** การปฏิรูปด้านไฟฟ้า ปฏิรูปโครงสร้างการบริหารจัดการไฟฟ้า แก้กฎหมายเปิดเสรีด้านพลังงาน มุ่งให้เกิดนวัตกรรมและการแข่งขัน เพื่อให้ทุกภาคส่วนทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน ร่วมกันพัฒนาใช้พลังงานหมุนเวียนอย่างมีประสิทธิภาพ

5. **Electrification** เป็นการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า (EV) ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต จากการเปลี่ยนแปลงรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปเป็นเครื่องยนต์ไฟฟ้า พร้อมทั้งขยายโครงระบบสายส่งเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้า

ต้นแบบการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนของประเทศพัฒนาแล้ว

งานวิจัยนี้เลือกต้นแบบของประเทศที่มีการพัฒนาอย่างก้าวหน้าทางด้านพลังงานหมุนเวียนและความเป็นกลางทางคาร์บอน จำนวน 3 ประเทศ ได้แก่ ฟินแลนด์ สวีเดน และเดนมาร์ก ตามรายละเอียด ดังนี้

1. ประเทศฟินแลนด์[20]

ประเทศฟินแลนด์ มีการใช้พลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้นจาก 34% ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด (Total Final Energy Consumption ; TFEC) ในปี พ.ศ. 2554 เป็น 48% ภายในปี พ.ศ.2564 โดยขับเคลื่อนจากพลังงานชีวภาพเป็นหลัก คิดเป็น 38%, พลังงานไฟฟ้าพลังน้ำ คิดเป็น 6.1% และพลังงานลม คิดเป็น 3.3% ในปี พ.ศ.2564 ด้านพลังงานจากการทำความร้อนและความเย็น มีสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน 53% และด้านการผลิตไฟฟ้า มีสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน 39% และด้านการขนส่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน 20% การเติบโตนี้ทำให้ในปี พ.ศ.2563 ฟินแลนด์มีสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนขั้นสุดท้ายทั้งหมดสูงเป็นอันดับ 3 ในกลุ่มประเทศสมาชิกของสำนักงานพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency ; IEA) จำนวนทั้งหมด 31 ประเทศ

ยุทธศาสตร์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของฟินแลนด์ ซึ่งมุ่งเป้าสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน ภายในปี พ.ศ.2578 มุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการพัฒนานวัตกรรมทางเทคโนโลยี โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานจากไฮโดรเจนที่ยั่งยืนสำหรับการภาคอุตสาหกรรมและขนส่งขนาดใหญ่ จากข้อมูลในปี พ.ศ.2564 อุปทานพลังงานของฟินแลนด์มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิลน้อยกว่าประเทศอื่นๆ โดยพลังงานที่มาจากแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล คิดเป็น 36% เท่านั้น ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ IEA ที่ 70% อย่างมาก การผสมผสานพลังงานของประเทศฟินแลนด์เน้นไปที่แหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น ชีวมวล พลังงานน้ำ และพลังงานลม มาตรการเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของความพยายาม

ของประเทศฟินแลนด์ในการลดความเข้มข้นของการใช้พลังงานและปรับปรุงความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ

ตามรายงานทบทวนนโยบายพลังงานของ IEA พบว่า ปี 2023 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมดของประเทศฟินแลนด์ เพิ่มขึ้นมาจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนอย่างเห็นได้ชัด โดยเพิ่มขึ้นจาก 34% เป็น 48% ระหว่างปี 2011 ถึง 2021 โดยการเพิ่มขึ้นนี้ได้รับแรงหนุนจากการเติบโตของพลังงานชีวภาพจาก 29% เป็น 38%, ไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเพิ่มขึ้นจาก 4.7% เป็น 6.1% และพลังงานลม เพิ่มขึ้นจาก 0.2% เป็น 3.3% ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด

ในปี 2021 พลังงานหมุนเวียนคิดเป็นสัดส่วนโดยรวม 43% มาจาก ด้านไฟฟ้า 39%, ด้านการทำความร้อนและความเย็น 53% และด้านการขนส่ง 20% สำหรับปี 2030 มีการตั้งเป้าหมายพลังงานหมุนเวียนโดยรวมเป็น 51% โดยมีเป้าหมายเฉพาะด้านไฟฟ้า 53% ด้านการทำความร้อนและความเย็น 61% และด้านการขนส่ง 45%

รัฐบาลคาดว่าความต้องการเชื้อเพลิงฟอสซิลทั่วโลกที่เพิ่มขึ้นจะช่วยผลักดันราคาให้สูงขึ้นในระยะยาว เมื่อรวมกับต้นทุนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว ความสัมพันธ์ด้านราคาของฟอสซิลและพลังงานหมุนเวียนจะเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ รัฐบาลมองเห็นการเติบโตอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการใช้พลังงานจากไม้ พลังงานจากเชื้อเพลิงขยะ พลังงานก๊าซชีวภาพ และพลังงานลม ประกอบกับระบบภาษีนำเข้าจะถูกนำเสนอเป็นนโยบายและมาตรการใหม่ที่สำคัญ เพื่อขับเคลื่อนการนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ โดยมีประเด็นยุทธศาสตร์ที่สำคัญอื่นๆ ดังนี้

(1) การใช้พลังงานชีวภาพในอุตสาหกรรมป่าไม้จะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

(2) การใช้เศษไม้จากป่าไม้เป็นเชื้อเพลิงและวัตถุดิบจะเพิ่มเป็น 3 เท่า ภายในปี พ.ศ.2563 คิดเป็น 12 ล้านลูกบาศก์เมตร

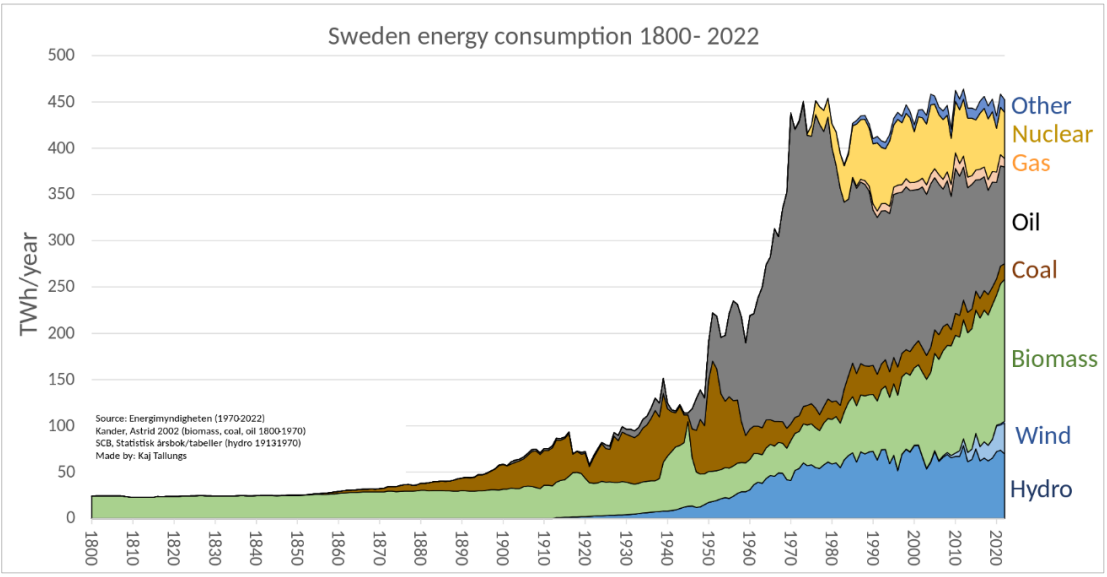
(3) รัฐบาลจะสนับสนุนการติดตั้งปั๊มความร้อน พลังงานชีวภาพ และระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนในพื้นที่

(4) การใช้น้ำมันฟอสซิลเพื่อให้ความร้อนจะสิ้นสุดลงอย่างช้าที่สุดในห้วงปี พ.ศ.2563

(5) การใช้ชีวมวลทางการเกษตรและก๊าซชีวภาพจะเพิ่มขึ้น

2. ประเทศสวีเดน[21]

แผนยุทธศาสตร์ด้านพลังงานของประเทศสวีเดน กำหนดเป้าหมายให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียน 65% ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด ภายในปี พ.ศ.2573 และ 100% ภายในปี พ.ศ.2583 โดยในปี พ.ศ.2552 สวีเดนสามารถบรรลุเป้าหมาย 45%, ในปี พ.ศ.2558 บรรลุเป้าหมาย 50% และในปี พ.ศ.2563 บรรลุเป้าหมาย 55% ซึ่งพลังงานหมุนเวียน ประกอบด้วย พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล พลังงานความร้อนใต้พิภพ (ภาพที่ 4)



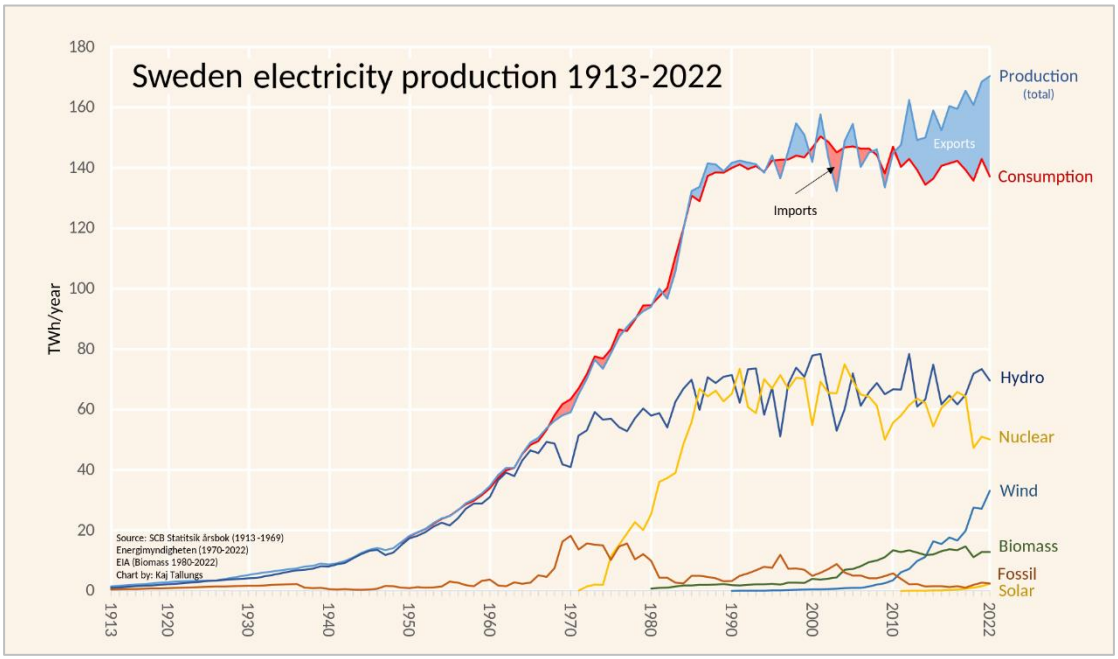
ภาพที่ 4 การใช้พลังงานในอดีตของสวีเดน แยกตามแหล่งพลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า

ภายใต้เงื่อนไขด้านพลังงานหมุนเวียนของสหภาพยุโรป (EU Renewables Directive) ประเทศสวีเดนกำลังดำเนินการเพื่อให้บรรลุสัดส่วนเป้าหมายการใช้พลังงานหมุนเวียน 49% ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายขั้นต้น ได้แก่ ภาคไฟฟ้า ภาคความร้อนและความเย็น และภาคการขนส่ง ภายในปี พ.ศ.2563 โดยสวีเดนได้บรรลุเป้าหมายของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมดจากพลังงานหมุนเวียน ในปี พ.ศ.2557 คิดเป็น 52.6% เพิ่มขึ้นจาก 38.7% ในปี พ.ศ.2547 จึงส่งผลให้สวีเดนเป็นประเทศชั้นนำในกลุ่ม EU-28 ในด้าน

ของการใช้พลังงานหมุนเวียนตามสัดส่วน ตามมาด้วยประเทศฟินแลนด์และลัตเวียที่ 38.7% ออสเตรีย 33.1% และเดนมาร์ก 29.2% ไอซ์แลนด์และนอร์เวย์ ยังคงนำหน้าสวีเดนที่ 77.1% และ 69.2% ตามลำดับ

ในปี 2014 ประเทศสวีเดน มีการใช้พลังงานหมุนเวียน คิดเป็น 52.6% ของการใช้พลังงานรวมขั้นสุดท้าย ซึ่งสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนแต่ละด้าน เป็นดังนี้ 1) ด้านการทำความร้อนและความเย็น คิดเป็น 68.1%, 2) ด้านไฟฟ้า คิดเป็น 63.3% และ 3) ด้านการขนส่ง คิดเป็น 19.2%

สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของสวีเดนอยู่ในระดับสูง โดยพลังงานน้ำ พลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมกันคิดเป็น 49.8% ของไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปี พ.ศ.2557 เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศ สัดส่วนดังกล่าวเพิ่มขึ้นเป็น 55.5% นับตั้งแต่ปี พ.ศ.2546 สวีเดนได้สนับสนุนพลังงานหมุนเวียนในภาคการผลิตไฟฟ้าด้วยภาระผูกพัน “ใบรับรองไฟฟ้าสีเขียว” สำหรับผู้จัดหาพลังงานไฟฟ้าแบบขายปลีก ในปี พ.ศ.2558 แผนของระบบใบรับรอง คือการสนับสนุน 25 TWh ของการผลิตไฟฟ้าทดแทนใหม่ภายในปี พ.ศ.2563 (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 การผลิตไฟฟ้าในอดีตตามแหล่งที่มา ค.ศ.1913 ถึง 2022

นโยบายในการควบคุมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศสวีเดน ตามข้อมูลของสำนักงานสารสนเทศด้านพลังงาน การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานของประเทศสวีเดนอยู่ที่ 54.77 ล้านตัน ในปี พ.ศ.2552 ซึ่งต่ำกว่าฟินแลนเล็กน้อยที่ 54.86 ล้านตัน เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนประชากรที่แตกต่างกันก็ตาม การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อประชากรในปี พ.ศ.2552 ของประเทศสวีเดน คิดเป็น 5.58 ตันต่อคน และประเทศฟินแลนด์ คิดเป็น 9.93 ตันต่อคน

3. ประเทศเดนมาร์ก[22]

ประเทศเดนมาร์ก เป็นประเทศผู้นำในด้านการผลิตและการใช้พลังงานหมุนเวียน แหล่งพลังงานหมุนเวียนมาจากการผลิตไฟฟ้ารวมกัน 81% ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดของเดนมาร์ก ในปี พ.ศ.2565 และคาดว่าจะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศได้ 100% ตั้งแต่ปี พ.ศ.2573 เมื่อรวมการใช้พลังงานในภาคความร้อนและความเย็น และภาคการขนส่ง คาดว่าประเทศเดนมาร์กจะบรรลุการใช้พลังงานหมุนเวียน 100% ในปี พ.ศ.2593 เพิ่มขึ้นจาก 34% ที่บันทึกไว้ในปี พ.ศ.2564 ซึ่งการผลิตไฟฟ้าของเดนมาร์กมีการกระจายอำนาจมากขึ้น โดยการปรับจากการผลิตโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ตั้งอยู่ส่วนกลาง ไปยังโรงไฟฟ้าความร้อนร่วมขนาดเล็กจำนวนมากในท้องถิ่น และส่วนใหญ่โรงไฟฟ้าเหล่านี้หลายแห่งใช้พลังงานชีวภาพจากท้องถิ่น รวมถึงไม้อัดเม็ก (Wood Pellets) และฟางข้าว

แหล่งผลิตพลังงานของประเทศเดนมาร์ก ในปี พ.ศ.2560 ลมเป็นแหล่งพลังงานหลักในการผลิตไฟฟ้าสุทธิของเดนมาร์ก โดยคิดเป็นร้อยละ 50.2 ของการผลิตทั้งหมดต่อปี เชื้อเพลิงชีวภาพ (ไม้ ฟางข้าว และก๊าซชีวภาพ) และขยะส่วนที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่ใหญ่เป็นอันดับ 2 ที่ 18.5% ของการผลิตในประเทศ พลังงานแสงอาทิตย์เติบโตอย่างมากในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา จากฐานที่ต่ำและมีส่วนแบ่งเพิ่มอีก 2.7% การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ คิดเป็น 0.1% ของการผลิตไฟฟ้าสุทธิในระดับชาติ สวีเดนยังคงรักษาความเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับแหล่งสำรองไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ของประเทศเพื่อนบ้าน ในปี พ.ศ.2560 เชื้อเพลิงฟอสซิลและแหล่งที่ไม่สามารถ

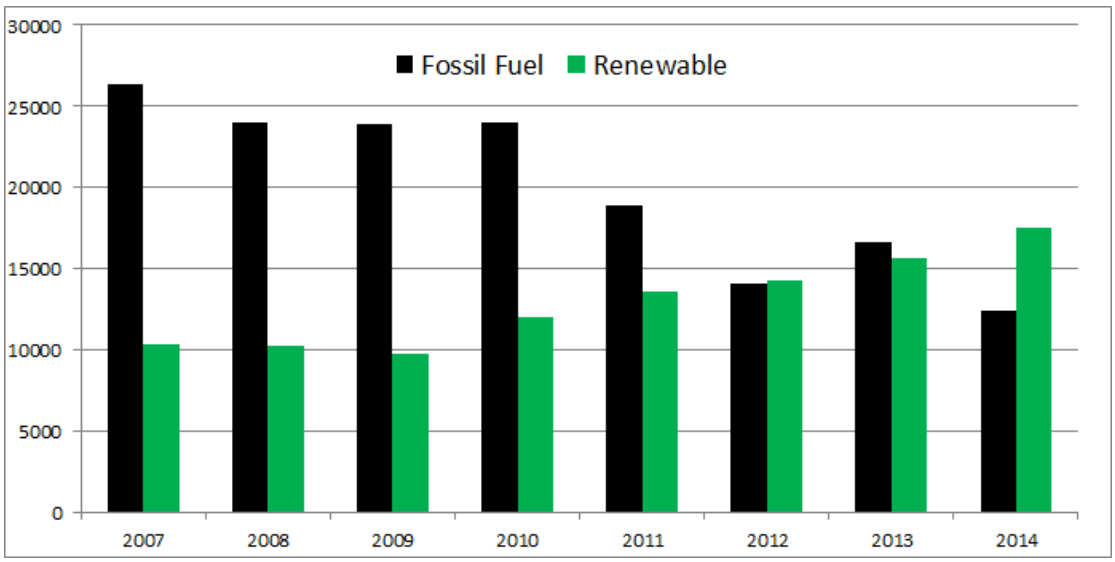
หมุนเวียนอื่นๆ คิดเป็นสัดส่วน 28.6% ของการผลิตสุทธิทั้งหมดของประเทศเดนมาร์ก และยังคงลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเทียบกับทั้งหมด 71.4% ที่เกิดจากแหล่งเชื้อเพลิงหมุนเวียน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การผลิตไฟฟ้าในประเทศเดนมาร์ก (Gwh) จากแหล่งพลังงานหมุนเวียน

	Total electricity generation*	Land based wind turbines	Offshore wind turbines	Photovoltaics	Hydropower**	Biofuels	Waste	Thermal generation from RE fuels***	Total renewable generation	% of National generation
2007	37,024	5,800	1,370		*30*	1,936	1,570	3,192	10,392	**28.1%**
2008	34,649	5,453	1,524		*27*	1,920	1,672	3,257	10,261	**29.6%**
2009	34,290	5,046	1,664		*20*	2,117	1,551	3,029	9,759	**28.5%**
2010	36,618	5,122	2,686		*21*	3,313	1,467	4,176	12,005	**32.8%**
2011	33,210	6,360	3,405		*18*	3,025	1,502	3,851	13,634	**41.1%**
2012	29,025	6,796	3,472	104	*18*	3,143	1,440	3,935	14,325	**49.4%**
2013	32,956	6,772	4,351	518	15	3,220	1,411	3,996	15,652	**47.5%**
2014	30,615	7,913	5,165	597	16	3,078	1,441	3,871	17,562	**57.4%**
2015	27,704	9,300	4,833	605	19	2,998	1,438	3,789	18,545	**66.9%**
2016	28,930	8,132	4,650	744	19	3,508	1,377	4,266	17,811	**61.6%**
2017	29,453	9,597	5,180	789	18	4,711	1,360	5,455	21,043	**71.4%**

ประเทศเดนมาร์กทำการลดเชื้อเพลิงฟอสซิล การผลิตไฟฟ้าสุทธิจากแหล่งเชื้อเพลิงหมุนเวียนและเชื้อเพลิงฟอสซิลในเดนมาร์ก ระหว่างปี พ.ศ.2550 ถึง 2557 การผลิตพลังงานหมุนเวียนในเดนมาร์กเพิ่มขึ้นจาก 10.4 TWh เป็น 17.6 TWh และในปี พ.ศ. 2550 การผลิตเชื้อเพลิงฟอสซิลลดลงจาก 26.3 TWh เป็น 12.4 TWh ในปี พ.ศ.2557 ไฟฟ้าเกิดจากพลังงานหมุนเวียนมีปริมาณเกินกว่าไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ.2555 และอีกครั้งในปี พ.ศ.2557

ตัวอย่างเช่น พลังงานถ่านหินได้ลดลงจาก 90% ของการผลิตไฟฟ้าของเดนมาร์กในปี 1990, เป็น 42% ในปี 2005 และ 10% ในปี พ.ศ.2563 แผนปัจจุบัน (พ.ศ.2566) คาดว่าจะเลิกใช้ถ่านหินในภาคไฟฟ้าและภาคความร้อน โดยสมบูรณ์ภายในปี พ.ศ.2573 (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 การผลิตไฟฟ้าสุทธิจากแหล่งเชื้อเพลิงหมุนเวียนและเชื้อเพลิงฟอสซิลในเดนมาร์ก

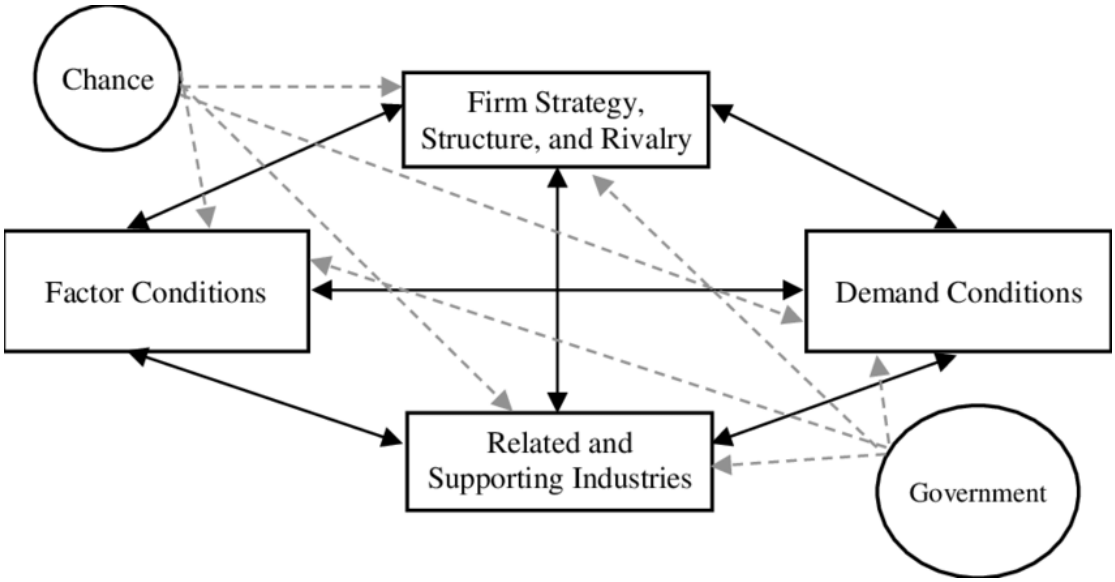
ประเทศเดนมาร์กเป็นผู้นำในด้านนโยบายที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและปัจจุบันวางแผนที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 70% ภายในปี พ.ศ.2573 จากระดับปี พ.ศ.2553 และเพื่อให้บรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอนภายในปี พ.ศ.2593 ความพยายามดังกล่าวกระตุ้นให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงครึ่งหนึ่งจากระดับปี พ.ศ. 2562

ประเทศต้นแบบการพัฒนาใช้พลังงานหมุนเวียนและมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน ทั้ง 3 ประเทศข้างต้นผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเป็นหลัก ถือเป็นต้นแบบที่ดีสำหรับประเทศไทย เนื่องจากเป็นแนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนจากทรัพยากรในประเทศ โดยใช้ศักยภาพทางภูมิศาสตร์และจุดเด่นของแต่ละประเทศเพื่อพัฒนาพลังงานหมุนเวียนที่เหมาะสม อาทิเช่น 1) ฟินแลนด์ ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลเป็นหลัก เนื่องจาก ประเทศมีทรัพยากรป่าไม้และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง มีรูปแบบการจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืนมาอย่างยาวนาน จึงเหมาะเป็นต้นแบบสำหรับประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อน พื้นที่การเกษตรและป่าไม้มีศักภาพในการให้ผลผลิตชีวมวลและเก็บกักคาร์บอน 2) ประเทศสวีเดนผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเป็นหลัก เนื่องจาก ภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีศักยภาพในการสร้างเขื่อนผลิตไฟฟ้าได้ดี แต่ปัจจุบันพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม เข้ามามีบทบาทสำคัญในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น จึงเหมาะเป็นต้นแบบสำหรับ

ประเทศไทยที่ตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรมีศักยภาพในการรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ และ 3) เดนมาร์ก ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วน 50.2% รองลงมาคือการผลิตไฟฟ้าจากไม้ คิดเป็นสัดส่วน 12.2% จึงเหมาะเป็นต้นแบบสำหรับประเทศไทยในการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนจากลมร่วมกับชีวมวล ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยยังคงมีพลังงานลมในปริมาณและสัดส่วนน้อยในอนาคตสามารถพัฒนาได้ทั้งบนบกและในทะเล

การวิเคราะห์ศักยภาพและสภาวะแวดล้อมโดยใช้ Diamond Model

Diamond Model (ภาพที่ 7) หรือเรียกอีกชื่อว่า Porter's Diamond หรือทฤษฎี Porter Diamond of National Advantage เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการประเมินศักยภาพการแข่งขัน และประเมินความได้เปรียบทางการแข่งขันของอุตสาหกรรม แบบจำลองนี้ใช้ปัจจัย 4 ด้าน สำหรับนำมาพิจารณาและวิเคราะห์ ได้แก่ (1) ปัจจัยการผลิต (Factor Conditions), (2) ปัจจัยด้านอุปสงค์ (Demand Condition), (3) กลยุทธ์ขององค์กร โครงสร้าง และการแข่งขัน (Firm Strategy, Structure and Rivalry) และ (4) อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องและสนับสนุน (Related and Supporting Industries) ตามที่ Michael Porter ผู้สร้างโมเดลกล่าวไว้ "ปัจจัยกำหนดเหล่านี้สร้างสภาพแวดล้อมระดับชาติที่องค์กรต่างๆ ถือกำหนดขึ้นและเรียนรู้วิธีการแข่งขัน"



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ของปัจจัยภายใต้ทฤษฎี Diamond Model

วิเคราะห์ศักยภาพการแข่งขัน ปัจจัย 4 ด้าน

งานวิจัยนี้พิจารณาปัจจัย 4 ด้าน ทั้งทางบวกและทางลบ ในกลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียนของประเทศไทย เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย ดังนี้

1. ปัจจัยการผลิต (Factor Conditions)

(1) ด้านทรัพยากร (+) ; ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคเขตร้อน (Tropical Zone) มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรน้ำ ป่าไม้ ความหลากหลายทางชีวภาพ ส่งผลให้กำลังการผลิตชีวภาพมีศักยภาพสูง ตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรได้รับแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี มีความเหมาะสมเพื่อรับพลังงานต้นกำเนิดจากดวงอาทิตย์ ซึ่งถือเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานหมุนเวียน

(2) โครงสร้างพื้นฐาน (-) ; ประเทศไทยยังคงมีสัญญาระยะยาวซื้อขายไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ทั้งจากภาคเอกชนและประเทศเพื่อนบ้าน (-) อยู่ระหว่าการศึกษาและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านระบบโครงข่ายอัจฉริยะด้านพลังงาน (Smart Grid) และอยู่ในระยะเริ่มต้นการทำ Digital Platform การซื้อขายคาร์บอนเครดิตและพลังงานหมุนเวียน

(3) ด้านความรู้ (-) ; เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน และเทคโนโลยีการลดและดักจับคาร์บอน เป็นองค์ความรู้ที่ประเทศไทยยังต้องศึกษาและได้รับการถ่ายทอดจากต่างประเทศที่พัฒนาแล้ว

2. ปัจจัยด้านอุปสงค์ (Demand Condition)

(1) ด้านการตลาด (+) ; สินค้า 5 กลุ่มแรก ได้แก่ เหล็กและเหล็กกล้า ซีเมนต์ กระแสไฟฟ้า ปุ๋ยและอลูมิเนียม มาตรการ CBAM[23] เป็น 1 ในมาตรการสำคัญของ

European Green Deal ที่สหภาพยุโรปจะนำมาปรับใช้ ส่งผลให้อุตสาหกรรมดังกล่าวมีความต้องการใช้พลังงานหมุนเวียนเพิ่มสูงขึ้น

(2) ด้านความต้องการของผู้ซื้อ (+) ; ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งผู้ลงทุนในภาคอุตสาหกรรม เช่น นักลงทุนจากประเทศญี่ปุ่น มีความประสงค์จะใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นปัจจัยการผลิตในอุตสาหกรรมที่ลงทุน

(3) การตอบสนองของธุรกิจ (+) ; ในภาคเอกชนมีความพร้อมสำหรับการลงทุนในอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน (-) แต่จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือกับภาครัฐในเรื่องระบบโครงข่ายอัจฉริยะ และการปรับปรุงกฎหมายและกฎระเบียบให้เหมาะสมต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน

3. กลยุทธ์ขององค์กร โครงสร้าง และการแข่งขัน (Firm Strategy, Structure and Rivalry)

(1) อุตสาหกรรมต้นน้ำ (+) ; การจัดหาวัตถุดิบและการแปรรูปขั้นต้นสำหรับผลิตพลังงานหมุนเวียน สามารถดำเนินการได้ภายในประเทศ เช่น การรวบรวมเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อเป็นพลังงานชีวมวล การรวบรวขยะมและการนำขยะที่ฝังกลบแล้วในอดีต เพื่อเป็นพลังงานจากขยะ การต่อยอดการใช้ประโยชน์จากกากของเสียในภาคอุตสาหกรรมเพื่อเป็นพลังงานจากก๊าซชีวภาพ เป็นต้น

(-) ด้านพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม ยังต้องนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ สำหรับการสร้างโรงงานผลิตไฟฟ้า

(2) อุตสาหกรรมกลางน้ำ (+) ; ปัจจุบันประเทศไทยมีการนำเข้าเทคโนโลยีการผลิตพลังงานหมุนเวียน พร้อมทั้งสร้างโรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบต่างๆ ในประเทศไทยมากกว่า 20 ปี ส่งผลให้ผู้ประกอบการ วิศวกร ช่างเทคนิค มีการขยายองค์ความรู้และความชำนาญทางเทคโนโลยีได้มากขึ้น

(+) ภาคเอกชนมีความพร้อมในการลงทุนสร้างโรงงานแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ในประเทศไทย

(3) อุตสาหกรรมปลายน้ำ (+) ; ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตและจัดหาพลังงานหมุนเวียน เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในทุกภาคส่วน ทั้งด้านไฟฟ้า ด้านการใช้ความร้อน และด้านการขนส่ง

(-) แต่ปัจจุบันยังต้องการความร่วมมือจากภาครัฐในด้านการปรับปรุงกฎระเบียบให้เหมาะสมเพื่อสามารถพัฒนาการใช้พลังงานหมุนเวียนได้อย่างรวดเร็ว

(4) ด้านความร่วมมือระหว่างกัน (+) ; ประเทศไทยมีองค์กรทำหน้าที่ประสานความร่วมมือเพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น กลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, คณะกรรมการพลังงานหอการค้าไทย สภาหาการค้าแห่งประเทศไทย, สมาคมพลังงานหมุนเวียนไทย (RE100) และมูลนิธิพลังงานสะอาดเพื่อประชาชน มีบทบาทเสนอแนะและให้ความร่วมมือกับภาครัฐ และภาคประชาสังคม ในการกำหนดแนวททางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนของประเทศไทย

4. อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องและสนับสนุน (Related and Supporting Industries)

(1) ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) (+) เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้เกิดการพัฒนาใช้พลังงานะอาดและพลังงานหมุนเวียน

(+) ตามความตกลงปารีส[24] หรือ Paris Agreement ซึ่งมีมาตรการ CBAM เป็น 1 ใน มาตรการสำคัญของ European Green Deal ที่สหภาพยุโรปจะนำมาปรับใช้ คือ มาตรการปรับราคาคาร์บอนก่อนข้ามพรมแดนของสหภาพยุโรป ซึ่งเป็นการกำหนดราคาสินค้านำเข้าบางประเภทเพื่อป้องกันการนำเข้าสินค้าที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเข้ามาในโซน EU ในสินค้า 5 กลุ่มแรก ได้แก่ เหล็กและเหล็กกล้า ซีเมนต์ กระแสไฟฟ้า ปุ๋ย และอลูมิเนียม ซึ่งจะส่งกระทบต่อผู้ส่งออกของประเทศไทย

(+) คณะกรรมการธิการยุโรป ได้ออกแผนการปฏิรูปสีเขียว โดยตั้งเป้าหมายจะลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHGs) ลง 50% ถึง 55% ภายในปี พ.ศ.2573 และในปี พ.ศ. 2593 ต้องปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero GHGs Emission) เพื่อทำให้อุณหภูมิของโลกไม่เพิ่มเกิน 0.5 – 2.0 องศาเซลเซียส

(2) นโนบายภาครัฐ (+) ; ยุทธศาสตร์ชาติและนโยบายภาครัฐ ระดับ 1,2 และ 3 มีการกำหนดเรื่องการพัฒนาบนพื้นฐานความยั่งยืนทางด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และมีแผนการใช้พลังงานหมุนเวียนเพิ่มสูงขึ้น พร้อมทั้งกำหนดเป้าหมายเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนที่ชัดเจน ภายในปี ค.ศ.2050

(+) ภาครัฐอยู่ระหว่างการออกร่าง พ.ร.บ.การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อจัดการปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย อันนำไปสู่การป้องกันและลดความรุนแรงของปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก

ทั้งนี้ จากการวิเคราะห์ปัจจัยตามทฤษฎี Diamond Model พบว่า ประเทศไทยมีศักยภาพในการพัฒนาใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสูความเป็นกลางทางคาร์บอน แต่ยังจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากทุกภาคส่วน โดยเฉพาะภาครัฐช่วยพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง และปรับปรุงกฎหมายและข้อระเบียบทางราชการให้เกิดความเหมาะสมต่อการพัฒนาพลังงานหมุนเวียน เพื่อให้ภาคอุตสาหกรรมและบริการ และภาคประชาชน สามารถเป็นผู้ผลิตไฟฟ้า ผู้ใช้ไฟฟ้า และผู้จำหน่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างเสรีและเป็นธรรม ก่อให้เกิดความมั่นคงทางพลังงาน ส่งเสริมศักยภาพการแข่งขัน บนพื้นฐานความยั่งยืนทางทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

แนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย

จากการศึกษาผู้วิจัยได้เสนอแนวทางดำเนินการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย แบ่งเป็น 6 แนวทางย่อยซึ่งความสัมพันธ์กัน ได้แก่ 1) แนวทางการออกแบบกิจกรรมปลดปล่อยคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Design), 2) แนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและอนุรักษ์พลังงาน (Energy Efficiency), 3)

แนวทางส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy), 4) แนวทางลดการปลดปล่อยและดักจับคาร์บอน (Carbon Reduction / Removal), 5) แนวทางการรับรองคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) และ 6) แนวทางตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตและพลังงานหมุนเวียน (Digital Trading Platform) ตามรายละเอียด ดังนี้

1. **Low Carbon Design** แนวทางการออกแบบกิจกรรมปลดปล่อยคาร์บอนต่ำ ซึ่งการพัฒนาโครงการต่างๆ ของประเทศไทย เช่น ที่อยู่อาศัย อาคารสูง ศูนย์การค้า โรงงานอุตสาหกรรม สายการผลิต การขนส่งสินค้า เป็นต้น การพัฒนาและออกแบบถือเป็นจุดเริ่มต้นของการใช้พลังงานและการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจก ซึ่งการพัฒนาและออกแบบต้องคำนึงถึงกิจกรรมตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ภายใต้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนของการใช้ทรัพยากร ผ่านกระบวนการที่เป็นวงจร 9 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การคัดสรรค์แหล่งที่มาของวัตถุดิบที่ปลดปล่อยคาร์บอนต่ำ
(2) การขนส่งวัตถุดิบไปยังโรงงานผลิตวัสดุที่ใช้ในโครงการ
(3) กระบวนการผลิตสินค้าและบริการที่ใช้ในโครงการ
(4) การเตรียมชิ้นส่วนและเตรียมการก่อสร้างโครงการ
(5) การขนส่งสินค้าไปยังสถานที่ติดตั้งโครงการ
(6) การก่อสร้างและติดตั้งโครงการ
(7) การใช้ประโยชน์และบำรุงรักษาโครงการ
(8) การรื้อทำลายเมื่อโครงการสิ้นสุดการใช้ประโยชน์ลง
(9) การฝังกลบเศษซาก หรือ รีไซเคิลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

2. **Energy Efficiency** แนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและอนุรักษ์พลังงาน เป็นการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งเป็นแนวทางตามกรอบแผนพลังงานชาติ ตัวอย่างการดำเนินการ ดังนี้

(1) ปรับปรุงสายการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม

(2) ปรับปรุงอาคารสำนักงานเป็นอาคารประหยัดพลังงาน และปฏิบัติตามกฎหมายเกณฑ์มาตรฐานอาคารพลังงาน (BEC)

(3) การใช้เทคโนโลยีด้านโลจิสติกส์เพิ่มประสิทธิภาพด้านการขนส่ง

(4) ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานโดยใช้มาตรการธุรกิจจัดการพลังงาน (ESCO)

3. **Renewable Energy** แนวทางส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน ถือเป็นแนวทางหลักของการมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน เนื่องจากภาคพลังงานมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นสัดส่วนมากที่สุดถึง 70% ของการปล่อยทั้งหมด ซึ่งมีแนวทางเสนอแนะ ดังนี้

(1) เพิ่มการผลิตพลังงานหมุนเวียนให้มีปริมาณและสัดส่วนเพิ่มสูงขึ้น เพื่อบรรลุแผนของกระทรวงพลังงาน และให้บรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนในทุกกลุ่ม ทั้งด้านไฟฟ้า ด้านความร้อนและความเย็น และด้านเชื้อเพลิงชีวภาพ

(2) ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน การกระตัวของเชื้อเพลิงที่หลากหลาย ได้แก่ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ขยะ แสงอาทิตย์ และลม เพื่อรักษาเสถียรภาพความมั่นคงทางพลังงาน ควบคู่กับการลดการปลดปล่อยคาร์บอน

(3) ภาครัฐส่งเสริมและสนับสนุน กลไกให้หน่วยธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs) และวิสาหกิจชุมชนเป็นผู้ผลิต ผู้ใช้ และผู้จำหน่ายไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนได้เอง (Prosumer) โครงสร้างพื้นฐานของรัฐ เช่น ระบบการซื้อขายไฟฟ้าแบบ P2P (Peer-to-Peer Energy Trading)[25], ระบบโครงข่ายอัจฉริยะ (Smart Grid[26] / Micro Grid) และระบบมิเตอร์แบบดิจิตอล (Net Metering)

(4) กำหนดมาตรฐานกลางที่ใช้อ้างอิงการจำแนกและจัดกลุ่มกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของไทย (Thailand Taxonomy[27]) เพื่อนำไปเป็นเครื่องมือทางการเงินสีเขียว การสร้างมาตรการจูงใจให้กับผู้ลงทุนในธุรกิจและอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามกลไก ESG โดยภาครัฐและสถาบันการเงินสนับสนุนทางด้านการเงินและสิทธิประโยชน์ต่างๆ

4. **Carbon Reduction / Removal** แนวทางลดการปลดปล่อยและดักจับคาร์บอน ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องใช้เทคโนโลยีเข้ามาจัดการ มีแนวทางเสนอแนะ ดังนี้

(1) ลด ละ เลิก การใช้พลังงานจากแหล่งที่ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน

(2) ส่งเสริมการใช้หลัก 3Rs ในภาคอุตสาหกรรม ได้แก่ Reduce ลดการใช้ทรัพยากรหรือใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด, Reuse ส่งเสริมให้นำทรัพยากรที่ยังใช้ประโยชน์ได้นำกลับมาใช้ซ้ำ และ Recycle ส่งเสริมให้นำทรัพยากรที่ใช้แล้วไปแปรรูปเพื่อนำกลับไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่นๆ บนพื้นฐานของเศรษฐกิจหมุนเวียน

(3) ส่งเสริมการปลูกป่าหรือบำรุงป่าเสื่อมโทรมเพื่อเก็บกักคาร์บอน เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน การใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเกษตรและป่าไม้มีศักยภาพในการเก็บกับคาร์บอน และศึกษาการใช้เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการเก็บกักคาร์บอน (Carbon Capture, Utilization and Storage ; CCUS)

5. **Carbon Credit** แนวทางเพื่อการรับรองคาร์บอนเครดิต งานวิจัยเสนอแนวทางส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการรับรองคาร์บอนเครดิตในประเทศไทย ดังนี้

(1) ส่งเสริมให้องค์กรต่างๆ จัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นองค์กร (Carbon Footprint for Organization ; CFO) และจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint for Product ; CFP) ของแต่ละองค์กร

(2) ภาครัฐสนับสนุนการสร้างบุคลากรเป็นผู้ตรวจประเมินภายนอกหรือผู้ทวนสอบ (Validation and Verification Body ; VVB) สำหรับการทวนสอบการคำนวน CFO และ CFP เพื่อรับรองปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนและการรับรองเครดิต

(3) ภาครัฐสนับสนุนสิทธิประโยชน์สำหรับองค์กรที่เป็นหน่วยธุรกิจ เพื่อกระตุ้นให้จัดทำ CFO และ CFP เช่น สิทธิประโยชน์ทางภาษีสำหรับนิติบุคคล เป็นต้น

6. **Digital Trading Platform** แนวทางของตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตและพลังงานหมุนเวียน เสนอแนวทางการสร้างกลไกตลาดการซื้อขายคาร์บอนเครดิตและพลังงานหมุนเวียน (REC) ผ่าน Digital Trading Platform ดังนี้

(1) พัฒนา Digital Trading Platform ส่วนกลางของประเทศไทย และส่งเสริมการพัฒนาของภาคเอกชน สำหรับการซื้อขายคาร์บอนเครดิตและพลังงานหมุนเวียนให้องค์กรต่างๆ และประชาชนทั่วไป เข้าถึงการซื้อขายคาร์บอนเครดิตและพลังงานหมุนเวียนได้ทั่วถึง ตามรูปแบบ P2P

(2) สร้างระบบกลไกราคาตลาดของคาร์บอนเครดิตและพลังงานหมุนเวียนที่เป็นธรรมทั้งผู้ซื้อและผู้ขาย

(3) ส่งเสริมและสนับสนุนให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีสำหรับผู้ซื้อและผู้ขายคาร์บอนเครดิตและพลังงานหมุนเวียน เพื่อกระตุ้นให้เกิดการซื้อขายผ่าน Digital Trading Platform มากขึ้น

ทั้งนี้ แนวทางการดำเนินงานทั้ง 6 แนวทาง ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าเพื่อนำเสนอเป็นแนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย เพื่อผลักดันให้ประเทศไทยบรรลุวิสัยทัศน์ตามยุทธศาสตร์ชาติ “ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” และบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน ภายในปี พ.ศ.2593 และบรรลุเป้าหมายการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ภายในปี พ.ศ.2608

บทที่ 3

บทอภิปลายผล

จากการวิเคราะห์ในบทที่ 2 ได้ทราบถึงแนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย โดยมี 6 แนวทางซึ่งมีความสัมพันธ์กัน จากข้อมูลที่ศึกษาแนวทางมีความสอดคล้องกับแผน PDP ภาคประชาชน (National Energy Plan – NEP ภาคประชาชน) ของสถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และมูลนิธิพลังงานสะอาดเพื่อประชาชน และสอดคล้องกับเนื้อหาการอบรมหลักสูตร “การบริหารจัดการการเปลี่ยนผ่านพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” Energy Transition & Climate Change Management (ETC) มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา อีกทั้งแนวทางแต่ละด้านยังมีความสอดคล้องกับแหล่งข้อมูลและงานวิจัยอื่นๆ เพิ่มเติม ดังนี้

1. แนวทาง Low Carbon Design มีความสอดคล้องกับแนวทางของ The U.S. Green Building Council (USGBC)[28] เป็นผู้พัฒนาระบบการให้คะแนนอาคารสีเขียวของผู้นำในด้านการออกแบบพลังงานและสิ่งแวดล้อม เรียกว่ามาตรฐาน LEED ; Leadership in Energy and Environmental Design

2. แนวทาง Energy Efficiency มีความสอดคล้องกับนโยบายและแนวทางของกรอบการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงาน ด้านที่ 5 การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency)[29] ของศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ (ENTEC)

3. แนวทาง Renewable Energy มีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของประเทศต้นแบบการพัฒนาด้านพลังงานหมุนเวียน ได้แก่ ฟินแลนด์ สวีเดน และเดนมาร์ก ซึ่งใช้เป็นแนวทางหลักในการเปลี่ยนจากการใช้พลังงานจากฟอสซิลเป็นพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน

4. แนวทาง Carbon Reduction / Removal มีความสอดคล้องกับ VERRA[30] องค์กรอิสระในระดับสากล พัฒนาโปรแกรมการทวนสอบและรับรองคาร์บอนในภาคการเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Agriculture, Forestry, and Other Land

Use หรือ AFOLU Project) และสอดคล้องกับการศึกษาเทคโนโลยีการลดการปล่อยและดักจับคาร์บอน (Carbon Capture, Utilization and Storage ; CCUS) ของสถาบันนวัตกรรมแห่งชาติ (NIA)

5. แนวทาง Carbon Credit มีความสอดคล้องกับการรองรับมาตรการ CBAM ของสหภาพยุโรป (EU) ซึ่งเป็นการกำหนดราคาสินค้านำเข้าบางประเภทเพื่อปรับราคาคาร์บอนก่อนข้ามพรมแดนของสหภาพยุโรป เพื่อป้องกันการนำเข้าสินค้าที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเข้ามาใน EU

6. แนวทาง Digital Trading Platform มีความสอดคล้องการศึกษาต้นแบบการพัฒนาของประเทศเดนมาร์ก โดยการปรับโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ส่วนกลาง เป็นโรงไฟฟ้าความร้อนร่วมขนาดเล็กกระจายตัวในท้องถิ่น และสอดคล้องกับโมเดลธุรกิจที่ได้ดำเนินการแล้ว ในซื้อขายไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแบบ Peer to Peer (P2P) ของบริษัท Powerpeers Energie[31] ประเทศเนเธอร์แลนด์

ทั้งนี้ ประเทศไทยมีหน่วยงานภาคเอกชนและภาคประชาชนได้ดำเนินกิจกรรมเพื่อพัฒนาพลังงานหมุนเวียนตามแนวทางดังกล่าวแล้ว อาทิ กลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, มูลนิธิพลังงานสะอาดเพื่อประชาชน สมาคมพลังงานหมุนเวียนไทย (RE100) และคณะกรรมการพลังงานหอการค้าไทย เป็นต้น เพื่อขับเคลื่อนประเทศไทยพัฒนาการใช้พลังงานหมุนเวียน 100% (RE100)

บทที่ 4

บทสรุป

งานวิจัยเรื่องแนวทางการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทยฉบับนี้ สามารถสรุปสิ่งที่ค้นพบและตอบคำถามงานวิจัยได้ ดังนี้

สรุปแนวทางที่สำคัญที่ได้จากการวิจัย

1. การดำเนินงานด้านพลังงานหมุนเวียนและการจัดการทางคาร์บอนของประเทศไทยในปัจจุบัน ภายในปี พ.ศ.2580 ประเทศไทยมีเป้าหมายการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย 126,867 ktoe ซึ่งมีการใช้พลังงานหมุนเวียน 38,284 ktoe คิดเป็นสัดส่วน 30% ในปี พ.ศ.2566 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย 83,068 ktoe ซึ่งมีการใช้พลังงานหมุนเวียน 11,718 ktoe คิดเป็นสัดส่วน 14.11% ในปี พ.ศ.2565 กระทรวงพลังงานได้รายงาน ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานของประเทศไทย จำนวน 247.7 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ปรับตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ร้อยละ 1.5 เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า จากการศึกษาพบว่า ประเทศไทยยังต้องปรับแผนเพื่อเพิ่มปริมาณและสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้น และเร่งกระชับแผนการลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกให้เหมาะสม ภาครัฐต้องปรับปรุงกฎหมายและระเบียบเพื่อส่งเสริมการพัฒนาพลังงานหมุนเวียน และส่งเสริมการใช้นวัตกรรมพลังงานเพื่อให้ประเทศไทยบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน และบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์

2. จากการศึกษาต้นแบบการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนของประเทศพัฒนาแล้ว พบว่าประเทศไทยมีศักยภาพและโอกาสการพัฒนาใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน โดยพัฒนาตามศักยภาพของเชื้อเพลิงที่เหมาะสม

ภายในประเทศ ทั้งแสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล ขยะ ก๊าซชีวภาพ เป็นต้น ร่วมกับเทคโนโลยีการซื้อขายพลังงานหมุนเวียนและคาร์บอนเครดิต เช่น Peer-to-Peer (P2P), Smart Grid / Micro Grid, Digital Platform เป็นต้น และเทคโนโลยีการดักจับ ใช้ประโยชน์ และเก็บกักคาร์บอน (Carbon Capture, Utilization and Storage ; CCUS)

3. จากการศึกษาผู้วิจัยพบว่าประเทศไทยมี 6 แนวทางที่สัมพันธ์กัน เพื่อพัฒนาการใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน ประกอบด้วย 1) Low Carbon Design, 2) Energy Efficiency, 3) Renewable Energy, 4) Carbon Reduction/Removal), 5) Carbon Credit และ 6) Digital Trading Platform เพื่อผลักดันให้ประเทศไทยบรรลุเป้าหมายในทุกมิติ

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

ประเทศไทยจึงมีศักยภาพและโอกาสการพัฒนาพลังงานสะอาดและพลังงานหมุนเวียนเพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ประเทศไทยต้องกำหนดนโยบายและเป้าหมายใช้พลังงานสะอาดและพลังงานหมุนเวียน 100% หรือ RE100 และมุ่งมั่นให้บรรลุเป้าหมาย

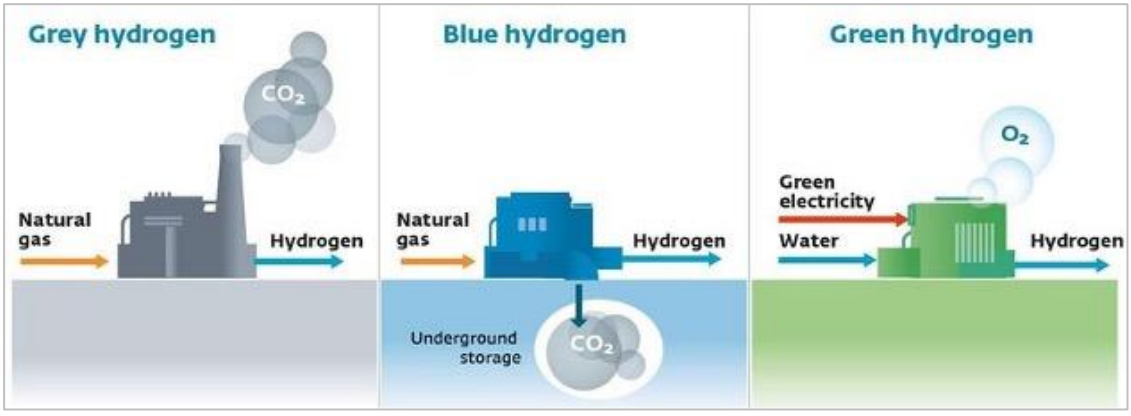
2. ให้ความสำคัญต่อการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านพลังงานหมุนเวียนและการจัดการสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน พร้อมทั้งถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ภาคอุตสาหกรรมและบริการ และภาคประชาชน

3. สร้างเครือข่ายและพันธมิตรกับนานาชาติและประชาคมโลกที่มีเป้าหมายการใช้พลังงานสะอาดและการจัดการความเป็นกลางทางคาร์บอน เพื่อประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

ประเทศไทยต้องศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านพลังงานหมุนเวียนและการจัดการสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนรูปแบบอื่นๆ ที่ทันสมัย ตามแนวทาง ESG (Environmental, Social, Corporate Governance) ดังนี้

1. การพัฒนาใช้เทคโนโลยีไฮโดรเจน (Hydrogen Technology) ซึ่งไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงสะอาด หลังการเผาไหม้ก๊าซไฮโดรเจนกับออกซิเจนจากอากาศจะได้ผลผลิตคือ น้ำและพลังงาน ไม่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก พลังงานไฮโดรเจนสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท หลักๆ ได้แก่ Gray Hydrogen, Blue Hydrogen และ Green Hydrogen (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 การจำแนกประเภทของพลังงานไฮโดรเจน ตามแหล่งที่มาของวัตถุดิบในการผลิตไฮโดรเจน

2. การพัฒนาใช้เตาปฏิกรณ์ผลิตไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ขนาดเล็ก หรือ Micro Modular Reactor (MMR)[32] ทางเลือกพลังงานสะอาดสำหรับภาคอุตสาหกรรมในอนาคต มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์ MMR เป็นเครื่องที่ถูกพัฒนาขึ้นมาทดแทนโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดใหญ่แบบเดิม โดยสามารถผลิตพลังงานสะอาดจำนวนมาก ด้วยต้นทุนที่ถูกลง อีกทั้งยังใช้เวลาในการก่อสร้างและดำเนินการลดน้อยลงด้วย (ภาพที่ 9)

ภาพที่ 9 เตาปฏิกรณ์ผลิตไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ขนาดเล็ก (MMR)

3. การพัฒนาใช้เทคโนโลยีการดักจับ ใช้ประโยชน์ และเก็บกักคาร์บอน (Carbon Capture, Utilization and Storage ; CCUS) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และนำมาเก็บกักภายใต้พื้นดิน หรือใช้ในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยเทคโนโลยี CCUS มีแนวโน้มการเติบโต 23.3% ต่อปี และคาดว่าภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกจะเป็นศูนย์กลางของการปรับใช้เทคโนโลยีในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. สหประชาชาติประเทศไทย. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://thailand.un.org/th/173511

2. สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. กลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน. ทำความรู้จักพลังงานหมุนเวียน [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2567]. เข้าถึงจาก: https://re-fti.org/ทำความรู้จักพลังงานหมุ/

3. คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://soc.swu.ac.th/news/ลดโลกร้อนด้วย-carbon-neutrality-และ-net-zero-emissions

4. สำนักนายกรัฐมนตรี. ประกาศ เรื่อง ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ.2561 – 2580). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 135, ตอนที่ 82 ก (ลงวันที่ 13 ตุลาคม 2561).

5. สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. ประกาศ เรื่อง แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ.2566 – 2570). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139, ตอนที่ 258 ง (ลงวันที่ 1 พฤศจิกายน 2565).

6. สำนักนายกรัฐมนตรี. ประกาศ เรื่อง แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.2566 – 2580) (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 140, ตอนพิเศษ 51 ง (ลงวันที่ 7 มีนาคม 2566).

7. สำนักนายกรัฐมนตรี. ประกาศ เรื่อง ประกาศแผนการปฏิรูปประเทศ (ฉบับปรับปรุง). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 138, ตอนพิเศษ 44 ง (ลงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2564).

8. กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. แผนปฏิบัติการด้านการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไทยด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG พ.ศ.2564 – 2570 [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2567]. เข้าถึงจาก https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/bcg/20211228-BCG-Action-Plan-2564-2570.pdf

9. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2558 – 2593 [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 1 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://ej.eric.chula.ac.th/storage/ckeditor/file/file-138-Thai-237563563.pdf

10. กระทรวงพลังงาน. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. แผนพลังงานชาติ National Energy Plan [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 1 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://www.eppo.go.th/index.php/en/component/k2/item/17093

11. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ.2564 – 2573 [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 1 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER38/DRAWER027/GENERAL/DATA0000/00000853.PDF

12. กระทรวงพลังงาน. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ พ.ศ.2564 - 2573 สาขาพลังงาน. กรุงเทพฯ:

13. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ Thailand’s National Adaptation Plan. กรุงเทพฯ:

14. Diamond Model [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2567]. เข้าถึงจาก: https://en.wikipedia.org/wiki/Diamond_model

15. สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และมูลนิธิพลังงานสะอาดเพื่อประชาชน. แผน PDP ภาคประชาชน (National Energy Plan – NEP ภาคประชาชน). กรุงเทพฯ:

16. สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. กลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน. รายงานการศึกษา AEDP พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ภาคประชาชน. กรุงเทพฯ:

17. สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture, Utilization and Storage : CCUS) [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://ifi.nia.or.th/wp-content/uploads/2019/11/Carbon-Capture-Utilization-and-Storage-CCUS.pdf

18. กระทรวงพลังงาน. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 -2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ:

19. กระทรวงพลังงาน. กรมพัฒนาพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 - 2579 (AEDP2015). กรุงเทพฯ:

20. Renewable energy in Finland [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy_in_Finland

21. Renewable energy in Sweden [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_in_Sweden

22. Renewable energy in Denmark [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy_in_Denmark

23. นางสาวกุลนิดา จิราจินดากุล. ทำความรู้จัก CBAM Carbon Border Adjustment Mechanism [อินเตอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: ฝ่ายวิจัย ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย; 2565 [เข้าถึงเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2567]. เข้าถึงจาก : https://storage.googleapis.com/sg-prd-set-mis-cms/common/research/1103.pdf

24. Paris Agreement. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://en.wikipedia.org/wiki/Paris_Agreement

25. สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. การซื้อขายไฟฟ้าแบบ P2P (Peer-to-Peer Energy Trading) [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://www.erc.or.th/th/energy-articles/2932

26. กระทรวงพลังงาน. กรมธุรกิจพลังงาน. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://www.doeb.go.th/kmv2/smart-grid190560.pdf

27. ธนาคารแห่งประเทศไทย. Thailand Taxonomy A Reference tool for Sustainable Economy. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://www.bot.or.th/en/financial-innovation/sustainable-finance/green/Thailand-Taxonomy.html

28. U.S. Green Building Council (USGBC). [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://en.wikipedia.org/wiki/U.S._Green_Building_Council

29. ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ. รายงานประจำปี ENTEC 2565. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://www.entec.or.th/annual-report2022/overview-th/operational-guideline/

30. AREA OF FOCUS - AGRICULTURE, FORESTRY, AND OTHER LAND USE (AFOLU). [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/area-of-focus-agriculture-forestry-land-use/

31. Powerpeers Energie. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://powerpeers.nl/

32. ULTRA SAFE NUCLEAR. MMR Energy System. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2567]. เข้าถึงจาก: https://www.usnc.com/mmr/

ประวัติย่อผู้วิจัย

ยศ ชื่อ นายพฤทธิพล สร้อยสุวรรณ

วัน เดือน ปีเกิด 3 ตุลาคม 2524

ประวัติสำเร็จการศึกษา

พ.ศ. 2547 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วนศาสตร์) สาขาการจัดการทรัพยากรป่าไม้
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2557 บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการตลาด
คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2547 – 2553 เจ้าหน้าที่บริหารสวนไม้ บริษัท สยามฟอเรสทรี จำกัด

พ.ศ. 2553 - 2555 หัวหน้าแผนกส่งเสริมปลูกไม้ บริษัท สยามฟอเรสทรี จำกัด

พ.ศ. 2555 – 2557 Wood by-product Manager บริษัท สยามฟอเรสทรี จำกัด

พ.ศ. 2557 – 2560 ผู้จัดการฝ่ายจัดหาและโลจิสติกส์ บริษัท เอเชีย ไบโอแมส จำกัด

ตำแหน่งปัจจุบัน

พ.ศ. 2560 – ปัจจุบัน ผู้อำนวยการด้านบริหารจัดหาและซัพพลายเชน
บริษัท เอเชีย ไบโอแมส จำกัด (มหาชน)

พ.ศ. 2562 - ปัจจุบัน รองเลขาธิการกลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

พ.ศ. 2566 - ปัจจุบัน กรรมการ มูลนิธิพลังงานสะอาดเพื่อประชาชน