การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการซื้อขาย ใบรับรองการผลิตพลังงานหมุนเวียน Renewable Energy Certificate (REC) ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และปัจจัยที่มีผลต่อตลาดไฟฟ้าเสรีในประเทศไทย

เปรมปรีดิ์ ศรียุทธไกร

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต
วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

สารนิพนธ์

เรื่อง

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการซื้อขาย

ใบรับรองการผลิตพลังงานหมุนเวียน Renewable Energy Certificate (REC)

ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และ ปัจจัยที่มีผลต่อตลาดไฟฟ้าเสรีในประเทศไทย

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต

19 ธันวาคม พ.ศ. 2566

เปรมปรีดิ์ ศรียุทธไกร

นายเปรมปรีดิ์ ศรียุทธไกร

ผู้วิจัย

ปิยภัสร ธาระวานิช

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยภัสร ธาระวานิช,

Ph.D.

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

กิตติชัย ราชมหา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติชัย ราชมหา,

Ph.D.

ประธานกรรมการสอบสารนิพนธ์

Viwida Rakkam

รองศาสตราจารย์วิชิตา รักธรรม,

Ph.D.

คณบดีวิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล

รองศาสตราจารย์ธาตรี จันทรโคลิกา,

Ph.D.

กรรมการสอบสารนิพนธ์

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้เลย หากปราศจากการสนับสนุนและความอนุเคราะห์ชี้แนะจากบุคคลเหล่านี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผศ.ดร.ปิยภัสร ธาระวานิช ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ซึ่งได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำแนวทางในการศึกษา ตลอดจนขัดเกลาแก้ไขให้สารนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นในทุกมิติของการเรียนรู้ และรศ.ดร. ธาตรี จันทรโคลิกา สำหรับการให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาทางเศรษฐมิติและการใช้โปรแกรม STATA ทำให้ผู้วิจัยมีความเข้าใจที่กว้างขวางมากขึ้นในองค์ความรู้ ทั้งนี้ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุน และเป็นแรงผลักดันสำคัญตลอดระยะเวลาในการศึกษา ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสารนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ และสามารถเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่ต้องการทำการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต หากสารนิพนธ์ฉบับมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัย ต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้

เปรมปรีดิ์ ศรียุทธไกร

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการซื้อขายใบรับรองการผลิตพลังงานหมุนเวียน Renewable Energy Certificate (REC) ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และ ปัจจัยที่มีผลต่อตลาดไฟฟ้าเสรีในประเทศไทย
TESTING THE RELATIONSHIP BETWEEN SOLAR RENEWABLE ENERGY CERTIFICATES (SREC) QUANTITY AND FACTORS INFLUENCING THE FREE ELECTRICITY MARKET IN THAILAND

เปรมปรีดิ์ ศรียุทธไกร 6450401

กจ.ม.

คณะกรรมการที่ปรึกษาสารนิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยภัสร ธาระวานิช, Ph.D., ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติชัย ราชมหา, Ph.D., รองศาสตราจารย์ธาตรี จันทรโคลิกา, Ph.D.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการซื้อขายใบรับรองการผลิตพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy Certificate - REC) ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย โดยรวบรวมตัวแปรจากทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ทฤษฎีกฎของอุปสงค์ (Law of Demand Theory), ทฤษฎีกฎของอุปทาน (Law of Supply Theory), การเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด, ทฤษฎีอุปสงค์ต่อราคาสินค้าชนิดอื่น (Cross demand theory), โดยให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับสี่ปัจจัย ปัจจัยแรกคือปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย ปัจจัยต่อมาคือราคา REC จากตลาด Indian Energy Exchange Limited (IEX) แปลงเป็นเงินบาท ปัจจัยที่สาม คือ ปริมาณ การผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย และปัจจัยที่สี่คือปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย การศึกษาใช้เทคนิค Ordinary Least Squares (OLS) model ในการศึกษาข้อมูล REC ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย ใช้ข้อมูลเป็นรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 จนถึงมิถุนายน 2566 ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มปริมาณการผลิต REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยสามารถ เพิ่มปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยได้ ดังนั้นการมีโครงการที่ส่งเสริมการผลิต REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย จึงเป็นหนึ่งในแนวทางที่สามารถพัฒนาตลาดการซื้อขาย REC ของประเทศไทยได้ ทั้งนี้การเพิ่มราคาขาย REC จะเป็นการลดปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย ซึ่งถ้ามีการแทรกแซงราคาจากภาครัฐโดยการกำหนดราคาขั้นสูงอาจช่วยจูงใจให้มีการใช้งาน REC ในตลาดได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มปริมาณการผลิตไฟฟ้าทดแทนจะสามารถเพิ่มปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยได้ ดังนั้นการมีโครงการที่ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน จึงเป็นหนึ่งในแนวทางที่สามารถ พัฒนาตลาดการซื้อขาย REC ของประเทศไทยได้ อย่างไรก็ตามไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้ไฟฟ้ากับปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย ซึ่งหมายความว่าตลาด REC ของไทยในปัจจุบันที่อยู่ในรูปแบบของตลาดภาคสมัครใจยังไม่สามารถกระตุ้นให้ผู้ใช้ไฟฟ้าใช้งาน REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นมาตรการภาคบังคับจากหน่วยงานภาครัฐอาจจะมีความจำเป็นในการพัฒนาตลาด REC ของประเทศไทยต่อไป

คำสำคัญ : Renewable Energy Certificate, REC, International REC Standard, I-REC, ก๊าซเรือนกระจก

72 หน้า

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		**ข**
บทคัดย่อ		**ค**
สารบัญตาราง		**ซ**
สารบัญภาพ		**ญ**
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
บทที่ 2	**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**4**
	2.1 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Theories)	4
	2.1.1 ทฤษฎีกฎของอุปสงค์ (Law of Demand Theory)	4
	2.1.2 ทฤษฎีกฎของอุปทาน (Law of Supply Theory)	4
	2.1.3 การเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด	5
	2.1.4 ทฤษฎีอุปสงค์ต่อราคาสินค้าชนิดอื่น (Cross demand theory)	8
	2.2 การศึกษาเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้อง (Empiricalstudies)	9
	2.2.1 การศึกษาเชิงประจักษ์ตามทฤษฎีกฎของอุปสงค์ (Law of Demand Theory) และทฤษฎีกฎของอุปทาน (Law of Supply Theory)	9
	2.2.2 การศึกษาเชิงประจักษ์ตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด	10
	2.2.3 การศึกษาเชิงประจักษ์ตามทฤษฎีอุปสงค์ต่อราคาสินค้าชนิดอื่น (Cross demand theory)	11
บทที่ 3	**ข้อมูลที่ใช้และตัวแปร**	**13**
	3.1 ตัวแปร (Variables)	13
	3.1.1 ตัวแปรตาม (Dependent variables)	13
	3.1.2 ตัวแปรอธิบาย (Explanatory variables)	13
	3.2 ข้อมูลและแสดงสถิติพรรณนา (Data and Descriptive statistics)	16

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 4	**วิธีการทางสถิติ**	**19**
	4.1 การทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Stationary Test)	19
	4.2 Ordinary Least Squares (OLS)	22
	4.3 Pair-wise Correlation	23
	4.4 Variance Inflation Factor (VIF) test	25
	4.5 Durbin-Watson (DW) test	26
	4.6 Newey–West Estimator ตัวบรรเทาปัญหา	27
บทที่ 5	**ผลการทดสอบ**	**28**
	5.1 ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Stationary Test) โดยใช้ Augmented Dickey-Fuller (ADF) test และ Zivot-Andrews (ZA) test	28
	5.2 ผลการทดสอบปัญหา Multicollinearity โดยใช้ Pair-wise Correlation	31
	5.3 ผลการทดสอบปัญหา Multicollinearity โดยใช้ Variance Inflation Factor (VIF) test	31
	5.4 ผลการทดสอบปัญหา Autocorrelation โดยใช้ Durbin-Watson (DW) test	32
	5.5 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอธิบายกับปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย โดยใช้ Ordinary Least Squares (OLS) Model	33
	5.5.1 ปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย	33
	5.5.2 ราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท	34
	5.5.3 ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย	34
	5.5.4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย	35
บทที่ 6	**สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ**	**36**
	6.1 สรุปผลการศึกษา	36
	6.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	**39**
ภาคผนวก	**42**
ภาคผนวก ก ข้อมูลประกอบการศึกษา	43
ประวัติผู้วิจัย	**72**

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
3.1	ตัวแปรทั้งหมด	17
3.2	ค่าสถิติเบื้องต้น	18
5.1	ผลการทดสอบความคงที่ของข้อมูล (Stationary test) โดยวิธี Augmented Dickey-Fuller (ADF) test และ Zivot-Andrews (ZA) test	30
5.2	Correlation Matrix ของตัวแปรอธิบายในแบบจำลอง	31
5.3	ผลการทดสอบ Variance Inflation Factor (VIF) test ของแบบจำลอง	32
5.4	ผลการทดสอบ Durbin-Watson (DW) test ของแบบจำลอง	32
5.5	สัมประสิทธิ์ของตัวแปรอธิบายที่มีต่อปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทยโดยใช้ OLS Model	35

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	การเปลี่ยนแปลงของดุลยภาพกรณีเส้นอุปสงค์เคลื่อนขวาในขณะที่เส้นอุปทานอยู่คงที่	6
2.2	การเปลี่ยนแปลงของดุลยภาพกรณีเส้นอุปทานเคลื่อนขวา ในขณะที่เส้นอุปสงค์อยู่คงที่	7
3.1	ปริมาณการผลิตและปริมาณการซื้อขาย Renewable Energy Certificates (REC) ในประเทศไทย	15

บทที่ 1
บทนำ

Renewable Energy Certificate (REC)[1] เป็นเครื่องมือสำคัญที่หน่วยงานภาครัฐสามารถนำไปใช้เพื่อส่งเสริมการผลิตไฟ ฟ้าจากพลังงานสะอาดและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนที่เกิดจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมาย คือ ประเทศไทยจะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเป็นศูนย์ (Carbon Neutrality) ในปี 2050 และปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero) ภายในปี 2065 ตามที่อดีตนายกรัฐมนตรี พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา ได้แถลงในวันที่ 1 พฤศจิกายน 2564 ในที่ประชุมสุดยอดผู้นำโลก (World Leader Summit) ในเวที Conference of the Parties ครั้งที่ 26 (COP26) ที่เมืองกลาสโกว์ ประเทศสกอตแลนด์

REC หรือใบรับรองสิทธิในการเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน คือ กลไกการซื้อขายใบรับรองพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้ยืนยันว่าไฟฟ้าที่ผลิตได้มาจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น แสงอาทิตย์ ลม น้ำ ชีวมวล และก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สะอาด ช่วยให้ผู้ผลิตและผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถอ้างสิทธิ์การผลิตและการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนด้วยการรับรองจากหน่วยงานที่ได้รับมอบหมายของแต่ละประเทศ สำหรับประเทศไทยหน่วยงานที่ได้รับมอบหมาย คือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ซึ่งเป็นผู้แทนอย่างเป็นทางการในการตรวจสอบและขึ้นทะเบียนผู้ขาย REC ในประเทศไทย โดยหน่วยการซื้อขายคำนวณเป็นการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจริง 1 เมกะวัตต์-ชั่วโมง (MWh) ต่อ RECs 1 Code ทั้งนี้เมื่อผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนนำไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปขึ้นทะเบียนในระบบของ International Renewable Energy Certificate (I-REC) ซึ่งจะทำการระบุ Code ให้กับไฟฟ้าพลังงานทดแทนทุก ๆ 1 MWh เรียกว่า I-REC(E) Code เพื่อให้สามารถตรวจสอบแหล่งที่มาของการผลิตและป้องกันความซ้ำซ้อนในการซื้อขาย

REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นประเภทของ REC ที่มีความสำคัญในบริบทของประเทศไทยโดยจะเห็นได้จากข้อมูลซึ่งถูกรายงานโดย International REC Standard (I-REC) ทำให้ทราบว่า REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ คือ REC ที่มีปริมาณการซื้อขายเฉลี่ยรายเดือนมาก เป็นอันดับ 1 และมีปริมาณการผลิตเฉลี่ยรรายเดือนมากเป็นอันดับ 2 รองจาก REC ที่ผลิตจาก

---

[1] Renewable Energy Certificate : REC เป็นเครดิตที่สร้างขึ้นมาสำหรับอุตสาหกรรมไฟฟ้า แปลงหน่วยได้ การผลิตไฟฟ้าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาก จึงต้องมีการผลิตใบอนุญาต REC ออกมาเพื่อควบคุม (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก)

ไฟฟ้าพลังงานชีวภาพ สะท้อนให้เห็นว่า REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์คือ ประเภทของ REC ที่มีอิทธิพลต่อตลาดการซื้อขาย REC ภายในประเทศมากที่สุด งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยในการกำหนดปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย และปัจจัยที่มีผลต่อตลาดไฟฟ้าเสรีในประเทศไทย ซึ่งมีปัจจัยที่ทดสอบคือ

1. ปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด กรณีเส้นอุปทาน เคลื่อนที่ ในขณะที่เส้นอุปสงค์อยู่คงที่
2. ราคา REC มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีกฎของอุปสงค์และกฎของอุปทาน
3. ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพ ของตลาด กรณีเส้นอุปทานเคลื่อนที่ ในขณะที่เส้นอุปสงค์อยู่คงที่
4. ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาดกรณีเส้นอุปสงค์เคลื่อนที่ ในขณะที่เส้นอุปทานอยู่คงที่

งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลอง Ordinary least squares Model (OLS) ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการซื้อ ขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย และปัจจัยที่มีผลต่อตลาด REC เสรีในประเทศ ไทย โดยนำข้อมูลปริมาณการผลิตและปริมาณซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยจาก International REC Standard (I-REC) , ราคา REC จากตลาด Indian Energy Exchange Limited (IEX) ประเทศอินเดีย, ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย และปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยจาก สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน โดยใช้ข้อมูลเป็นรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 จนถึง มิถุนายน 2566

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย เป็นตัวแปรที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยในทิศทางบวก กล่าวคือ หากปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยมีปริมาณการผลิตมากขึ้นจะส่งผลให้ ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด กรณีเส้นอุปทานเคลื่อนที่ ในขณะ ที่เส้นอุปสงค์อยู่คงที่ กล่าวคือหากปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยมีปริมาณมากขึ้น จะส่งผลให้ ปริมาณ REC ในตลาด มีปริมาณมากขึ้น ความต้องการขาย REC จึงเพิ่มขึ้นตาม ส่งผลให้ ณ จุดดุลยภาพใหม่ REC จะมีปริมาณการซื้อขายมากขึ้น แต่มี ราคาที่ต่ำลง

ผลการศึกษายังพบอีกว่าราคา REC เป็นตัวแปรที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยในทิศทางลบ สอดคล้องกับทฤษฎีกฎของอุปสงค์ (Law of Demand Theory) กล่าวคือถ้าราคา REC มีระดับราคาสูงขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณการซื้อขาย REC ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Irfan (2021)

ผลการศึกษายังพบว่าปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย เป็นตัวแปรที่สามารถอธิบายการเปลี่ยน แปลงของปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยในทิศทางบวก สอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพ ของตลาดกรณีเส้นอุปทานเคลื่อนที่ ในขณะที่เส้นอุปสงค์อยู่คงที่ กล่าวคือหากปริมาณไฟฟ้าพลังงานทดแทนที่ผลิตจากประเทศไทย มีปริมาณมากขึ้น จะส่งผลผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนสามารถผลิต REC ได้มากขึ้น REC ในตลาดจึงมีปริมาณมากขึ้น ความต้องการขาย REC จึงเพิ่มขึ้นตาม ส่งผลให้ ณ จุดดุลยภาพใหม่ REC จะมีปริมาณการซื้อขาย มากขึ้น แต่มีราคาที่ต่ำลง

อย่างไรก็ตามผลการศึกษาไม่พบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยนั้นมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากประเทศไทย กล่าวคือไม่สามารถยืนยันได้ว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศ ไทยส่งผลต่อปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย ขัดแย้งกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด กรณีเส้นอุปสงค์เคลื่อนที่ ในขณะที่เส้น อุปทานอยู่คงที่ ที่มีสมมุติฐานว่าหากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยมีปริมาณมากขึ้น จะส่งผลให้องค์กรต่าง ๆ ที่มีพันธะผูก พันในการจัดหาพลังงานสะอาด เช่น สมาชิกของสมาคมพลังงานหมุนเวียนไทย (RE100) ต้องจัดหา REC ชดเชยในส่วนของไฟฟ้า ที่ไม่ได้มาจากพลังงานสะอาดความต้องการซื้อ REC จึงเพิ่มขึ้นตาม ส่งผลให้ ณ จุดดุลยภาพใหม่ REC จะมีปริมาณการซื้อขายมากขึ้น แต่มีราคาที่มากขึ้นและขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Irfan (2021)

รายงานฉบับนี้ได้ถูกแบ่งออกเป็นหกส่วน ได้แก่ บทนำ (Introduction), งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review), ข้อมูลที่ใช้และตัวแปร (Data and Variables), วิธีการทางสถิติ (Model and Estimation Method), ผลการวิจัย (Results), สรุปผลการศึกษา (Conclusion) ตามลำดับ

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Theories)

ที่ผ่านมามีผู้พยายามอธิบายปริมาณการซื้อขายของ REC โดยใช้ทฤษฎีต่าง ๆ การศึกษานี้ได้ทำการรวบรวมทฤษฎีที่เกี่ยว ข้องเพื่อกำหนดปัจจัยที่ใช้อธิบายปริมาณการซื้อขายของ REC ได้ดังนี้

2.1.1 ทฤษฎีกฎของอุปสงค์ (Law of Demand Theory)

กฎของอุปสงค์ (Law of Demand) หลักการทางเศรษฐศาสตร์ที่ระบุว่า เมื่อปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องคงที่หากราคาของ สินค้าหรือบริการลดลง จำนวนความต้องการซื้อ (Quantity Demanded) จะเพิ่มขึ้น และในทางกลับกันเมื่อราคาของสินค้าหรือ บริการเพิ่มขึ้นจำนวนความต้องการซื้อจะลดลง กล่าวคือมีความสัมพันธ์ระหว่างราคาและปริมาณที่ผู้บริโภคพร้อมจะซื้อในตลาด ความสัมพันธ์นี้จึงแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของผู้บริโภคว่าเมื่อราคาลดลง ผู้บริโภคจะมีความต้องการซื้อเพิ่มขึ้น เนื่องจากสินค้า หรือบริการมีราคาที่ถูกลงและมีความคุ้มค่าในการซื้อมากขึ้น ในทางกลับกันเมื่อราคาเพิ่มขึ้น ผู้บริโภคจะมีความต้องการซื้อลดลง เนื่องจากสินค้าหรือบริการมีราคาที่แพงขึ้นและมีความคุ้มค่าในการซื้อลดลง

2.1.2 ทฤษฎีกฎของอุปทาน (Law of Supply Theory)

กฎของอุปสงค์ (Law of Supply) หนึ่งในหลักการพื้นฐานของทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งระบุว่าเมื่อปัจจัยอื่น ๆ ที่ เกี่ยวข้องคงที่ หากราคาของสินค้าหรือบริการลดลง จำนวนความต้องการขาย (Quantity Supplied) จะลดลงและในทางกลับ กันเมื่อราคาของสินค้าหรือบริการเพิ่มขึ้น จำนวนความต้องการขายจะเพิ่มขึ้น กล่าวคือมีความสัมพันธ์ระหว่างราคาและปริมาณที่ ผู้ขายพร้อมจะขายในตลาด ความสัมพันธ์นี้จึงแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของผู้ขายว่าเมื่อราคาลดลง ผู้ขายจะมีความต้องการขาย ลดลง เนื่องจากสินค้าหรือบริการมีราคาที่ถูกลงและมีความคุ้มค่าในการขายลดลด ในทางกลับกันเมื่อราคาเพิ่มขึ้นผู้ขายจะมีความต้องการขายเพิ่มขึ้น เนื่องจากสินค้าหรือบริการมีราคาที่แพงขึ้นและมีความคุ้มค่าในการขายเพิ่มขึ้น

จากกฎของอุปสงค์ (Law of Demand) และกฎของอุปสงค์ (Law of Supply) จะเห็นได้ว่าความต้องการซื้อและความ ต้องการขายของสินค้าจะได้รับผลกระทบจากระดับราคาของสินค้าชนิดนั้น ๆ โดยปริมาณการซื้อขายของสินค้าจะมีความสัมพันธ์ต่อราคาสินค้าชนิดนั้นในทิศทางใดขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการซื้อและความต้องการขายของสินค้าชนิดนั้น

หากสินค้าชนิดนั้นมีปริมาณความตองการขายมากกว่าปริมาณความตองการซื้อหรือมีปริมาณอุปทานมากกว่าปริมาณอุปสงค์ ปริมาณการซื้อขายจะถูกกำหนดโดยปริมาณอุปสงค์ เนื่องจากถึงแม้ว่าในขณะนั้นจะมาความต้องการขายเหลืออยู่ แต่ถ้าไม่มีความต้องการซื้อ ก็ไม่สามารถเกิดการซื้อขายได้ เพราะฉะนั้นปริมาณการซื้อขายของสินค้าชนิดนั้นจะได้รับผลกระทบจากระดับราคาของสินค้าในทิศทางตรงข้ามตามกฎของอุปสงค์

ในทางกลับกันหากสินค้าชนิดนั้นมีปริมาณความต้องการซื้อมากกว่าปริมาณความต้องการขายหรือมีปริมาณอุปสงค์ มากกว่าปริมาณอุปทาน ปริมาณการซื้อขายจะถูกกำหนดโดยปริมาณอุปทาน เนื่องจากถึงแม้ว่าในขณะนั้นจะมีความต้องการซื้อเหลืออยู่ แต่ถ้าไม่มีความต้องการขายก็ไม่สามารถเกิดการซื้อขายได้ เพราะฉะนั้นปริมาณการซื้อขายของสินค้าชนิดนั้นจะได้รับผล กระทบจากระดับราคาของสินค้าในทิศทางเดียวกันตามกฎของอุปทาน

ในกรณีที่สินค้าชนิดนั้นมีปริมาณความต้องการขายเท่ากับปริมาณความต้องการซื้อหรือมีปริมาณอุปทานเท่ากับปริมาณอุปสงค์ ส่งผลให้ราคาของสินค้าหรือบริการนั้นมีแนวโน้มที่จะคงที่เหตุการณ์นี้เรียกว่าภาวะดุลยภาพของตลาด

ดังนั้นราคา REC จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากประเทศไทยในทิศทางบวกหรือทิศทางลบขึ้น อยู่กับปริมาณอุปสงค์และปริมาณอุปทานของตลาด

2.1.3 การเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด

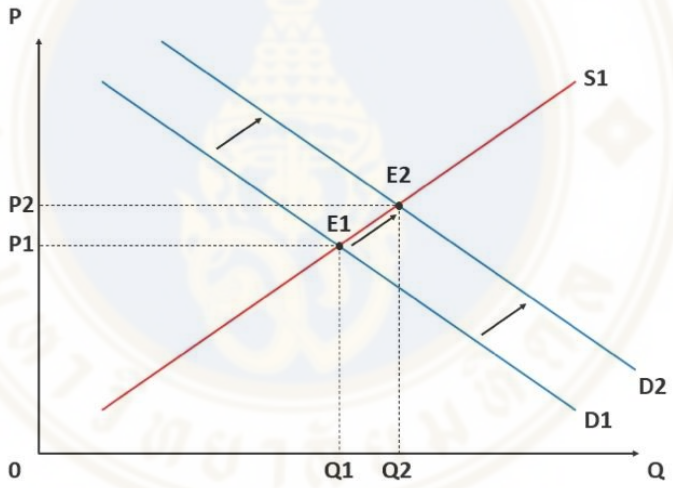
นอกจากราคาสินค้าแล้ว การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอื่นสามารถส่งผลต่อปริมาณความต้องการซื้อและความต้องการ ขายของสินค่าชนิดนั้น ๆ ส่งผลให้เส้นอุปสงค์หรือเส้นอุปทานเคลื่อนไปทั้งเส้น โดยเส้นอุปสงค์ หมายถึงเส้นที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างราคาสินค้ากับปริมาณความต้องการซื้อสินค้า ตามกฎของอุปสงค์ และเส้นอุปทาน หมายถึงเส้นที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างราคาสินค้ากับปริมาณความต้องการขายสินค้าตามกฎของอุปทาน

โดยเส้นอุปสงค์หรือเส้นอุปทานจะเคลื่อนไปทางขวา ถ้าปัจจัยนั้นส่งผลให้อุปสงค์หรืออุปทานของสินค้าชนิดนั้นมีปริมาณมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามเส้นอุปสงค์หรือเส้นอุปทานจะเคลื่อนไปทางซ้าย ถ้าปัจจัยนั้นส่งผลให้อุปสงค์หรืออุปทานของ สินค้าชนิดนั้นมีปริมาณลดลง การเคลื่อนที่ของเส้นอุปสงค์และเส้นอุปทาน ส่งผลให้ภาวะดุลยภาพของตลาดเกิดการเปลี่ยนแปลง

ปริมาณการซื้อขายและราคาของสินค้าชนิดนั้น ๆ จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงตามจากจุดดุลยภาพเดิมไปสู่จุดดุลยภาพใหม่ โดย สามารถจำแนกการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาดได้เป็น 3 กรณี ได้แก่

- กรณีเส้นอุปสงค์เคลื่อนที่ ในขณะที่เส้นอุปทานอยู่คงที่: หากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยนั้น ส่งผลกระทบต่อปริมาณความต้องการซื้อ แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณความต้องการขายของสินค้าชนิดนั้น ซึ่งจะส่งผลให้เส้นอุปสงค์เกิดการเคลื่อนที่เพียงเส้นเดียว และส่งผลให้ภาวะดุลยภาพของตลาดเกิดการเปลี่ยน แปลงจากจุดดุลยภาพเดิมไปสู่จุดดุลยภาพใหม่

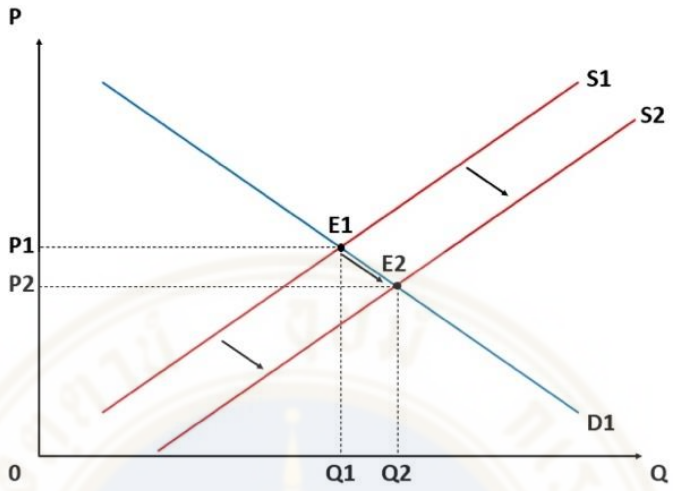
จากภาพที่ 2.1 คือตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงของดุลยภาพอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของ ปัจจัยอื่น ๆ ที่ไมใช่ระดับ ราคาสินค้าซึ่งส่งผลให้อุปสงค์ของสินค้าชนิดนั้นมีปริมาณสูงขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่ออุปทานของสินค้าชนิดนั้นเส้นอุปสงค์จะเคลื่อนไป ทางขวาเส้นอุปสงค์เกิดการเปลี่ยนแปลงจากเส้น D1 เป็นเส้น D2 ส่งผลให้จุดดุลยภาพเปลี่ยนจากจุด E1 เป็นจุด E2 ทั้งยังส่งผลให้ราคาดุลยภาพเพิ่มขึ้นจาก P1 เป็น P2 และปริมาณดุลยภาพเพิ่มขึ้นจาก Q1 เป็น Q2



ภาพที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงของดุลยภาพกรณีเส้นอุปสงค์เคลื่อนขวาในขณะที่เส้นอุปทานอยู่คงที่

- กรณีเส้นอุปทานเคลื่อนที่ ในขณะที่เส้นอุปสงค์อยู่คงที่: หากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อปริมาณความต้องการขายแต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณความต้องการซื้อสิน ค้าชนิดนั้น จะส่งผลให้เส้นอุปทานเกิดการเคลื่อนที่เพียงเส้นเดียว จึงส่งผลให้ภาวะดุลยภาพของตลาดเกิดการเปลี่ยนแปลง จากจุดดุลยภาพเดิมไปสู่จุดดุลยภาพใหม่ จากภาพที่ 2.2 คือตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงของดุลยภาพอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของ ปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ระดับราคาสินค้า ซึ่งส่งผลให้อุปทานของสินค้าชนิดนั้นมีปริมาณสูงขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่ออุปสงค์ของสินค้าชนิดนั้น เส้นอุปทานจะเคลื่อนไปทางขวา อุปทานเปลี่ยนแปลงจากเส้น S1 เป็นเส้น S2

ส่งผลให้จุดดุลยภาพเปลี่ยนจากจุด E1 เป็นจุด E2 แล้วจึงส่งผลให้ราคาดุลยภาพลดลงจาก P1 เป็น P2 และปริมาณดุลยภาพเพิ่มขึ้นจาก Q1 เป็น Q2



ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงของดุลยภาพกรณีเส้นอุปทานเคลื่อนขวา ในขณะที่เส้นอุปสงค์อยู่คงที่

- กรณีที่เส้นอุปสงค์และเส้นอุปทานเคลื่อนที่: หากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อปริมาณความต้องการซื้อและปริมาณความต้องการขาย จะส่งผลให้เส้นอุปสงค์และเส้นอุปทานเกิดการเคลื่อนที่ทั้งสองเส้น โดยการเคลื่อนที่ของเส้นอุปสงค์และเส้นอุปทานอาจจะมีทิศทางและขนาด การเปลี่ยนแปลงที่เหมือนหรือแตกต่างกันก็ได้ ส่งผลให้ภาวะดุลยภาพของตลาดเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยราคาดุลยภาพและปริมาณดุลยภาพ ณ จุดดุลยภาพใหม่จะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางใด ขึ้นอยู่กับทิศทางและขนาดการเปลี่ยนแปลงของการเคลื่อน ที่ของเส้นอุปสงค์และเส้นอุปทาน

เนื่องจาก REC คือ ใบรับรองการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สามารถซื้อขายได้ ซึ่งผู้ที่มี REC ในครอบครองสามารถอ้างสิทธิว่าตนทำการผลิตไฟฟ้า หรือทำการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนได้ส่งผลให้ผู้ซื้อจะมีความจำเป็นในการใช้งาน REC ก็ต่อเมื่อทำการผลิตไฟฟ้าหรือทำการใช้ไฟฟ้าเท่านั้น จึงคาดว่าหากปริมาณการใช้ ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณความต้องการซื้อ REC เพิ่มขึ้นตามเส้นอุปสงค์ของ REC จึงเคลื่อนไปทางขวา ส่งผลให้จุดดุลยภาพของ REC เปลี่ยนแปลงไป โดยปริมาณดุลยภาพของ REC ณ จุดดุลยภาพใหม่จะมีปริมาณสูงขึ้น เพราะฉะนั้นปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กับ ปริมาณการซื้อขาย REC ในทิศทางเดียวกัน

หากปริมาณการผลิต REC เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณ REC ในตลาดมีปริมาณมากขึ้น ความต้องการขาย REC จึงเพิ่ม ขึ้นตามเส้นอุปทานของ REC จึงเคลื่อนไปทางขวา ส่งผลให้จุดดุลย

ภาพของ REC เปลี่ยนแปลงไป โดยปริมาณดุลยภาพของ REC ณ จุดดุลยภาพใหม่จะมีปริมาณสูงขึ้น เพราะฉะนั้นปริมาณการผลิต REC จะมีความสัมพันธ์กับ ปริมาณการซื้อขาย REC ใน ทิศทางเดียวกัน

หากปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผู้ผลิตไฟฟ้ามีสิทธิในการผลิต REC เพิ่มขึ้น ความต้องการขาย REC จึงเพิ่มขึ้นตามเส้นอุปทานของ REC จึงเคลื่อนไปทางขวา ส่งผลให้จุดดุลยภาพของ REC เปลี่ยนแปลงไป โดยปริมาณ ดุลยภาพของ REC ณ จุดดุลยภาพใหม่จะมีปริมาณสูงขึ้น เพราะฉะนั้นปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณการซื้อขาย REC ในทิศทางเดียวกัน

2.1.4 ทฤษฎีอุปสงค์ต่อราคาสินค้าชนิดอื่น (Cross demand theory)

เมื่อราคาสินค้าชนิดอื่นที่เกี่ยวข้องกับสินค้าที่เรากำลังพิจารณาอยู่เกิดเปลี่ยนแปลงไป ย่อมมีผลทำให้ปริมาณความต้อง การซื้อสินค้าชนิดที่กำลังพิจารณาอยู่นี้เปลี่ยนแปลงไปด้วย แม้ว่าราคาของสินค้าชนิดที่กำลังพิจารณามิได้เปลี่ยนแปลงไปอุปสงค์ ของสินค้าจะเปลี่ยนไปในทางเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับลักษณะของสินค้าที่เกี่ยวข้องนั้นว่าเป็นสินค้าที่สามารถใช้ทดแทนกันได้ หรือเป็นสินค้าที่ใช้ประกอบกัน

สินค้าที่ใช้ประกอบกัน (Complementary goods) ภายใต้ข้อสมมติว่าปัจจัยตัวอื่น ๆ ที่มีผลต่ออุปสงค์มีค่าคงที่ปริมาณ อุปสงค์ของสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม (ผกผัน) กับระดับราคาของสินค้าที่ใช้ประกอบกัน

สินค้าทดแทนกัน (Substitute good) ภายใต้ข้อสมมติว่าปัจจัยตัวอื่น ๆ ที่มีผลต่ออุปสงค์มีค่าคงที่ปริมาณอุปสงค์ของสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน (แปรผันตรง) กับระดับราคาของสินค้าทดแทนกัน

เนื่องจาก REC คือ ใบรับรองการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สามารถซื้อขายได้ ซึ่งผู้ที่มี REC ในครอบครองจึงสามารถอ้างสิทธิว่าตนทำการผลิตไฟฟ้าหรือทำการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนได้ส่งผลให้ผู้ซื้อจะมีความจำเป็นในการใช้ REC ก็ต่อเมื่อมีการผลิตหรือการใช้งานไฟฟ้าเท่านั้น

2.2 การศึกษาเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้อง (Empiricalstudies)

ที่ผ่านมามีงานศึกษาเชิงประจักษ์ในต่างประเทศมีการนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้นมาศึกษา โดยศึกษาว่าตัวแปรชี้วัดที่มาจากทฤษฎีต่าง ๆ นั้น มีผลต่อปริมาณการซื้อขายใบรับรองการผลิตพลังงานหมุนเวียน REC และปัจจัยที่มีผลต่อตลาดไฟฟ้าเสรีในประเทศไทย ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการศึกษาที่ผ่านมาโดยแบ่งตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

2.2.1 การศึกษาเชิงประจักษ์ตามทฤษฎีกฎของอุปสงค์ (Law of Demand Theory) และทฤษฎีกฎของอุปทาน (Law of Supply Theory)

Gupta and Purohit (2013) ทำการประเมินกลไก REC ในประเทศอินเดียเบื้องต้น โดยได้รับการสนับสนุนในการเตรียมการศึกษานี้จากโครงการ Support to Improve Climate Research and Information Services in South Asia (SIC RISA) และได้รับทุนสนับสนุนจาก Department for International Development (DFID) ใช้ข้อมูลเป็นรายเดือนครอบคลุมช่วง เวลาการศึกษาตั้งแต่เดือนมีนาคม 2011 จนถึงเดือนกรกฎาคม 2012

ผลการศึกษาพบว่าต้นทุนเฉลี่ยที่ใช้ในการจัดหาไฟฟ้าที่สามารถอ้างสิทธิ์เป็นพลังงานสะอาดได้ด้วยวิธี Feed-in Tariff (FiT) มีต้นทุนเฉลี่ยน้อยกว่าวิธี REC โดย FiT คือการที่ผู้ซื้อไฟฟ้าและผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนได้ตกลงกำหนดอัตรารับซื้อไฟฟ้าคงที่ตลอดอายุโครงการ ราคาเฉลี่ยที่ผู้ซื้อต้องจ่ายเพื่อซื้อไฟฟ้าที่สามารถอ้างสิทธิ์เป็นพลังงานสะอาดหนึ่งกิโลวัตต์ต่อชั่วโมงด้วย วิธี REC อยู่ที่ 5.74 รูปี ขณะที่วิธี FiT มีต้นทุนเฉลี่ยที่ 3.58 รูปี การแทรกแซงราคาซื้อขายของภาครัฐจึงมีความจำเป็นในการ พัฒนาตลาดการซื้อขาย REC ในประเทศอินเดียเพื่อลดต้นทุนของผู้ที่ต้องการอ้างสิทธิ์ไฟฟ้าพลังงานสะอาดด้วยวิธี REC หรือสามารถกล่าวได้ว่าในบริบทของประเทศอินเดีย ปริมาณการซื้อขาย REC มีความสัมพันธ์กับราคา REC ในทิศทางตรงข้ามสอดคล้องกับทฤษฎีกฎของอุปสงค์ (Law of Demand Theory)

ต่อมา Irfan (2021) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และไม่ ใช่แสงอาทิตย์ในประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลปริมาณการซื้อขาย REC ทั้งที่ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และไม่ใช่แสงอาทิตย์, ราคาซื้อขาย REC ทั้งที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และไม่ใช่แสงอาทิตย์, ปริมาณการซื้อขายไฟฟ้า และราคาซื้อขายไฟฟ้าจากตลาด Indian Energy Exchange Limited (IEX) ประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลเป็นรายเดือนครอบคลุมเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม 2013 จนถึงเดือนกรกฎาคม 2020 ด้วยเทคนิค Autoregressive Distributed Lag (ARDL) ในการหา ความสัมพันธ์

ผลการทดสอบพบว่า ราคาซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กับปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในทิศทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับทฤษฎีกฎของอุปสงค์ (Law of Demand Theory) และผลการศึกษาของ Gupta & Purohit (2013) คือ พบว่าในประเทศอินเดียมีปริมาณความต้องการขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มากกว่าปริมาณความต้องการซื้อ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้นปริมาณการซื้อ ขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศอินเดียจึงถูกกำหนดด้วยปริมาณความต้องการซื้อ REC การเพิ่มอุปสงค์ ของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จึงส่งผลให้ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ใน ประเทศอินเดียเพิ่มขึ้นได้

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างราคาซื้อขาย REC และปริมาณการซื้อขาย REC ที่ไม่ใช่แสงอาทิตย์ แม้ผลการทดสอบ จะมีค่าเป็นลบ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจึงไม่สามารถยืนยันความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองได้

2.2.2 การศึกษาเชิงประจักษ์ตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด

Schusser and Jaraitė (2018) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างราคาใบรับรองสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสหภาพ ยุโรป European Union Allowance (EUA), ราคาใบรับรองการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนของประเทศสวีเดน-นอร์เวย์ the Swedish-Norwegian Tradable Green Certificate (TGC) และราคาซื้อขายไฟฟ้า โดยนำข้อมูลราคา EUA จาก ตลาด Intercontinental Exchange (ICE) Futures Europe, ราคา TGC ของประเทศสวีเดน-นอร์เวย์จากตลาด Svensk Kraftmäkling (SKM) และราคาซื้อขายไฟฟ้าจากตลาด Nordic-Baltic Nord Pool โดยใช้ข้อมูลเป็นรายสัปดาห์ ระหว่างปี 2005 ถึง 2015 ด้วยเทคนิค Vector-Autoregressive (VAR) ในการหาความสัมพันธ์

ผลการทดสอบไม่พบความสัมพันธ์เชิงลบของตัวแปรทั้งสามตามสมมติฐานงานวิจัย แต่พบว่าราคา EUA ส่งผลต่อราคา TGC ในทิศทางบวกในระยะสั้น ทางผู้วิจัยให้ความเห็นว่าผลลัพที่เกิดขึ้นนี้เกี่ยวข้องกับลักษณะเฉพาะของระบบ TGC ของสวีเดน-นอร์เวย์ที่มีการกำหนดร้อยละของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน จึงแสดงว่าอุปสงค์ของ TGC เป็นอุปสงค์ที่เกิดจากอุปสงค์ของพลังงานไฟฟ้า ซึ่งหมายความว่าปัจจัยใดก็ตามที่อาจมีผลต่ออุปสงค์ของ TGC ได้ถูกควบคุมโดยอุปสงค์ของ พลังงานไฟฟ้าไว้แล้ว หรือสามารถกล่าวได้ว่าในบริบทของประเทศสวีเดน-นอร์เวย์ ปัจจัยที่ส่งผลต่ออุปสงค์ของไฟฟ้าจะส่งผลต่ออุปสงค์ของ REC เช่นกันสอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด กรณีเส้นอุปสงค์เคลื่อนที่ ในขณะที่เส้นอุปทานอยู่คงที่

ต่อมา Irfan (2021) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และไม่ ใช่แสงอาทิตย์ในประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลปริมาณการซื้อขาย REC ทั้งที่ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และไม่ใช่แสงอาทิตย์, ราคาซื้อขาย REC ทั้งที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และไม่ใช่แสงอาทิตย์, ปริมาณการซื้อขายไฟฟ้าและราคาซื้อ ขายไฟฟ้าจากตลาด Indian Energy Exchange Limited (IEX) ประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลเป็นรายเดือนครอบคลุมเวลาตั้งแต่ มกราคม 2013 จนถึงเดือนกรกฎาคม 2020 ด้วยเทคนิค Autoregressive Distributed Lag (ARDL) ในการหาความสัมพันธ์

ผลการทดสอบพบว่า ปริมาณการซื้อขายไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสง อาทิตย์ในทิศทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด กรณีเส้นอุปสงค์ เคลื่อนที่ ในขณะที่เส้นอุปทานอยู่คงที่ และความเห็นของ Schusser & Jaraitė (2018) คือพบว่าปริมาณการซื้อขายไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณความต้องการซื้อ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศอินเดียเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจาก กฎหมายที่ชื่อว่า Renewable Purchase Obligation (RPO) ซึ่งบังคับให้ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายไฟฟ้าในอินเดียต้องทำการผลิต และรับซื้อไฟฟ้าพลังงานทดแทนตามอัตราส่วนที่กำหนด เพราะฉะนั้นเมื่อผู้จำหน่ายไฟฟ้าไม่สามารถจัดหาไฟฟ้าพลังงานทดแทน ตามอัตราส่วนที่กำหนดได้ จึงจำเป็นต้องทำการซื้อ REC จากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนเพื่อชดเชยในส่วนที่ขาดไป

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการซื้อขายไฟฟ้าและปริมาณการซื้อขาย REC ที่ไม่ใช่แสงอาทิตย์ ผลการทดสอบไม่พบนัยสำคัญทางสถิติจึงไม่สามารถยืนยันความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองได้

2.2.3 การศึกษาเชิงประจักษ์ตามทฤษฎีอุปสงค์ต่อราคาสินค้าชนิดอื่น (Cross demand theory)

Schusser and Jaraitė (2018) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างราคาใบรับรองสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสหภาพยุ โรป European Union Allowance (EUA), ราคาใบรับรองการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนของประเทศสวีเดน-นอร์เวย์ the Swedish-Norwegian Tradable Green Certificate (TGC) และราคาซื้อขายไฟฟ้า โดยนำข้อมูลราคา EUA จาก ตลาด Intercontinental Exchange (ICE) Futures Europe, ราคา TGC ของประเทศสวีเดน-นอร์เวย์จากตลาด Svensk Kraftmäkling (SKM) และราคาซื้อขายไฟฟ้าจากตลาด Nordic-Baltic Nord Pool โดยใช้ข้อมูลเป็นรายสัปดาห์ระหว่างปี 2005 ถึง 2015 ด้วยเทคนิค Vector-Autoregressive (VAR) ในการหาความสัมพันธ์

ผลการทดสอบไม่พบความสัมพันธ์เชิงลบของตัวแปรทั้งสามตามสมมติฐานงานวิจัย แต่พบว่าราคา EUA ส่งผลต่อราคา TGC ในทิศทางบวกในระยะสั้น ทางผู้วิจัยให้ความเห็นว่าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นนี้เกี่ยวข้องกับลักษณะเฉพาะของระบบ TGC ของสวีเดน-นอร์เวย์ที่มีการกำหนดร้อยละของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน นี่แสดงว่าอุปสงค์ของ TGC เป็นอุปสงค์ที่เกิดจากอุปสงค์ของพลังงานไฟฟ้า ซึ่งหมายความว่าปัจจัยใดก็ตามที่อาจมีผลต่ออุปสงค์ของ TGC ได้ถูกควบคุมโดยอุปสงค์ของ พลังงานไฟฟ้าไว้แล้ว ซึ่งหมายความว่าราคาซื้อขายไฟฟ้าซึ่งส่งผลโดยตรงต่ออุปสงค์ของไฟฟ้าตามกฎของอุปสงค์ย่อมส่งผลโดย ตรงต่ออุปสงค์ของ REC ตามทฤษฎีอุปสงค์ต่อราคาสินค้าชนิดอื่น (Cross demand theory)

ต่อมา Irfan (2021) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และไม่ ใช่แสงอาทิตย์ในประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลปริมาณการซื้อขาย REC ทั้งที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และ ไม่ใช่แสงอาทิตย์, ราคาซื้อขาย REC ทั้งที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และไม่ใช่แสงอาทิตย์, ปริมาณการซื้อขายไฟฟ้าและ ราคาซื้อขายไฟฟ้าจากตลาด Indian Energy Exchange Limited (IEX) ประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลเป็นรายเดือนครอบคลุมเวลาตั้งแต่มกราคม 2013 จนถึงเดือนกรกฎาคม 2020 ด้วยเทคนิค Autoregressive Distributed Lag (ARDL) ในการหาความ สัมพันธ์

ผลการทดสอบพบว่า ราคาซื้อขายไฟฟ้ากับปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีความสัมพันธ์ ในทิศทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับทฤษฎีอุปสงค์ต่อราคาสินค้าชนิดอื่น (Cross demand theory) และความ เห็นของ Schusser & Jaraitė (2018) คือพบว่าในประเทศอินเดียไฟฟ้าและ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีคุณ สมบัติเป็นสินค้าที่ใช้ประกอบกัน หมายความว่าผู้ซื้อไฟฟ้าในประเทศอินเดียได้รับผลกระทบให้ต้องใช้ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลัง งานแสงอาทิตย์อย่างยากที่จะหลีกเลี่ยง

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่าง ราคาซื้อขายไฟฟ้าและปริมาณการซื้อขาย REC ที่ไม่ใช่แสงอาทิตย์ ผลการทดสอบไม่ พบนัยสำคัญทางสถิติจึงไม่สามารถยืนยันความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองได้

บทที่ 3
ข้อมูลที่ใช้และตัวแปร

โดยเริ่มทำการศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึง 30 มิถุนายน 2566 (ปี 2018-2023) เนื่องจากประเทศไทยเริ่มมีข้อมูล REC วันที่ 29 มิ.ย. 2560

3.1 ตัวแปร (Variables)

3.1.1 ตัวแปรตาม (Dependent variables)

Logarithm ของปริมาณการซื้อขายของ Renewable Energy Certificates (REC) ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย มีหน่วยเป็น Code

ตัวแปรตาม Logarithm ของปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย คือ ปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยและถูกบันทึกในระบบของ International REC Standard (I-REC) ซึ่งถูกแปลงค่าอยู่ในรูปแบบลอการิทึมธรรมชาติ (Natural logarithmic) หรือ ลอการิทึมฐาน e ทั้งนี้ปริมาณการซื้อขาย REC มีหน่วยเป็น “Code” โดย 1 Code มีค่า เทียบเท่ากับปริมาณไฟฟ้าพลังงานทดแทน 1 เมกกะ วัตต์ ต่อชั่วโมง (WMh) ที่ถูกซื้อหรือขายในระหว่าง ผู้ผลิตและผู้ซื้อ โดยมี The I-REC standard foundation เป็นผู้ออกใบรับรอง

3.1.2 ตัวแปรอธิบาย (Explanatory variables)

Logarithm ของปริมาณ Renewable Energy Certificates (REC) ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย ความสัมพันธ์เชิงบวก (+) มีหน่วยเป็น Code

ปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย คือ ปริมาณการผลิต REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยและถูกบันทึกในระบบของ International REC Standard (I-REC) โดย REC 1 Code มีค่าเทียบเท่ากับปริมาณไฟฟ้า 1 เมกกะวัตต์ต่อชั่วโมง (WMh) ซึ่งปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณการซื้อขายของ REC

ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในไทยในทิศทางบวก เนื่องจากหากปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยมีปริมาณมากขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณ REC ในตลาดมีปริมาณ มากขึ้น และความต้องการขาย REC จึงเพิ่มขึ้นตาม (เส้นอุปทานเลื่อนขวา) อย่างไรก็ตามการที่ปริมาณ REC ในตลาดมีปริมาณมาก ขึ้นจะไม่ส่งผลต่อความต้องการซื้อของผู้บริโภค (เส้นอุปสงค์คงที่) ส่งผลให้จุดดุลยภาพของตลาดเกิด การเคลื่อนตัวตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด กรณีเส้นอุปทานเคลื่อนที่ ในขณะที่เส้นอุปสงค์ อยู่คงที่ (ปริมาณการซื้อขายมากขึ้นแต่ราคาสินค้าลดลง)

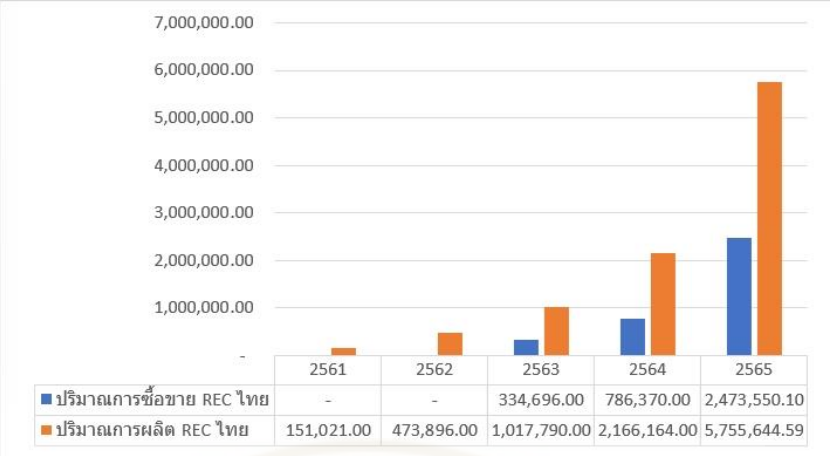
Logarithm ของราคา Renewable Energy Certificates (REC) จากตลาด Indian Energy Exchange (IEX) แปลงเป็นเงินบาท ความสัมพันธ์เชิงลบ (-) มีหน่วยเป็นบาท ต่อ Code

ราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท คือ การนำราคา Solar REC จากตลาด IEX ประเทศอินเดียจากหน่วยรูปี ต่อ 1 Code เป็นบาทต่อ 1 Code โดยใช้อัตราแลกเปลี่ยนสิ้นวัน ณ วันสิ้นเดือนตามประกาศของธนาคารแห่งประเทศไทยทั้งนี้การที่ราคา REC จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ในทิศทางบวกหรือทิศทางลบนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณอุปสงค์และปริมาณอุปทานของตลาด

โดยหากตลาดมีปริมาณอุปสงค์มากกว่าปริมาณอุปทานจะส่งผลให้ปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ถูกกำหนดโดยปริมาณอุปทาน ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาทกับปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทยจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกตามกฎของอุปทาน (Law of Supply Theory)

แต่หากตลาดมีปริมาณอุปทานมากกว่าปริมาณอุปสงค์จะส่งผลให้ปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ถูกกำหนดโดยปริมาณอุปสงค์ ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาทกับปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางลบตามกฎของอุปสงค์ (Law of Demand Theory)

จากภาพที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าในบริบทของประเทศไทยนั้นปริมาณ REC ที่ถูกผลิต มีมากกว่าปริมาณที่ถูกซื้อขายมาโดยตลอด จึงเป็นที่แน่นอนว่า REC ในประเทศไทยมีปริมาณอุปทานมากกว่าปริมาณอุปสงค์ เพราะฉะนั้นความสัมพันธ์ระหว่างราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาทกับปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทยจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางลบ



ภาพที่ 3.1 ปริมาณการผลิตและปริมาณการซื้อขาย Renewable Energy Certificates (REC) ในประเทศไทย

Logarithm ของปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย ความสัมพันธ์เชิงบวก (+) มีหน่วยเป็น เมกกะวัตต์ต่อชั่วโมง (WMh)

ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย คือ ปริมาณรวมของไฟฟ้าพลังงานทดแทนในระบบของการไฟฟ้า ฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีหน่วยเป็นเมกกะวัตต์ต่อชั่วโมง (WMh) ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทยจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย ในทิศทางบวก

เนื่องจาก REC เป็นช่องทางการเพิ่มรายได้ให้แก่ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทน จึงส่งผลให้หากปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลัง งานทดแทนจากประเทศไทยเพิ่มขึ้น ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนของไทยจะผลิต REC มากขึ้นเช่นกันและจากการที่ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนของไทยคาดหวังรายได้เพิ่มเติมจากการขาย REC ดังนั้นเมื่อปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานทดแทนไทยมีปริมาณมากขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณ REC ในตลาดมีปริมาณมากขึ้น ความต้องการขายจึงเพิ่มขึ้นตาม (เส้นอุปทานเลื่อนขวา) อย่างไรก็ตามการที่ปริมาณ REC ในตลาดมีปริมาณมากขึ้นจะไม่ส่งผลต่อความต้องการซื้อของผู้บริโภค (เส้นอุปสงคงที่) จึงส่งผลให้จุดดุลยภาพของตลาดเกิดการเคลื่อนตัวตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด กรณีเส้นอุปทานเคลื่อนที่ใน ขณะที่เส้นอุปสงค์อยู่คงที่ (ปริมาณการซื้อขายมากขึ้นแต่ราคาสินค้าลดลง)

Logarithm ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย ความสัมพันธ์เชิงบวก (+) มีหน่วยเป็นเมกกะวัตต์ ต่อชั่วโมง (WMh)

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย คือ ปริมาณรวมของไฟฟ้าในระบบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ที่ไม่รวมการใช้ไฟฟ้าจากลูกค้าในต่างประเทศและการใช้ไฟฟ้า

ของสถานีอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้ามีหน่วยเป็นเมกกะวัตต์ต่อชั่วโมง (WMh) ทั้งนี้ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย ในทิศทางบวก

เนื่องจากผลของการตื่นตัวเรื่องปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงส่งผลให้องค์กรต่าง ๆ ที่ให้ความสำคัญกับปัญ หาสิ่งแวดล้อมมีพันธะผูกพันในการจัดหาพลังงานสะอาดที่ถูกผลิตจากพลังงานหมุนเวียน เช่น สมาชิกของสมาคมพลังงานหมุนเวียนไทย (RE100) ที่มีเป้าหมาย คือ ต้องการให้พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในองค์กรเป็นพลังงานสะอาดที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียน อย่างไรก็ตามในกรณีที่องค์กรเหล่านี้ไม่สามารถจัดหาไฟฟ้าพลังงานทดแทนได้เพียงพอ องค์กรสามารถทำการซื้อ REC เพื่อนำมาชดเชยในส่วนของไฟฟ้าที่องค์กรใช้งานได้ เพราะฉะนั้นหากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยมีปริมาณมากขึ้น จะส่งผลให้ความต้องการซื้อ REC เพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้งานพลังงานไฟฟ้าขององค์กรที่มีพันธะผูกพันในการจัดหาพลังงานสะอาด (เส้นอุปสงค์เลื่อนขวา) ส่งผลให้จุดดุลยภาพของตลาดเกิด การเคลื่อนตัวตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของ ตลาด กรณีเส้นอุปสงค์เคลื่อนที่ในขณะ ที่เส้นอุปทานอยู่คงที่ (ปริมาณการซื้อขายมากขึ้นและราคาสินค้ามากขึ้น)

3.2 ข้อมูลและแสดงสถิติพรรณนา (Data and Descriptive statistics)

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลในการคำนวณตัวแปรต่าง ๆ จากฐานข้อมูลในประเทศไทยและฐานข้อมูลในต่างประเทศ กล่าวคือข้อ มูลปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย และปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสง อาทิตย์ในไทย เป็นข้อมูลจาก The International REC Standard (I-REC) จากเว็บไซต์ https://irecstandard.org/thailand/ ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่รวบรวมข้อมูลปริมาณการผลิตและซื้อขาย REC จากประเทศที่เข้าร่วมเป็นสมาชิกในหลาย ๆ ประเทศรวมถึงประเทศไทยด้วย ส่วนของราคา REC แหล่งข้อมูลราคาจากตลาด IEX ประเทศอินเดีย เว็บไซต์ https://www.iexindia.com/ marketdata/RECMarketBefore December 2022. aspx และ https://www.iexindia.com/marketdata/recdata.aspx และส่วนข้อมูลปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทยและปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย แหล่งข้อมูลจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.), กระทรวงพลังงาน เว็บไซต์ ไฟฟ้า (eppo.go.th)

งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลอง Ordinary least squares Model (OLS) ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการซื้อขายใบรับรองการผลิตพลังงานหมุนเวียน REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และปัจจัยที่มีผลต่อตลาด REC เสรีในประเทศไทย

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรทั้งหมด

ตัวแปร	ตัวย่อ	ความสัมพันธ์	หน่วย
Log ของปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย	Log Q Solar REC	(Y)	Code
Log ของปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย	Log Pro Solar REC	(+)	Code
Log ของราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท	Log Price REC	(-)	บาทต่อ Code
Log ของปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย	Log Pro Re Electricity	(+)	MWh
Log ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย	Log Con Electricity	(+)	MWh

หมายเหตุ : REC 1 หน่วย มีค่าเทียบเท่ากับปริมาณไฟฟ้า 1 เมกกะวัตต์ต่อชั่วโมง (WMh)

จากตารางที่ 3.1 ค่าสถิติเบื้องต้น พบว่าเมื่อพิจารณาค่าความเบ้ (Skewness) ของตัวแปรที่ต้องการนำมาทดสอบจะเห็น ได้ว่าตัวแปรที่มีค่า ความเบ้ (Skewness) มากกว่า 1 สามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย 2.00 และปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย 1.22 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าตัวแปรทั้งสองที่ถูกกล่าวถึงก่อนหน้ามีลักษณะการแจกแจงค่าความเบ้ในเชิงบวกหรือค่าความเบ้ขวาค่อนข้างมาก

เมื่อพิจารณาค่าความโด่ง (Excess Kurtosis) ของตัวแปรที่ต้องการนำมาทดสอบจะเห็นได้ว่าตัวแปรที่มีค่าความโด่ง (Excess Kurtosis) น้อยกว่า -1 สามารถเรียงลำดับจากน้อยไปมากได้ดังนี้ ราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท -4.44, ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย -3.71, ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย -3.14 และปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย -2.56 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าตัวแปรทั้งหมดที่ถูกกล่าวถึงก่อนหน้ามีลักษณะ การแจกแจงค่าความโด่งแบบในค่าความโด่งแบบต่ำ

ตัวแปรที่มีค่าความโด่ง (Excess Kurtosis) มากกว่า 1 คือ ปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย 1.17 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรดังกล่าวมีลักษณะการแจกแจงแบบในค่าความโด่งแบบสูง

จึงทำการแปลงข้อมูลของตัวแปรทั้งหมดให้อยู่ในรูปลอการิทึมธรรมชาติ (Natural logarithmic) ซึ่งคือ ลอการิทึมฐาน e เพื่อให้ตัวแปรที่ต้องการนำมาทดสอบ มีการแจกแจงที่ใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) มากขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear regression) ที่ว่าตัวแปรที่นำมาทดสอบต้องมีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

ตารางที่ 3.2 ค่าสถิติเบื้องต้น

ตัวแปร	ตัวย่อ	Mean	Median	Maximum	Minimum	Std. Dev.	Skewness	Excess Kurtosis	Units
ปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย	Q Solar REC	36936.09	4500.50	288928.70	0.00	61196.09	2.00	1.17	Code
ปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย	Pro Solar REC	65910.16	28888.50	274278.00	0.00	79057.56	1.22	-2.56	Code
ราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท	Price REC	474.24	439.65	978.96	0.00	366.30	-0.04	-4.44	บาทต่อ Code
ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย	Pro Re Electricity	1752530.00	1766743.00	2245799.00	1365450.00	201236.80	0.01	-3.71	MWh
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย	Con Electricity	16009180.70	16090123.66	18975456.09	13897128.12	1061588.00	0.09	-3.14	MWh

บทที่ 4
วิธีการทางสถิติ

จากการศึกษาข้อมูลการเก็บอยู่ในรูปแบบของ“ข้อมูลอนุกรมเวลา”(Time Series Data) โดยใช้ข้อมูลเป็นรายเดือนตั้ง แต่เดือนมกราคม ปี 2561 จนถึงเดือนมิถุนายน ปี 2566 จากนั้นทำการทดสอบทางสถิติด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (Ordinary Least Square Estimation : OLS) ทั้งนี้ก่อนดำเนินการทดสอบข้อมูลดิบ ทั้งหมดจะถูกแปลงค่าอยู่ในรูปลอการิทึมธรรมชาติ (Natural logarithmic) ซึ่งคือ ลอการิทึมฐาน e หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Stationary test) เพื่อที่จะหลีก เลี่ยงข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) และความแปรปรวน (Variances) ที่ไม่คงที่ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธีการทดสอบ Augmented Dickey-Fuller (ADF) test และ Zivot and Andrews (ZA) test หลังจากดำเนินการทดสอบด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (Ordinary Least Square Estimation : OLS) แล้วลำดับถัดมาจึงได้ทำการตรวจสอบปัญหา Multicollinearity ด้วยวิธี Pair - wise Correlation และ Variance Inflation Factor (VIF) test แล้วจึงตรวจสอบปัญหา Autocorrelation ด้วยวิธี Durbin - Watson test เมื่อพบปัญหาจึงทำการบรรเทาปัญหา Autocorrelation ด้วยวิธีการประมาณค่า Newey - West

4.1 การทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Stationary Test)

การทดสอบความคงที่ของข้อมูล (Stationary Test) คือการทดสอบคุณสมบัติของข้อมูลที่ต้องการนำมาศึกษาว่ามีค่า เฉลี่ยและความแปรปรวนของข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data) คงที่ (Stationarity) หรือไม่คงที่ (Non-stationary) ในช่วง เวลาที่แตกต่างกัน โดยตรวจสอบว่าชุดข้อมูลนั้นมีหน่วยราก (Unit root) หรือไม่ หากข้อมูลที่นำมาทดสอบมีหน่วยราก (Unit root) แสดงว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบมีค่าไม่คงที่ (Non-stationary) หากนำข้อมูลที่ค่าไม่คงที่ (Non-stationary) มาใช้ในการศึกษาอาจส่งผลให้ค่าที่ได้จากการทำนายเกิดความสัมพันธ์ปลอม (Spurious correlation) ซึ่งส่งผลให้ผลที่ได้จากการทำนายมีความน่าเชื่อถือต่ำ ทั้งนี้คณะผู้จัดทำได้ทำการทดสอบความคงที่ของข้อมูล (Stationary test) 2 วิธี ได้แก่ Augmented Dickey-Fuller (ADF) test และ Zivot-Andrews (ZA) test

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่าง Augmented Dickey-Fuller (ADF) test กับ Zivot-Andrews (ZA) test คือ Augmen ted Dickey-Fuller (ADF) test ไม่สามารถยืนยันคุณสมบัติความคงที่ของข้อมูล

(Stationarity) ในกรณีที่ข้อมูลนั้นเกิดการแตก ของโครงสร้าง (Structural Break) ภายในข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) แต่การใช้ Zivot-Andrews (ZA) test นั้นสามารถ ยืนยันคุณสมบัติความคงที่ของข้อมูล (Stationarity) ได้ในกรณีที่ข้อมูลนั้นเกิดการแตกของโครงสร้าง (Structural Break) ซึ่งก็ยังมีข้อจำกัดในการทดสอบ คือการแตกของโครงสร้าง (Structural Break) เพียงหนึ่งครั้ง ภายในข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) หากข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) ที่ใช้เกิดการแตกของโครงสร้าง (Structural Break) มากกว่าหนึ่งครั้ง Zivot-Andrews (ZA) test จะไม่สามารถยืนยันคุณสมบัติความคงที่ของข้อมูล (Stationarity) ได้

การแตกของโครงสร้าง (Structural Break) หมายถึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างภายในชุดข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) อย่างน้อยหนึ่งครั้ง ณ จุดใดจุดหนึ่งของข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) โดยสามารถจำแนกลักษณะการแตก ของโครงสร้างออกเป็น 3 ลักษณะ

1. การเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่ (Constant) ในข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series)
2. การเกิดการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มของข้อมูล ในข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series)
3. การเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่ (Constant) และแนวโน้มของข้อมูล ในข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series)

การทดสอบความคงที่ของข้อมูล (Stationary test) แต่ละวิธีนั้นมีสมการและสมมติฐานการทดสอบ ดังนี้

สมการของการทดสอบ Augmented Dickey-Fuller (ADF) Test เขียนเป็นสมการ คือ

$$\Delta y_t = c + \propto y_{t-1} + \beta t + \sum_{j=0}^{k} d_j \Delta y_{t-j+\varepsilon_t}$$

โดยที่

y_t คือ ค่าของตัวแปร ณ เวลา t

c คือ ค่าคงที่ (Constant)

t คือ ค่าแนวโน้มเวลา (Time trend)

k คือ คาบเวลาในอดีต (Time lag)

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (White Noise Error)

สมมติฐานการทดสอบของ Augmented Dickey-Fuller (ADF) Test เขียนได้ดังนี้

สมมติฐานหลัก (H0): ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) ที่ทำการทดสอบมีหน่วยราก (Unit root) หมายความว่าข้อมูล ที่นำมาทดสอบมีค่าไม่คงที่ (Non-stationary)

$$H0 : \alpha = 0$$

สมมติฐานรอง (H1): ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) ที่ทำการทดสอบไม่มีหน่วยราก (Unit root) หมายความว่าข้อ มูลที่นำมาทดสอบมีค่าคงที่ (Stationary)

$$H1 : \alpha < 0$$

สมการของการทดสอบ Zivot-Andrews (ZA) test กรณีเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่ (Constant) หนึ่งครั้งในข้อมูล อนุกรมเวลา (Time Series) เขียนได้ดังนี้

$$\Delta y_t = c + \alpha y_{t-1} + \beta t + \theta DU_t + \sum_{j=1}^{k} d_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t$$

โดยที่ DU_t คือ ตัวแปรดัมมี่ของค่าคงที่ (Constant) โดยกำหนดให้มีค่าเป็น 1 เมื่อ $t > TB$ (Breakpoint) และมีค่าเป็น 0 เมื่อ $t \leq TB$ (Breakpoint)

สมการของการทดสอบ Zivot-Andrews (ZA) test กรณีเกิดการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้ม หนึ่งครั้งในข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) เขียนได้ดังนี้

$$\Delta y_t = c + \propto y_{t-1} + \beta t + \gamma DT_t + \sum_{j=1}^{k} d_j \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t$$

โดยที่ DT_t คือ ตัวแปรดัมมี่ของค่าความชัน (Slope) โดยกำหนดให้มีค่าเป็น DU_t คูณด้วย t

สมการของการทดสอบ Zivot-Andrews (ZA) test กรณีเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่ (Constant) และแนวโน้ม ของข้อมูลหนึ่งครั้งในข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) เขียนได้ดังนี้

$$\Delta y_t = c + \propto y_{t-1} + \beta t + \theta DU_t + \gamma DT_t + \sum_{j=1}^{k} d_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t$$

หลังจากทำการแปลงค่าข้อมูลอนุกรมเวลา (Time series) แล้ว Zivot-Andrews (ZA) test จะนำข้อมูลอนุกรมเวลา (Time series) ใหม่ มาทำการทดสอบความคงที่ของข้อมูล (Stationary test) โดยสมมติฐานการทดสอบสามารถเขียนได้ดังนี้

สมมติฐานหลัก (H0) : ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) ที่ทำการทดสอบมีหน่วยราก (Unit root) หมายความว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบมีค่าไม่คงที่ (Non-stationary)

$$H0 : \alpha = 0$$

สมมติฐานรอง (H1): ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) ที่ทำการทดสอบไม่มีหน่วยราก (Unit root) โดยเกิดการแตก ของโครงสร้าง (Structural break) หนึ่งครั้ง หมายความว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบมีค่าคงที่ (Stationary)

$$H1 : \alpha < 0$$

4.2 Ordinary Least Squares (OLS)

Ordinary Least Squares Model (OLS) เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวิเคราะห์ สถิติโดยเฉพาะ ในการวิเคราะห์การสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent variables) และตัวแปรตาม (Dependent variable) ในการวิเคราะห์สถิติแบบเชิงเส้น (Linear regression analysis) โดย OLS จะพยายามหาค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ฟังก์ ชันเชิงเส้นที่เกิดจากโมเดลมีค่าของค่าคลาดเคลื่อน (Residuals) น้อยที่สุดโดยใช้การจับคู่ข้อมูลที่มีให้เราและค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้เป็นไปได้ เพื่อหาค่าของพารามิเตอร์ที่ทำให้ ค่าคลาดเคลื่อนรวม (Residual sum of squares) น้อยที่สุด จะใช้การคำนวณ จากการหา ค่าอนุพันธ์ (Derivative) ของค่าคลาดเคลื่อนรวมเท่ากับศูนย์ (Set equal to zero) และแก้สมการเชิงเส้นที่ได้จากนั้น เพื่อหาค่าของพารามิเตอร์ที่ทำให้ค่าคลาดเคลื่อนรวมน้อยที่สุด จากความสำคัญดังกล่าว จึงทำให้ OLS ได้รับการนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบรวมถึงในการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์, การวิเคราะห์การเงิน, วิทยาศาสตร์สังคมและในงานวิจัยทางการแพทย์ เป็นต้น การนำ OLS มาใช้สามารถช่วยในการคาดการณ์ค่าของตัวแปรตาม (Dependent variable) จากค่าของตัวแปรอิสระ (Independent variables) และให้ความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรต่าง ๆ

สมการของแบบจำลอง OLS เขียนได้ดังนี้

$$\text{Log Q Solar REC}_t = \beta_0+\beta_1\text{Log Pro Solar REC}_t-\beta_2\text{Log Price REC}_t +\beta_3\text{Log Pro RE Electricity}_t+\beta_4\text{Log Con Electricity}_t+\varepsilon_t$$

โดยที่

Log Q Solar REC คือ Log ของปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย

Log Pro Solar REC คือ Log ของปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย

Log Price REC คือ Log ของราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท

Log Pro Re Electricity คือ Log ของปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย

Log Con Electricity คือ Log ของปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย

β_0 คือ ค่าคงที่ (Constant)

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (Error term)

สมมุติฐานการทดสอบของ OLS เขียนได้ดังนี้

สมมติฐานหลัก (H0) ตัวแปรอิสระทั้งหมดที่นำมาทดสอบไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในลักษณะของเส้นตรง (Linear)

$$H0 : \beta_1 = \beta_2 = \cdots = \beta_n = 0$$

สมมติฐานรอง (H1) ตัวแปรอิสระที่นำมาทดสอบอย่างน้อยหนึ่งตัวแปรมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในลักษณะของเส้น ตรง (Linear)

4.3 Pair-wise Correlation

Pair-wise correlation เป็นวิธีทางสถิติที่ใช้ในการวัดความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปร โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่างคู่ของตัวแปรที่สนใจ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 โดยหากมี ค่าเป็น + หมายความว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน หากมีค่าเป็น – หมายความว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ใน

ทิศทางตรงกันข้าม หากมีค่าใกล้ 1 หรือ -1 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันมาก หากมีค่าใกล้ 0 แสดงว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันน้อย

โดยการศึกษานี้ ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการทดสอบ Pair-wise correlation โดยใช้วิธีการของ Pearson ในการทดสอบ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอธิบายในแบบจำลองที่ 1 และ 2 เพื่อตรวจสอบปัญหา Multicollinearity ซึ่งผลการ ทดสอบจะถูกแสดงอยู่ในรูปของ Correlation Matrix โดยปัญหา Multicollinearity คือปัญหาที่เกิดจากการที่ตัวแปรอิสระ ในแบบจำลองมีความสัมพันธ์กันเองในเชิงเส้นตรง ถ้าหากปัญหา Multicollinearity มีความรุนแรงจะส่งผลให้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบขาดความน่าเชื่อถือ

สมการการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ด้วยวิธี Pearson เขียนได้ดังนี้

$$r = \frac{\mathrm{SP}_{xy}}{\sqrt{(SS_x)(SS_y)}}$$

$$\mathrm{SS}_y = \Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n}$$

$$\mathrm{SS}_x = \Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n}$$

$$\mathrm{SP}_{xy} = \Sigma(X)(Y) - \frac{(\Sigma X)(\Sigma Y)}{n}$$

โดยที่ r คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ที่ได้จากวิธี Pearson

สมมุติฐานการทดสอบ ของ Pair-wise correlation เขียนได้ดังนี้

สมมติฐานหลัก (H0): ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างตัวแปรที่กำหนดให้มีค่าเท่ากับ ศูนย์หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่กำหนดให้เกิดขึ้น

H0 : r = 0 ตัวแปรอธิบายในแบบจำลองไม่มีความสัมพันธ์กัน

สมมติฐานรอง (H1) : ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างตัวแปรที่กำหนดให้มีค่าไม่เท่ากับ ศูนย์หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่กำหนดให้เกิดขึ้น

H1 : $r \neq 0$ ตัวแปรอธิบายในแบบจำลองมีความสัมพันธ์กัน

4.4 Variance Inflation Factor (VIF) test

Variance Inflation Factor (VIF) test เป็นวิธีทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา Multicollinearity ในแบบจำลอง Multiple Regression หรือแบบจำลองที่มีตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัว แนวคิดในการคำนวนค่า VIF สำหรับตัวแปรอิสระแต่ละตัว คือ ทำการประมาณความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่ต้องการทดสอบกับตัวแปรอิสระอื่น ๆ ในแบบจำลอง โดยใช้ Linear Regression Model ในกรณีของงานศึกษานี้ใช้ OLS Model แล้วนำค่า R^2 ที่ได้จากการทดสอบก่อนหน้าไปคำนวณ โดยสมการ การทดสอบ VIF

ค่า VIF ที่ได้จากผลการทดสอบสามารถอธิบายได้ดังนี้

VIF = 1 ตัวแปรอิสระที่ทำการทดสอบ ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ

$1 < VIF \leq 5$ ตัวแปรอิสระที่ทำการทดสอบมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ ในระดับที่ไม่สูงมาก

VIF > 5 ตัวแปรอิสระที่ทำการทดสอบมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ ในระดับสูง

โดยหากผลการทดสอบ VIF มีค่าสูงกว่า 5 แสดงถึงปัญหา Multicollinearity ที่มีความรุนแรงควรจึงพิจารณาแก้ไข

โมเดลสมการการทดสอบ Variance Inflation Factor (VIF) test เขียนได้ดังนี้

$$VIF_i = \frac{1}{1 - R_i^2}$$

โดยที่

R_i^2 คือ ค่า R^2 ที่เกิดจากการใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ i กับตัวแปรอิสระอื่นในแบบจำลอง

4.5 Durbin-Watson (DW) test

Durbin-Watson (DW) test เป็นวิธีทางสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบว่าสมการถดถอยที่ใช้ในการทดสอบปัญหาสหสัมพันธ์มี ตัวคลาดเคลื่อนในอันดับที่หนึ่ง (First Order Autocorrelation) หรือไม่ โดยปัญหา Autocorrelation คือปัญหาที่เกิดจากการที่ ค่าความคลาดเคลื่อน (Error term) ในข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data) มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาก่อนหน้าส่งผลให้การ คำนวณค่าสถิติ t และ F คลาดเคลื่อนไป ซึ่งอาจทำให้การทดสอบสมมติฐานผิดพลาด โดยผลที่ได้จากการทดสอบ Durbin-Watson test จะอยู่ในช่วง 0 ถึง 4 เสมอ

สมการการทดสอบ Durbin-Watson (DW) test เขียนได้ดังนี้

$$DW = \frac{\Sigma_{t=2}^{T}(e_t - e_{t-1})^2}{\Sigma_{t=2}^{T} e_t^2}$$

$$DW \approx 2(1\text{-}\rho)$$

โดยที่

e_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลา t

T คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดในชุดข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data)

ρ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์กันเอง

สมมุติฐานการทดสอบของ Durbin-Watson (DW) test เขียนได้ดังนี้

สมมติฐานหลัก (H0): ตัวแปรสุ่มคลาดเคลื่อนไม่มีความสัมพันธ์กันกับช่วงเวลาก่อนหน้า

$$H0 : \rho = 0$$

สมมติฐานรอง (H1) : ตัวแปรสุ่มคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันกับช่วงเวลาก่อนหน้า

$$H1 : \rho \neq 0$$

4.6 Newey–West Estimator ตัวบรรเทาปัญหา

Newey–West Estimator เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้แก้ปัญหา เมื่อโมเดลไม่สามารถ Follow standard assumption ได้ ในที่นี้คือ Model residual หรือ Error term ที่เกิดปัญหา Autocorrelation ใน Lags ของข้อมูลตัวเอง โดยในงานศึกษานี้จะใช้ Lags 1 เพื่อบรรเทาปัญหาสหสัมพันธ์ตัวคลาดเคลื่อนในอันดับที่หนึ่ง (First Order Autocorrelation)

หลักการของ Newey–West Estimator คือการเปลี่ยน Covariance matrix ซึ่งใน OLS ปกติจะคำนวณขึ้นมาจาก Independence variables ของโมเดล แต่ Newey–West Estimator จะสร้าง Error matrix ขึ้นใหม่จาก Error term ที่เกิดขึ้นจากโมเดล จากนั้นใช้ Error matrix นี้คำนวณ Covariance matrix ขึ้นมาใหม่ และจะได้ค่า Standard Error, T-Statistic และ P-Value ใหม่ตามลำดับ

สมการ Newey–West Estimator เขียนได้ดังนี้

$$\hat{\Omega}^{NW} = \sum_{j=-m}^{m}\left(1-\left|\frac{j}{m}\right|\right)\hat{\Gamma}_j$$

$$\hat{\Gamma}_j = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\hat{Z}_t\hat{Z}_{t-j}'$$

$$\hat{Z}_t = X_t\hat{u}_t.$$

โดยที่

$\hat{\mu}_t$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลา t

X_t คือ ค่าของตัวแปรอิสระในช่วงเวลา t

$\hat{Z}_t$ คือ Second Order Stationarity ในช่วงเวลา t โดย Zt เป็นตัวแปรที่ถูกสร้างขึ้นโดยมีคุณสมบัติ คือ ค่าเฉลี่ย คงที่ (Constant Mean) และความแปรปรวนคงที่ (Constant Variance)

T คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดในชุดข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data)

j คือ Lag ที่ใช้ในการคำนวณ Autocovariance

m คือ จำนวน Lag สูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ในการคำนวณบวกด้วย 1

$\hat{\Gamma}_j$ คือ Empirical autocovariance ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ Lag j

$\hat{\Omega}^{NW}$ คือ Covariance matrix ที่ถูกประมาณค่าขึ้นใหม่เพื่อบรรเทาปัญหา Heteroskedasticity และ Autocorrelation

บทที่ 5
ผลการทดสอบ

ส่วนนี้เป็นการนำตัวแปรที่กำหนดข้างต้นมาทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอธิบายกับปริมาณการซื้อขายของ Renewable Energy Certificates (REC) ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย โดยรวมตัวแปรที่ใช้แทนปัจจัยจากทฤษฎีต่าง ๆ อันได้แก่ ปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย, ราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท, ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย และ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย

5.1 ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Stationary Test) โดยใช้ Augmented Dickey-Fuller (ADF) test และ Zivot-Andrews (ZA) test

จากตารางที่ 5.1 การแสดงผลการทดสอบความคงที่ของข้อมูล (Stationary test) โดยวิธี Augmented Dickey-Fuller (ADF) test และ Zivot-Andrews (ZA) test ซึ่งผลการทดสอบโดยวิธี Augmented Dickey-Fuller (ADF) test สามารถสรุปผล ได้ดังนี้

ตัวแปรที่มีค่าสถิติ ADF test น้อยกว่าค่าวิกฤต (Critical Value) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 1 คือ -4.117 สามารถ เรียงลำดับจากน้อยไปมากได้ดังนี้ ปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย -8.677, ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย -4.763, ปริมาณการการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย -4.356 ตามลำดับ

ในส่วนของปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย มีค่าสถิติ ADF test อยู่ที่ -3.869 แม่ว่าค่าค่าสถิติ ADF test จะมากกว่าค่าวิกฤต (Critical Value) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 1 คือ -4.117 แต่มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤต (Critical Value) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 5 คือ -3.485

แสดงให้เห็นว่าตัวแปรที่มีค่าสถิติ ADF test น้อยกว่าค่าวิกฤต (Critical Value) สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H1) จึงสามารถสรุปได้ว่าที่ระดับ Level ตัวแปรที่ผ่านการทดสอบเหล่านี้มีลักษณะคงที่ (Stationarity) หรือไม่มี Unit Root

ส่วนตัวแปรราคา REC จาก ตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท มีค่าสถิติ ADF test อยู่ที่ -2.202 มากกว่าค่าวิกฤต (Critical Value) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 10 คือ -3.171 จึงนำตัวแปรดังกล่าวไปดำเนินการทดสอบเพิ่มเติมด้วยวิธีการทดสอบ Zivot-Andrews (ZA) test

โดยผลการทดสอบโดย วิธี Zivot-Andrews (ZA) test สามารถสรุปผลได้ดังนี้

การทดสอบ Zivot-Andrews (ZA) test กรณีเกิดการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มหนึ่งครั้งในข้อมูลอนุกรมเวลาราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท มี ค่าสถิติ ZA test อยู่ที่ -3.165 มากกว่าค่าวิกฤต (Critical Value) ที่ระดับนัยสำคัญทาง สถิติร้อยละ 10 คือ -4.110

การทดสอบ Zivot-Andrews (ZA) test กรณีเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่ (Constant) หนึ่งครั้งในข้อมูลอนุกรม เวลา ราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท มีค่าสถิติ ZA test อยู่ที่ -4.709 น้อยกว่าค่าวิกฤต (Critical Value) ที่ระดับนัยสำคัญทาง สถิติร้อยละ 10 คือ -4.580

จากผลการทดสอบข้างต้นได้แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H1) ในกรณีเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่ (Constant) หนึ่งครั้งในข้อมูลอนุกรมเวลา จึงสามารถสรุปได้ว่าที่ ระดับ Level ตัวแปรราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาทมีลักษณะคง ที่ (Stationarity) หรือไม่มี Unit Root โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่ (Constant) หนึ่งครั้งในข้อมูลอนุกรมเวลา

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบความคงที่ของข้อมูล (Stationary test) โดยวิธี Augmented Dickey-Fuller (ADF) test และ Zivot-Andrews (ZA) test

ตัวแปร	ตัวย่อ	Structural Breaks	t-statistic	Result	Test Critical Value		
					ร้อยละ 1	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10
Log ของปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย	Log Q Solar REC	None	-3.869 **	stationarity	-4.117	-3.485	-3.171
		Trend	-4.330 *		-4.930	-4.420	-4.110
		Intercept	-8.852 ***		-5.340	-4.800	-4.580
		Trend and Intercept	-9.254 ***		-5.570	-5.080	-4.820
Log ของปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย	Log Pro Solar REC	None	-8.677 ***	stationarity	-4.117	-3.485	-3.171
		Trend	-8.976 ***		-4.930	-4.420	-4.110
		Intercept	-10.045 ***		-5.340	-4.800	-4.580
		Trend and Intercept	-10.075 ***		-5.570	-5.080	-4.820
Log ของราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท	Log Price REC	None	-2.202	stationarity with one time Intercept Break	-4.117	-3.485	-3.171
		Trend	-3.165		-4.930	-4.420	-4.110
		Intercept	-4.709 *		-5.340	-4.800	-4.580
		Trend and Intercept	-4.693		-5.570	-5.080	-4.820
Log ของปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย	Log Pro Re Electricity	None	-4.763 ***	stationarity	-4.117	-3.485	-3.171
		Trend	-5.205 ***		-4.930	-4.420	-4.110
		Intercept	-5.714 ***		-5.340	-4.800	-4.580
		Trend and Intercept	-5.725 ***		-5.570	-5.080	-4.820
Log ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย	Log Con Electricity	None	-4.356 ***	stationarity	-4.117	-3.485	-3.171
		Trend	-4.982 ***		-4.930	-4.420	-4.110
		Intercept	-5.310 **		-5.340	-4.800	-4.580
		Trend and Intercept	-5.327 **		-5.570	-5.080	-4.820

หมายเหตุ (*) p<0.1, (**) p<0.05, (***) p<0.01 นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 10%, 5%, และ 1% ตามลำดับ

5.2 ผลการทดสอบปัญหา Multicollinearity โดยใช้ Pair-wise Correlation

จากตารางที่ 5.2 เป็นการทดสอบปัญหา Multicollinearity ของตัวแปรอธิบาย (Explanatory variables) ของแบบจำลองด้วยวิธีการ Pair-wise Correlation สามารถสรุปผลได้ดังนี้

การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงาน แสงอาทิตย์ในไทยและปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย พบว่าค่า Probability ของผลการทดสอบ t ที่มีค่านัย สำคัญต่ำกว่าร้อยละ 1 สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H1) หมายความว่าปริมาณ REC ที่ผลิต จากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย และปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งยืนยันปัญหา Multicollinearity ในแบบจำลองที่ 1

ตารางที่ 5.2 Correlation Matrix ของตัวแปรอธิบายในแบบจำลอง

ตัวแปร	ตัวย่อ	Log Pro Solar REC	Log Price REC	Log Pro Re Electricity	Log Con Electricity
Log ของปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย	Log Pro Solar REC	1	-	-	-
Log ของราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท	Log Price REC	0.0124	1	-	-
Log ของปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย	Log Pro Re Electricity	0.4214 ***	0.1444	1	-
Log ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย	Log Con Electricity	0.0485	0.2013	0.0289	1

หมายเหตุ (*) p<0.1, (**) p<0.05, (***) p<0.01 นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 10%, 5%, และ 1% ตามลำดับ

5.3 ผลการทดสอบปัญหา Multicollinearity โดยใช้ Variance Inflation Factor (VIF) test

จากตารางที่ 5.3 เป็นการทดสอบปัญหา Multicollinearity ของตัวแปรอิสระในแบบจำลองด้วยวิธีการ Variance Inflation Factor (VIF) test สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ค่า VIF ของตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่ามากกว่า 1 หมายความว่าตัวแปรอิสระทุกตัวในแบบจำลองที่ 1 มีความสัมพันธ์กับ ตัวแปรอิสระอื่น ๆ โดยตัวแปรอิสระที่มีค่าของผลการทดสอบ VIF สูงที่สุดคือ ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย มีค่าอยู่ที่ 1.25 ซึ่งน้อยกว่า 5

ซึ่งยืนยันว่าปัญหา Multicollinearity ในแบบจำลองอยู่ในระดับที่ไม่รุนแรงจนจำเป็น ต้องพิจารณาแก้ไขโมเดล

ตารางที่ 5.3 ผลการทดสอบ Variance Inflation Factor (VIF) test ของแบบจำลอง

ตัวแปร	ตัวย่อ	VIF	1/VIF
Log ของปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย	Log Pro Re Electricity	1.25	0.8027
Log ของปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย	Log Pro Solar REC	1.22	0.8178
Log ของราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท	Log Price REC	1.07	0.9365
Log ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย	Log Con Electricity	1.05	0.9569
	Mean VIF	1.15	

5.4 ผลการทดสอบปัญหา Autocorrelation โดยใช้ Durbin-Watson (DW) test

จากตารางที่ 5.4 เป็นการทดสอบปัญหา Autocorrelation ของตัวแปรอิสระในแบบจำลองด้วยวิธีการ Durbin-Watson (DW) test สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ผลการทดสอบพบว่าค่า Probability ของผลการทดสอบ D ที่มีค่านัยสำคัญต่ำกว่าร้อยละ 1 สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H0) และ ยอมรับสมมติฐานรอง (H1) หมายความว่า ตัวแปรสุ่มคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันกับ ช่วงเวลาก่อนหน้าและแบบจำลอง มีปัญหาสหสัมพันธ์ตัวคลาดเคลื่อนในอันดับที่หนึ่ง (First Order Autocorrelation) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 5.4 ผลการทดสอบ Durbin-Watson (DW) test ของแบบจำลอง

k	n	D-statistic	Result	significance level	Test Critical Value			
					dL	dU	4-dU	4-dL
5	66	1.159651 ***	Autocorrelation	0.01	1.289	1.6124	2.3876	2.711
				0.05	1.4432	1.7672	2.2328	2.5568

หมายเหตุ: (**) p<0.05, (***) p<0.01 นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5%, และ 1% ตามลำดับ

ทางผู้จัดทำจึงดำเนินการบรรเทาปัญหาสหสัมพันธ์ตัวคลาดเคลื่อนในอันดับที่หนึ่ง (First Order Autocorrelation) ของแบบจำลอง ด้วยวิธีการประมาณค่า Newey–West เพื่อตรวจสอบว่าผลการทดสอบจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

5.5 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอธิบายกับปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย โดยใช้ Ordinary Least Squares (OLS) Model

จากตาราง 5.5 เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอธิบายกับปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย

โดยมีค่า Probability ของผลการทดสอบ F ที่มีค่านัยสำคัญต่ำกว่าร้อยละ 1 หมายความว่าตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวในแบบจำลอง สามารถอธิบายปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนเมื่อพิจารณาที่ค่า R_2 ยังแสดงให้เห็ว่าตัวแปรอิสระที่ใช้ในการทดสอบสามารถอธิบายความแปรปรวนของปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยได้ร้อยละ 52.39 ผลการประมาณค่าแบบจำลองพบว่า ตัวแปรอิสระแต่ละปัจจัยในแบบจำลองสามารถอธิบายปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยได้ดังนี้

5.5.1 ปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย

ปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย ในทิศทางบวก โดยมีนัยสำคัญทางสถิติต่ำกว่า ร้อยละ 1 ทั้งก่อนและหลังการประมาณค่า Newey-West สะท้อนให้เห็นว่าปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย สามารถอธิบายปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ช่วยสนับส นุนแนวคิดตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด กรณีเส้นอุปทานเคลื่อนที่, เส้นอุปสงค์คงที่และหากปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย มีปริมาณมากขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณ REC ในตลาดมีปริมาณมากขึ้นด้วยและความต้องการขาย REC จึงเพิ่มขึ้นตาม ส่งผลให้ ณ จุด ดุลยภาพใหม่ REC จะมีปริมาณการซื้อขายมากขึ้นแต่มีราคาที่ต่ำลง

จากค่าสัมประสิทธิ์ของปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย พบว่าเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ให้คงที่ หากปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จากค่าเฉลี่ยจะส่งผลให้ปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.6159

5.5.2 ราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาท

ราคา REC จากตลาด IEX มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย ในทิศทางลบ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติต่ำกว่า ร้อยละ 5 ทั้งก่อนและหลังการประมาณค่า Newey-West สะท้อนให้เห็นว่าราคา REC จากตลาด IEX สามารถอธิบายปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Irfan (2021) ที่พบว่าราคา Solar REC จาก ตลาด IEX ประเทศอินเดียมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง ของปริมาณการซื้อขาย REC ในตลาด IEX ประเทศอินเดียในทิศทางลบ จึงสนับสนุนแนวคิดตามกฎของอุปสงค์ (Law of Demand theory) ที่ว่าปริมาณความต้องการซื้อสินค้าหรือบริการจะแปรผกผันกับราคาสินค้าหรือบริการชนิดนั้น เนื่องจากข้อมูลปริมาณ การผลิตและปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากประเทศไทยในอดีตแสดงให้เห็นว่าในบริบทของประเทศไทย REC มีปริมาณอุปทานมากกว่าปริมาณอุปสงค์ จึงส่งผลให้ปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทยถูกกำหนดโดยปริมาณ อุปสงค์

จากค่าสัมประสิทธิ์ของราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาทพบว่าเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ให้คงที่หากราคา REC จากตลาด IEX เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จากค่าเฉลี่ยจะส่งผลให้ปริมาณการซื้อขาย ของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยจะมีค่าลดลงร้อยละ 0.3801

5.5.3 ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย

ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยในทิศทางบวก โดยมีนัยยะสำคัญทางสถิติต่ำกว่าร้อยละ 1 ทั้งก่อนและหลังการประมาณค่า Newey-West สะท้อนให้เห็นว่าปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย สามารถอธิบายปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สนับสนุนแนวคิดตาม ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด กรณีเส้นอุปทานเคลื่อนที่ ในขณะที่เส้นอุปสงค์อยู่คงที่ หากปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทยเพิ่มขึ้นผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนของไทยจะผลิต REC มากขึ้นจากการที่ผู้ผลิตไฟฟ้า พลังงานทดแทนของไทย คาดหวังรายได้เพิ่มเติมจากการขาย REC ดังนั้นเมื่อปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานทดแทนไทยมี ปริมาณมากขึ้น จึงจะส่งผลให้ปริมาณ REC ในตลาดมีปริมาณมากขึ้นด้วยและทำให้ความต้องการขาย REC จึงเพิ่มขึ้นตาม ส่งผลให้ ณ จุดดุลยภาพใหม่ REC จะมีปริมาณการซื้อขายมากขึ้น แต่มีราคาที่ต่ำลง

จากค่าสัมประสิทธิ์ของปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทยพบว่าเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ให้คงที่ หากปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทยเพิ่มขึ้น

ร้อยละ 1 จากค่า เฉลี่ย จะส่งผลให้ปริมาณการซื้อขายของ REC ทที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.5407

5.5.4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยไม่มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Irfan (2021) ที่ว่าปริมาณการซื้อขายไฟฟ้า จากตลาด IEX ประเทศอินเดียมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการซื้อขาย REC ในตลาด IEX ประเทศอินเดีย ในทิศทางบวกและ ขัดแย้งกับแนวคิดตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด กรณีเส้นอุปสงค์เคลื่อนที่ ในขณะที่เส้นอุปทานอยู่คงที่ หากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยมีปริมาณมาก ขึ้นจะส่งผลให้ความต้องการซื้อ REC เพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้งาน พลังงานไฟฟ้าขององค์กรที่มีพันธะผูกพันในการจัดหาพลังงานสะอาด เช่น องค์กรที่เป็นสมาชิกของ สมาคมพลังงานหมุนเวียนไทย (RE100) จึงส่งผลให้ ณ จุดดุลยภาพใหม่ REC จะมีปริมาณการซื้อขายและมีราคาที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5.5 สัมประสิทธิ์ของตัวแปรอธิบายที่มีต่อปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย โดยใช้ OLS Model

ตัวแปรอธิบาย	เครื่องหมายที่คาดหวัง	ผลการทดสอบ	
		Y = Log Q Solar REC	
		OLS	Newey-West
Log Pro Solar REC	+	0.6159 ***	0.6159 ***
		(0.1231)	(0.1181)
Log Price REC	-	-0.3801 **	-0.3801 **
		(0.1574)	(0.1470)
Log Pro Re Electricity	+	14.5407 ***	14.5407 ***
		(4.3316)	(4.6032)
Log Con Electricity	+	9.9974	9.9974
		(6.9192)	(7.4875)
F		16.7800 ***	25.4000 ***
R2		0.5239	0.5239
Adjust R^2		0.4927	0.4927
N		66	66

หมายเหตุ: (*) p<0.1, (**) p<0.05, (***) p<0.01 นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 10%, 5%, และ 1% ตามลำดับ และตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า Standard Error

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิผลต่อปริมาณการซื้อขายใบรับรองการผลิตพลังงานหมุนเวียน Renewable Energy Certificate (REC) ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย การศึกษานั้นใช้แบบจำลอง Ordinary least squares Model (OLS) โดยอาศัยข้อมูล ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยและปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยจาก The International REC Standard ข้อมูลราคาซื้อขาย REC จากตลาด IEX ประเทศอินเดีย นอกจากนี้ยังใช้ข้อมูลปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจาก ประเทศไทยและปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนมิถุนายน 2566

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยเป็นตัวแปรที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยในทิศทางบวก กล่าวคือหากปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยมีปริมาณการผลิตมากขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลง ภาวะดุลยภาพของตลาด กรณีเส้นอุปทานเคลื่อนที่ในขณะที่เส้นอุปสงค์อยู่คงที่ หากปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย มีปริมาณมากขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณ REC ในตลาดมีปริมาณมากขึ้นความต้องการขาย REC จึงเพิ่มขึ้นตาม ส่งผลให้ ณ จุด ดุลยภาพใหม่ REC จะมีปริมาณการซื้อขายมากขึ้น แต่มีราคาที่ต่ำลง เพราะฉะนั้น การส่งเสริมการผลิต REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จึงเป็นหนึ่งในแนวทางที่สามารถเพิ่มปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย และเป็นหนึ่งในแนวทางที่สามารถพัฒนาตลาดการซื้อขาย REC ของประเทศได้

ในส่วนของราคา REC เป็นตัวแปรที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย ในทิศทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต กล่าวคือ ถ้าราคา REC มีระดับราคาสูงขึ้นจะส่ง ผลให้ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยลดลงเนื่องจากภาวะตลาด REC ของประเทศไทยที่มีปริมาณการผลิต REC มากกว่าปริมาณการซื้อขายจนส่งผลให้ตลาดอยู่ใน ภาวะที่มีอุปทานส่วนเกิน กล่าวคือ หากตลาดมีปริมาณ

อุปทานมากกว่าปริมาณอุปสงค์ จะส่งผลให้ปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยถูกกำหนดโดยปริมาณอุปสงค์ ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างราคา REC จากตลาด IEX แปลงเป็นเงินบาทกับ ปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย จึงมีความสัมพันธ์ในทิศทางลบตามกฎของอุปสงค์ (Law of Demand Theory) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Irfan (2021) และผลการศึกษาของ Gupta and Purohit (2013) ที่พบว่า การแทรกแซงราคาซื้อขายของภาครัฐมีความจำเป็นในการพัฒนาตลาดการซื้อขาย REC ในประเทศอินเดีย เพื่อลดต้นทุนของผู้ที่ต้องการอ้างสิทธิไฟฟ้าพลังงานสะอาดด้วยวิธี REC เพราะฉะนั้นการกำหนดราคาขั้นสูงอาจเป็นแนวทางที่หน่วยงานภาครัฐ สามารถใช้ในการจูงใจให้เกิดการใช้งาน REC ภายในประเทศให้มากขึ้น

ในส่วนของปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย เป็นตัวแปรที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของ ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย ในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต กล่าวคือ หากปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทยมีปริมาณการผลิตมากขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยน แปลงภาวะดุลยภาพของตลาด กรณีเส้นอุปทานเคลื่อนที่ ในขณะที่เส้นอุปสงค์อยู่คงที่ หากปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทน จากประเทศไทยเพิ่มขึ้น ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนของไทยจะผลิต REC มากขึ้น จากการที่ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงาน ทดแทนของไทยคาดหวังรายได้เพิ่มเติมจากการขาย REC ดังนั้นเมื่อปริมาณ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานทดแทนไทยมีปริมาณ มากขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณ REC ในตลาดมีปริมาณมากขึ้นด้วยและความต้องการขาย REC จึงเพิ่ม ขึ้นตาม จึงส่งผลให้ ณ จุดดุลยภาพใหม่ REC จะมีปริมาณการซื้อขายมากขึ้นแต่มีราคาที่ต่ำลง เพราะฉะนั้นการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าพลังงานสะอาดจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนประเภทต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จึงเป็นหนึ่งในแนวทางที่สามารถเพิ่มปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย และการสนับสนุนโครงการที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน จึงเป็นหนึ่งในแนวทางที่สามารถพัฒนาตลาดการซื้อขาย REC ของประเทศได้

ในส่วนของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยนั้นไม่มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ไม่สามารถยืนยันได้ว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยส่งผลต่อปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย ซึ่งขัดแย้งกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภาวะดุลยภาพของตลาด กรณีเส้นอุปสงค์ เคลื่อนที่ ในขณะที่เส้นอุปทานอยู่คงที่ หากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยมีปริมาณมากขึ้นจะส่งผล ให้ความต้องการซื้อ REC เพิ่มขึ้น ตามปริมาณการใช้งานพลังงานไฟฟ้าขององค์กรที่มีพันธะผูกพันในการจัดหาพลังงานสะอาด เช่น องค์กรที่เป็นสมาชิกของ สมาคมพลังงาน

หมุนเวียนไทย (RE100) ส่งผลให้ ณ จุดดุลยภาพใหม่ REC จะมีปริมาณการซื้อขายและมีราคาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งขัดแย้ง กับผลการศึกษาของ Irfan (2021) และขัดแย้งกับความเห็นของ Schusser and Jaraitė (2018) ที่ว่าปัจจัยที่ส่งผลต่ออุปสงค์ของไฟฟ้า จะส่งผลต่ออุปส่งของ REC เช่นกัน

โดยผู้วิจัยคาดว่าสาเหตุที่ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยและ ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทยขัดแย้งกับผลการศึกษาก่อนหน้าเป็นเพราะในประเทศไทยไม่มีข้อบังคับ ทางกฎหมายที่ส่งผลให้ต้องมีการซื้อ REC แต่ในประเทศอินเดียมีกฎหมายที่ชื่อว่า Renewable Purchase Obligation (RPO) ที่บังคับให้ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายพลังงานไฟฟ้าในประเทศอินเดียต้องผลิตและรับซื้อไฟฟ้าพลังงานทดแทนตามอัตราส่วนที่กำหนด หรือต้องทำการซื้อ REC เพื่อชดเชยในส่วนที่ขาดไปโดยอัตราส่วนพลังงานทดแทนที่กำหนดจะแตกต่างกันไปในแต่ละรัฐของ ประเทศอินเดีย ส่งผลให้ความสัมพันธ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยกับอุปสงค์ของ REC ในประเทศไทยมีความสัมพันธ์น้อยกว่าปริมาณการซื้อขายไฟฟ้าของประเทศอินเดียกับอุปสงค์ของ REC ในประเทศอินเดีย ซึ่งอาจจะหมายความว่าตลาด REC ของไทยในปัจจุบัน ซึ่งอยู่ในรูปแบบของตลาดภาคสมัครใจ ยังไม่ส่งผลเพียงพอให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเกิดความต้องการซื้อ REC อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นหากต้องการเพิ่มปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในไทย มาตรการภาคบังคับจากหน่วยงานภาครัฐจึงอาจมีความจำเป็นในการบังคับให้เกิดความจำเป็นในการใช้งาน REC เพื่อเพิ่มอุปสงค์ของ REC ในประเทศไทย

ทั้งนี้งานศึกษานี้มีข้อจำกัดหลายประการ ประการแรกคือปริมาณข้อมูลที่มีอย่างจำกัด เนื่องจากประเทศไทย เริ่มมีข้อมูล การผลิต REC จาก The International REC Standard ครั้งแรกวันที่ 29 มิ.ย. 2560 ประการที่สอง ประเทศไทยไม่มีหน่วยงานที่ รายงานข้อมูลราคา REC ในรูปแบบที่เป็นทางการของประเทศ จึงต้องแปลงค่าราคา REC มาจากตลาดต่างประเทศ ประการต่อมา แบบจำลอง Ordinary least squares Model (OLS) เป็นการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงซึ่งการทดสอบโดยใช้แบบจำลอง อื่น ๆ อาจให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างออกไป

6.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

คณะผู้วิจัยเห็นว่าในอนาคตหากประเทศไทยพัฒนาตลาดซื้อขาย REC หรือตลาดไฟฟ้าเสรีของประเทศออกมาในรูปแบบที่เป็นทางการ การนำตัวแปรจากตลาดเหล่านี้มาทำการทดสอบจะสามารถให้ผลการทดสอบที่ สะท้อนบริบทภายในประเทศได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้ทดสอบสามารถนำตัวแปรราคาของสินค้า ชนิดอื่น ๆ มาดำเนินการทดสอบ คุณสมบัติสินค้าที่ใช้ประกอบกัน (Complementary goods) หรือสินค้าทดแทนกัน (Substitute good) กับของปริมาณการซื้อ ขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทยเพิ่มเติมได้

บรรณานุกรม

พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา. (ม.ป.ป.). *ฐานการเรียนรู้ คาร์บอนเครดิต*. สืบค้นจากhttps://www.rspgchula.sc.chula.ac.th/activity/Udom_camp65/CHAPTER%202_%20Carbon%20Credit.pdf

พชรพจน์ นันทรามาศ, ณัฐพร ศรีทอง, และ ชัยสิทธิ์ อนุชิตวรวงศ์. (2565). *ตลาดซื้อขาย คาร์บอนเครดิต และใบรับรอง พลังงานหมุนเวียน: 2 กลไกสำคัญนำธุรกิจไทยสู่ Net Zero Emissions*. สืบค้นจาก https://krungthai.com/Download/economyresources/EconomyResourcesDownload_474REC_2_9_65.pdf

สรวิศ อิ่มบำรุง. (ม.ป.ป.). *"พลังงานสะอาด"...จุดเริ่มต้นของ 'Mega Trend' พลังงานยุคใหม่ของโลก*. สืบค้นจาก https://www.principal.th/th/PRINCIPAL/GCLEAN/ Wealthy-Thai#:~:text=การใช้%20

สุทธาทิพย์ กำธรพิพัฒนกุล. (2564). *สถิติวิจัย I การวิเคราะห์สถิติ One-Way ANOVA*. สืบค้นจาก https://www.youtube.com/watch?v=eTdtedhJGbc&list=PLpWtsFcz08f4wInOezcUORAORVF_QAGmA&index=12

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) [อบก]. (ม.ป.ป.). *ตลาดคาร์บอนคืออะไร*. สืบค้จาก https://carbonmarket.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y29uY2VwdF9tYXJrZXQ=

CFI. (n.d.). *Durbin Watson Statistic*. Retrieved fromhttps://corporatefinanceinstitute.com/resources/data-science/durbin-watson-statistic/

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica*, 49(4), 1057-1072. https://doi.org/10.2307/1912517

Fahmi, M. S., Geetha, C., & Mohidin, R. (2019). Testing for unit roots and structural breaks in Malaysia unanticipated macroeconomic variables. *Malaysian Journal of Business and Economics (MJBE)*, 6(2), 1-1.

GC. (2563). *รู้จัก "ปรากฏการณ์เรือนกระจก" สาเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อน*. สืบค้นจาก https://sustainability.pttgcgroup.com/th/newsroom/featured-stories/774/รู้จัก-ปรากฏการณ์เรือนกระจก-สาเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อน

บรรณานุกรม (ต่อ)

Gupta, S. K., & Purohit, P. (2013). Renewable energy certificate mechanism in India: A preliminary assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 380-392. https://doi.org/ https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.044

Hmong. (ม.ป.ป.). *สถิติ Durbin–Watson.* สืบค้นจาก https://hmong.in.th/wiki/ Durbin–Watson_statistic

Irfan, M. (2021). Integration between electricity and renewable energy certificate (REC) markets: Factors influencing the solar and non-solar REC in India. *Renewable Energy*, 30(13), 65-74. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.07.020

M Report. (2566). *คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) คืออะไร ทำไมถึงต้องเร่งสร้างคาร์บอนเครดิต*. สืบค้นจาก https://www.mreport.co.th/experts/business-and-management/325-Carbon-Credit-Thailand

Newey, W. K., & West, K. D. (1987). A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix. *Econometrica*, 55(3), 703-708. https://doi.org/10.2307/1913610

Sasiwut Chaiyadecha. (2565). *Newey–West Estimator: HAC Correction in Python.* สืบค้นจาก https://lengyi.medium.com/newey-west-estimator-hac-correction-in-python-4ad376d8fa83

Schusser, S., & Jaraitė, J. (2018). Explaining the interplay of three markets: Green certificates, carbon emissions and electricity. *Energy Economics*, 39(2), 1-13. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.01.012

Sorarus. (ม.ป.ป.). *มาทำความรู้จักกับ Carbon Footprint คืออะไร*. https://sorarus.com/blog/what-is-carbon-footprint/

Stock, J. H. (2015). *Heteroskedasticity- and Autocorrelation-Robust Inference or Three Decades of HAC and HAR: What Have We Learned? Harvard University.* Retrieved from https://assets.aeaweb.org/asset-server/files/2191.pdf

WebAdmin. (2564). *VIF คืออะไร*. สืบค้นจาก https://www.solutioncenterminitab.com/blog/what-in-the-world-is-a-vif/

บรรณานุกรม (ต่อ)

Zivot, E., & Donald, W. K. A. (1992). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 251-270. https://doi.org/10.2307/1391541

Zort. (2565). *อุปสงค์อุปทานคืออะไร? หาคำตอบกฎของอุปสงค์และอุปทานได้ที่นี่*. สืบค้นจาก https://zortout.com/blog/answer-supply-demand-zort

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลประกอบการศึกษา

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) มีหลากหลายชนิด แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซที่ถูกปล่อยออกมามากที่สุด คิดเป็นประมาณ 75% ก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดมีศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนหรือมีการดูดซับความร้อนที่ไม่เท่ากันจึงมีการเทียบศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซต่าง ๆ เป็น “ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2:equivalent:CO_2 eq) และจากการที่ปริมาณก๊าซเรือนกระจกถูกปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์นั้น เราสามารถคำนวณค่าของกิจกรรมและค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เป็นค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์[2] (Carbon footprint) และจากปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้ทั่วโลกแสดงความกังวลและหันมาให้ความสำคัญกับเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น ดังนั้นหลายประเทศทั่วโลกจึงได้เข้าร่วมพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) เพื่อร่วมมือกันหาแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการออกกฎมายเพื่อบังคับใช้ นอกจากนี้ยังมีความตกลงปารีส (Paris Agreement) ซึ่งเป็นความตกลงที่มีเป้าหมายร่วมกันในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ความตกลงนี้ได้มีการกำหนดหลักการซื้อขายก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading System: ETS) และยังอนุญาตให้ผู้ที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเป้าหมายที่ร่วมกันตั้งไว้สามารถขายสิทธิ์ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้แก่ผู้ซื้ออื่น ๆ ได้ หรือที่เรียกกันว่า “คาร์บอนเครดิต”[3] สำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศนอกกลุ่มหรือประเทศกำลังพัฒนานั้นไม่ถูกกำหนดในพันธกรณีการลดก๊าซเรือนกระจก แต่มีโอกาสเข้าร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผ่านกลไกที่เรียกว่า “กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM)” เพื่อสนับสนุนให้บรรลุเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผ่านการขาย “คาร์บอนเครดิตประเภท Certified Emission Reductions (CERs)” ซึ่งเป็นการบรรเทาผลกระทบต่อ

---

[2] คาร์บอนฟุตพรินท์ (Carbon Footprint : CF) คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปล่อยออกมาจากพฤติกรรมของมนุษย์

[3] คาร์บอนเครดิต คือ สิทธิที่เกิดจากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม สิทธิดังกล่าวจะต้องมีการรับรองโดยหน่วยรับรอง ตามระเบียบหรือวิธีการของทางราชการที่เป็นที่ยอมรับหรือเทียบได้กับระดับสากล

สภาพภูมิอากาศโลก ทั้งนี้ประเทศไทยได้ร่วมลงนามในพิธีสารโตเกียวที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และแม้ว่าจะไม่ได้อยู่ในกลุ่มที่ถูกกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่ประเทศไทยสามารถขายคาร์บอนเครดิตที่ได้จาก อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) ให้กับประเทศอื่นหรือในตลาดคาร์บอนซึ่งเป็นการสนับสนุนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีประสิทธิภาพ

การสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นมาตรการเร่งด่วนและเป็นส่วนสำคัญของนโยบายสิ่งแวดล้อมที่หลายประเทศให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นก่อให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวด ล้อมและสุขภาพของมนุษย์ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับที่พอดีนั้นมีความสำคัญต่อการรักษาระดับอุณหภูมิของโลก หากปราศจากก๊าซเรือนกระจก อุณหภูมิโลกจะมีความหนาวเย็นจนสิ่งมีชีวิตไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ แต่ในทางกลับกันถ้ามีปริมาณก๊าซเรือนกระจกมากเกินไปก็อาจส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ และจากการที่โลกมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สูงจะนำไปสู่การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ซึ่งก็คือปรากฏการณ์ที่ชั้นบรรยากาศโลกถูกปกคลุมด้วยกลุ่มก๊าซเรือนกระจกที่เป็นองค์ประกอบของบรรยากาศโลก ก๊าซเหล่านี้จะดูดคลื่นรังสีความร้อนเอาไว้ในเวลากลางวันแล้วจึงคลายความร้อน รวมถึงแผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืนจึงส่งผลทำให้ระดับอุณหภูมิบนพื้นผิวโลกโดยเฉลี่ยสูงขึ้น ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์นี้ ล้วนมาจากน้ำมือมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเผาไม้ทำลายป่า เป็นต้น การก่อให้เกิดการร้อนขึ้นของโลกและการเปลี่ยนแปลงของลม จนมีผลกระทบต่อการเกิดภัยธรรมชาติและความไม่มั่นคงในเศรษฐกิจตามมา

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีหลายวิธี เช่น การเปลี่ยนไปใช้พลังงานที่สะอาดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพิ่มความมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน และการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น พลังงานทดแทนเข้ามาใช้ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้การสนับสนุนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถมีทั้งในลักษณะของนโยบายรัฐบาลและการกระทำของภาคเอกชน การสนับสนุนด้านนโยบายรัฐบาลอาจเป็นการให้สิทธิประโยชน์ต่าง ๆ เช่น การลดภาษีหรือการให้สิทธิประโยชน์ทางการเงินแก่กิจการที่ใช้พลังงานทดแทน ในขณะที่การสนับสนุนที่มาจากภาคเอกชนสามารถเป็นการลงทุนในโครงการพัฒนาพลังงานทดแทน หรือการสนับสนุนในการวิจัยและพัฒนาทางเทคโนโลยี ทั้งนี้พลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียนที่ทั่วโลกนิยมใช้ในปัจจุบัน มีดังนี้ คือ

พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) เป็นแหล่งพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีให้ใช้อย่างไม่จำกัด สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าโดยใช้แสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงและนำไปประโยชน์ได้ทันทีหรือจะเก็บไว้

ในรูปแบบแบตเตอรี่เพื่อใช้งานภายหลังได้ และหากต้องการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากโซลาร์เซลล์ไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับก็เพียงต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์ (Inverter) เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ

พลังงานน้ำ (Hydropower) เป็นแหล่งพลังธรรมชาติหมุนเวียนที่มีใช้อย่างไม่มีวันหมดทั้งในเรื่องของการอุปโภคและบริโภค และยังเป็นแหล่งพนักงานในการผลิตไฟฟ้าโดยอาศัยการเปลี่ยนรูปของพลังงานจากน้ำที่เก็บในเขื่อนไหลผ่านท่อส่งน้ำเพื่อปั่นเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจนได้เป็นพลังงานไฟฟ้าในที่สุด

พลังงานลม (Wind Energy) แหล่งพลังงานนี้เกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่สามารถนำลมมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีกังหันลม โดยกังหันลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมที่อยู่ในรูปของพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานกล จากนั้นจึงนำพลังงานกลจากการหมุนนี้ไปใช้งานปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของลม ความยาวของใบพัด และสถานที่ติดตั้งกังหันลม

พลังงานความร้อนใต้พิภพ (Geothermal Energy) คือพลังงานความร้อนที่อยู่ใต้ผิวโลกที่อยู่ในรูปแบบของน้ำหรือไอน้ำร้อนที่แทรกตัวมาตามแนวรอยแตกของชั้นหินขึ้นมาบนผิวดิน ซึ่งปรากฏในรูปของบ่อน้ำร้อน น้ำพุร้อน ไอน้ำร้อน บ่อโคลนเดือด และแก๊ส เป็นต้น การนำพลังงานความร้อนใต้พิภพมาใช้ผลิตไฟฟ้าทำได้โดยนำน้ำร้อนที่ได้ไปถ่ายเทความร้อนให้กับของเหลวหรือสารทำงานที่มีจุดเดือดต่ำ จนกระทั่งเดือดเป็นไอ แล้วนำไอนี้ไปหมุนกังหัน ซึ่งมีเพลาต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป

พลังงานชีวมวล (Biomass) เป็นพลังงานที่กักเก็บในรูปของสารอินทรีย์ที่ได้จากกากหรือเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรหรือกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมและพืชพลังงาน เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย เศษไม้ กากมันสำปะหลัง ขยะมูลฝอย น้ำเสียจากโรงงาน หรือมูลสัตว์ การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยตรง (Direct Combustion) ซึ่งจะใช้เป็นเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าชีวมวล (Biomass Power Plant) และกระบวนการเคมีความร้อน (Thermochemical Conversion) จนได้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เช่น การหมักน้ำเสียจากกากมันสำปะหลัง กากอ้อย หรือหญ้าเนเปีย เป็นต้น ซึ่งจะใช้เป็นเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ (Biogas Power Plant)

Carbon Credits เป็นวิธีหนึ่งในการสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ยังมีการสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผ่านการใช้ REC หรือ ใบรับรองการผลิตพลังงานหมุนเวียนนั้นประเทศไทยกำลังให้ความสำคัญอย่างมาก มีประโยชน์หลายประการในการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและยั่งยืนดังนี้

- แรงจูงใจทางการตลาด: REC สร้างตลาดสำหรับพลังงานทดแทน ซึ่งให้แรงจูงใจทางการเงินแก่ผู้ผลิตพลังงานทดแทน จึงช่วยส่งเสริมการลงทุนในโครงการพลังงานทดแทน ทำให้การผลิตพลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น
- ประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อม: การซื้อ REC ทำให้ภาคธุรกิจและบุคคลสามารถสนับสนุนการผลิตพลังงานทดแทนและลดกิจกรรมที่ก่อคาร์บอนไดออกไซด์ โดยที่ทุก REC แทนพลังงานขนาด 1 เมกกะวัตต์ต่อชั่วโมง (MWh) การผลิตพลังงานทดแทนนี้จึงทำให้ไม่ต้องใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลจึงช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสารพิษอื่น ๆ
- การปฏิบัติตามกฎหมาย : ในหลายพื้นที่มีมาตรฐานการผลิตพลังงานทดแทน (RPS) หรือข้อกำหนดที่คล้ายกันที่กำหนดให้กิจการประกอบการทางพลังงานและหน่วยงานอื่น ๆ ต้องจัดหาพลังงานจากแหล่งพลังงานทดแทนมาใช้เป็นส่วนประกอบของธุรกิจ ดังนั้นการใช้ REC จึงเป็นวิธีที่ยืดหยุ่นมากกว่าในการปฏิบัติตามกฎหมายและปฏิบัติตามข้อกำหนดต่าง ๆ
- การตลาดสีเขียว: การใช้ REC ช่วยให้ผู้ประกอบธุรกิจสามารถอ้างอิงว่าธุรกิจนั้นใช้พลังงานทดแทน ซึ่งสามารถเสริมภาพลักษณ์ของแบรนด์และผลประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่ใส่ใจกับสิ่งแวดล้อม
- การลงทุนในโครงสร้างพลังงานทดแทน: รายได้จากการขาย REC สามารถลงทุนกลับมาในโครงสร้างพลังงานทดแทน เพื่อส่งเสริมนวัตกรรมและการเติบโตในภาคพลังงานทดแทน
- การสร้างงานและพัฒนาเศรษฐกิจ: อุตสาหกรรมพลังงานทดแทนสร้างงานในระบบการผลิต ก่อสร้าง การติดตั้ง และการบำรุงรักษาระบบพลังงานทดแทน REC จึงช่วยสนับสนุนบุคคลและธุรกิจมีส่วนร่วมในการเติบโตของภาคอุตสาหกรรมนี้และผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้อง
- เสถียรภาพด้านต้นทุนในระยะยาว: การลงทุนในพลังงานหมุนเวียนผ่าน REC สามารถก่อให้เกิดเสถียรภาพด้านราคาในระยะยาวเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ราคานั้นผันผวนขึ้นอยู่กับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงของราคาในตลาดโลกและความตึงเครียดทางภูมิรัฐศาสตร์

ดังนั้น การสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผ่านการใช้ REC จึงเป็นกลไกที่มีผลสำคัญในการส่งเสริมพลังงานหมุนเวียนและลดการใช้พลังงานที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยและทั่วโลก โดยการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม และพลังงานชีวภาพเป็นต้น เข้ามาใช้ในการผลิตไฟฟ้า มีการพัฒนาโครงการในหลากหลายประเภท เช่น โครงการพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร โครงการพลังงานลมบนเนินเขาทั้งนี้การพัฒนาพลังงานหมุนเวียนยังช่วยลดการพึ่งพาต่อพลังงานที่นำเข้า และช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การลงทุนในพลังงานหมุนเวียนยังเป็นโอกาสทางธุรกิจที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็วและมีศักยภาพในการสร้างรายได้และงานทำใหม่ ๆ ให้กับประชาชนและธุรกิจในประเทศไทยได้ด้วย

มาตรฐาน Energy Attribute Certificate (EAC) คือ ใบรับรองการผลิตพลังงานหมุนเวียนตาม I-REC Standard ซึ่งREC นั้นเป็นประเภทหนึ่งของใบรับรอง EAC ที่ยอมรับในระดับสากล ปัจจุบันมี 4 มาตรฐาน คือ

1. มาตรฐาน US Renewable Energy Certificate Schemes (US REC, REC) ซึ่งเป็นที่ยอมรับของโซนอเมริกาเหนือ
2. มาตรฐาน Guarantee of Origin (GO) เป็นที่ยอมรับในโซนยุโรป
3. มาตรฐาน National System เป็นมาตรฐานที่ประเทศนั้น ๆ พัฒนาระบบ Tracking พลังงานไฟฟ้าสะอาดขึ้นเอง
4. มาตรฐาน International REC Standard (I-REC) เป็นมาตรฐานใหม่ที่มีการยอมรับจากทั่วโลก

การซื้อขาย REC กำหนดให้มีผู้เกี่ยวข้องหลัก 3 ส่วน

1. ผู้ซื้อ REC หรือเรียกว่า Participant ส่วนมากมักจะเป็นหน่วยงาน หรือองค์กรชั้นนำที่ใส่ใจด้านสิ่งแวดล้อม มุ่งมั่นที่จะใช้พลังงานสะอาดในการดำเนินกิจการ เป็นผู้ส่งคำสั่งขอซื้อ REC จากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน
2. ผู้ขาย REC หรือเรียกว่า Registrant คือ กลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่มีการผลิตไฟฟ้าจริงและได้ขึ้นทะเบียนโรงไฟฟ้าไว้กับ I-REC
3. ผู้ให้การรับรอง หรือเรียกว่า Issuer คือ ผู้ที่ได้รับมอบหมายจากเจ้าของกลไกให้เป็นผู้ดำเนินการตรวจสอบและให้การรับรอง REC ของโรงไฟฟ้า โดยในประเทศไทยมีการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นผู้ให้การรับรองแต่เพียงผู้เดียว (Local issuer)

กระบวนการซื้อขาย REC มีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้ซื้อ REC หรือเรียกว่า Participant แจ้งความต้องการซื้อ REC ไปที่ผู้ขาย REC (Registrant)
2. ผู้ขาย REC รับการตรวจสอบและรับรอง REC จาก การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) (Issuer)
3. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ส่งมอบ REC ที่ผ่านการรับรองให้ผู้ซื้อ REC ผ่านระบบ Registry ของมาตรฐาน I-REC
4. ผู้ซื้อ REC ชำระค่า REC ให้กับผู้ขาย REC

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการซื้อขาย REC

ผู้ผลิตพลังงานหมุนเวียน (Registrant) ชำระให้กับ กฟผ.	ผู้ซื้อ (Participant) ชำระให้กับ I-REC
1. ค่าเปิดบัญชี Registrant 0 บาท	1. ค่าเปิดบัญชีซื้อ-ขาย 500 ยูโร
2. ค่าขึ้นทะเบียนโรงไฟฟ้า (5 ปี) 38,000 บาท	2. ค่าธรรมเนียมรายปี 2,000 ยูโร
3. ค่าต่ออายุการขึ้นทะเบียนโรงไฟฟ้า 15,200 บาท	3. ค่าเปิดบัญชี Redemption 0 ยูโร
4. ค่าธรรมเนียมการรับรอง REC (ต่อ MWh) 0.95 บาท	4. Redemption (ต่อ MWh) 0.06 ยูโร

หมายเหตุ: ค่าใช้จ่ายมีหน่วยที่แตกต่างกันเนื่องจากการชำระให้กับหน่วยงานที่แตกต่างการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และ I-REC

การซื้อ - ขาย REC มีทั้งหมด 2 แบบ

1. Bundled RECs เป็นการซื้อไฟฟ้าพลังงานสะอาดหรือไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy: RE) พร้อมกับ REC ที่ผู้ผลิตขอออกใบรับรองจากการผลิตไฟฟ้านั้น ๆ
2. Unbundled RECs เป็นการซื้อเพียงตัวใบรับรอง RECs เท่านั้น ปัจจุบันการซื้อขายในประเทศไทยมีเพียงรูปแบบนี้เท่านั้น

ปัจจุบันราคาของ REC ในประเทศไทยยังไม่มีการกำหนดเป็นที่เป็นทางการ แต่อย่างไรก็ตามในปี 2562 มีการประกาศของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานว่าจะเปิดการซื้อขาย REC อย่างเป็นทางการ ในปี 2563 โดยจะมีราคาซื้อ ขายตามตลาดและสมดุลตลาด (Market equilibrium) โดยคาดว่าราคาในตลาดจะขึ้นอยู่กับการปรับปรุงนโยบายการพัฒนา พลังงานทดแทนและสภาพการเงินของประเทศในแต่ละช่วงเวลา

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่าง Carbon Credit และ REC

Carbon Credit เน้นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHG) และสนับสนุนการลดการกระทำที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ซึ่งเป็นการวัดและลดการปล่อย GHG จากกิจกรรมทางธุรกิจหรือโครงการที่มีผลในการกระทำที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

REC เน้นการสนับสนุนการผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน โดยการกำหนดเครดิตให้กับผู้ผลิตพลังงานหมุนเวียนตามปริมาณที่พวกเขาสร้างขึ้น

วัตถุประสงค์หลักระหว่าง Carbon Credit และ REC :

Carbon Credit: วัตถุประสงค์หลัก คือการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) และการรับรองการประหยัดพลังงาน คาร์บอนเรดิชันเป็นวิธีการลดการกระทำที่สร้างก๊าซเรือนกระจกและส่งผลในการลดการกระทำที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ

REC: วัตถุประสงค์หลัก คือการสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนและส่งเสริมการผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานที่ยั่งยืนและเพิ่มความมั่นคงของการผลิตพลังงาน

หน่วยวัดและการคิดค่าระหว่าง Carbon Credit และ REC :

Carbon Credit: มักมีหน่วยวัดเป็นตันคาร์บอนเทียม (Carbon dioxide equivalent: CO2e) และมีการคิดค่าจากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก Baseline[4] (เบสไลน์) รวมถึงคิดค่าจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง ค่าตอบแทน Carbon Credit สามารถขายและซื้อในตลาดของตัวองค์การขายระหว่างประเทศหรือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน

REC: มีหน่วยวัดเป็น Code ต่อปริมาณการผลิตไฟฟ้า 1 เมกะวัตต์ต่อชั่วโมง (MWh) และมีการคิดค่าจากการผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน โดยไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง การขาย REC ส่วนใหญ่เกิดในตลาดในประเทศ

ตลาดคาร์บอน

คาร์บอนเครดิต หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดหรือกักเก็บได้ผ่านโครงการลด GHG ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การปลูกป่า เพิ่มพื้นที่สีเขียว และการดักจับก๊าซคาร์บอน มีหน่วยเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ภายใต้พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ก๊าซเรือนกระจกที่ควบคุมมีด้วยกัน 7 ชนิด คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ก๊าซมีเทน (CH_4), ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O), ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC), ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC), ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6), และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF3) สำหรับประเทศที่ควบคุมการปล่อย GHG, องค์กรที่ปล่อยน้อยกว่าเกณฑ์สามารถขายก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ให้กับองค์กรอื่น ๆ ในที่เดียวกัน, แต่ถ้าองค์กรต้องการปล่อยมากเกินก็สามารถซื้อคาร์บอนเครดิตจากผู้ขายเพื่อปล่อยเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ระบบนี้ช่วยส่งเสริมโครงการลด GHG และสนับสนุนการใช้ทรัพยากรที่ยั่งยืน

[4] Baseline คือ ระดับฐานหรือระดับต้นทางที่ใช้ในการวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ที่มีการปล่อยออกมาจากกิจกรรมหรือโครงการ โดยที่ไม่มีการปรับปรุงจากโครงการหรือกิจกรรมที่กำลังถูกตรวจสอบ

ในประเทศไทยคาร์บอนเครดิตมีความเป็นมา ดังนี้

ปี 2545 ประเทศไทยเข้าร่วมให้สัตยาบันในพิธีสารเกียวโต ซึ่งเป็นสนธิสัญญาการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่ประเทศไทยในขณะนั้นได้จัดอยู่ในกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนาจึงไม่ถูกบังคับให้มีพันธะอย่างชัดเจนในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปี 2550 ประเทศไทยจัดตั้งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO) ซึ่งเป็นองค์การมหาชน ที่มีวัตถุประสงค์หลักในการวิเคราะห์ กลั่นกรอง และทำความเห็นเกี่ยวกับการให้คำรับรองโครงการที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด อีกทั้งยังติดตามและประเมินผลของโครงการที่ได้รับคำรับรอง, ส่งเสริมการพัฒนาโครงการ, และสนับสนุนตลาดซื้อขายปริมาณก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนเครดิต) ที่ได้รับการรับรอง

ปี 2559 ประเทศไทยร่วมสัตยาบันในความตกลงปารีส เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีเป้าหมายที่ชัดเจนในการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกให้ไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังกำหนดเป้าหมายเพิ่มคือพยายามควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกให้ต่ำกว่า 1.5 องศาเซลเซียส.

ปี 2564 ประเทศไทยมีการเข้าร่วมการประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (COP26) ซึ่งได้กำหนดเป้าหมายที่จะปล่อยก๊าซคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี พ.ศ. 2593 และเพื่อมุ่งเน้นการพัฒนาตลาดการซื้อขายคาร์บอนในประเทศไทย

ตลาดคาร์บอน (Carbon Market) หรือตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่นำมาใช้เพื่อบรรเทาผลกระทบจากภาวะโลกร้อน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้การลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิลดลงโดยมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด และพร้อมทั้งแก้ปัญหาของผลกระทบภายนอกเชิงลบ (Negative Externality) ทำให้ผู้ที่ปล่อยมลพิษหรือก๊าซเรือนกระจกมีต้นทุนในการปล่อยลดน้อยลง หรือต้องดำเนินการบรรเทาหรือชดเชยผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมและกับผู้ที่ได้รับผลกระทบจากภาวะโลกรวน

การทำงานของตลาดคาร์บอนจะเกิดจุดดุลยภาพ (equilibrium) ที่ทำให้การลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิลดลงโดยมีต้นทุนที่ต่ำที่สุดในท้ายที่สุด โดยผ่านกลไกการซื้อขาย “คาร์บอนเครดิต” ที่เป็นหน่วยการซื้อขายในตลาด ทำให้ผู้ที่ต้องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีตัวเลือกในการซื้อเครดิตนั้นจากผู้ที่มีการลดปล่อยมากขึ้น ด้วยราคาที่ต่ำกว่าค่าต้นทุนที่จะลดก๊าซเรือนกระจกของตนเอง ตลาดคาร์บอนจึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างกระจายผลกระทบทางเศรษฐกิจ และเป็นส่วนหนึ่งของมาตรการส่งเสริมการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม การสร้างตลาดคาร์บอนช่วยให้ตลาดและการลงทุนด้านสิ่งแวดล้อมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

ตลาดซื้อขายคาร์บอน (Carbon markets) คือ ระบบที่ใช้กลไกตลาดเพื่อช่วยลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีต้นทุนที่ต้องจ่าย (Carbon pricing) และนำผลตอบแทนมาให้กับองค์กรหรือบุคคลที่สามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้มากขึ้น โดยหากมีการดำเนินงานที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าปกติหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกได้มากขึ้น หรือปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าเพดานที่กำหนด (“Cap”) จะได้รับคาร์บอนเครดิต

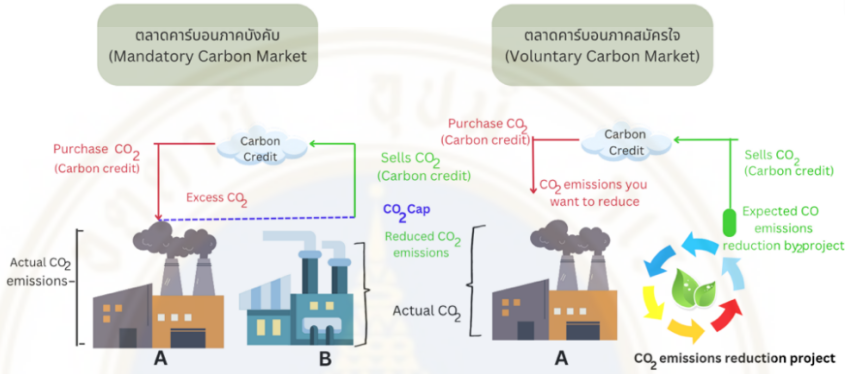
คาร์บอนเครดิตนี้สามารถนำมาขายให้กับองค์กรหรือบุคคลที่ต้องการซื้อเพื่อชดเชยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนเองให้ลดลง ทำให้เกิดการโอนเทคโนโลยีหรือการดำเนินงานที่สนับสนุนการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง และสุดท้ายที่สุด ระบบตลาดซื้อขายคาร์บอนจะทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกสุทธิ (ปริมาณที่ปล่อยออกมาหักกับปริมาณที่สามารถลดหรือดูดซับได้) ในประเทศลดลง

ตลาดซื้อขายคาร์บอน (Carbon markets) เป็นระบบที่อนุญาตให้การลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้มาจากโครงการต่าง ๆ สามารถซื้อขายได้ โดยต้องได้รับการรับรองจากมาตรฐานหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่น หากมีโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานซึ่งทำให้ลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบกับการดำเนินงานตามปกติ (Baseline emission) หรือโครงการปลูกป่าที่ช่วยดูดซับก๊าซเรือนกระจกมากกว่ากรณีปกติ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงหรือถูกดูดซับมากขึ้นนี้จะถูกเรียกว่า คาร์บอนเครดิต การวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจกมักถูกทำในหน่วยเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO2eq) ซึ่งทำให้เครดิตที่ได้จากการลดก๊าซเรือนกระจกเรียกว่าคาร์บอนเครดิต และระบบทั้งหมดเรียกว่าตลาดซื้อขายคาร์บอน ดังนั้น การเรียงลำดับและเข้าใจตลาดซื้อขายคาร์บอนจะเกี่ยวข้องกับการซื้อขายปริมาณคาร์บอนเครดิตที่ได้จากโครงการที่ลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในตลาดนี้ที่ใช้หน่วยเป็น tCO2eq/year

สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. **ตลาดคาร์บอนภาคบังคับหรือ Mandatory Carbon Market** เกิดขึ้นจากการบังคับใช้ผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามกฎหมาย มีกฎหมายและกฎระเบียบที่กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และรายละเอียดที่ชัดเจนเกี่ยวกับการซื้อขายที่ถูกกำกับดูแลโดยภาครัฐหรือหน่วยงานกำกับตามกฎหมาย โดยการให้ความสำคัญกับการปฏิบัติตามเป้าหมายทางกฎหมาย (Legally Binding Target) ซึ่งจะทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในกรณีที่มีผู้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด องค์กรนั้นสามารถนำปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่มีการปล่อยต่ำกว่าเกณฑ์ไปขายให้กับองค์กรอื่น ๆ หรือในระบบที่เป็นที่รู้จักในนาม Emission Trading Scheme (ETS) และระบบ Cap and Trade การดูแลและการบังคับเกิดขึ้นโดยภาครัฐหรือหน่วยงานกำกับด้วยกฎหมายเพื่อให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในเป้าหมายทางกฎหมาย

2. ตลาดคาร์บอนแบบภาคสมัครใจหรือ Voluntary Carbon Market ถูกสร้างขึ้นโดยไม่มีกฎหมายที่เกี่ยวกับการควบคุมก๊าซเรือนกระจกที่บังคับ การจัดตั้งตลาดนี้เกิดขึ้นจากความร่วมมือของผู้ประกอบการหรือองค์กรที่มีความสนใจเข้าร่วมในกิจกรรมซื้อขายคาร์บอนเครดิตในตลาด, โดยเป็นมิตรสนับสนุน คาร์บอนเครดิตที่มาจากโครงการในตลาดนี้สามารถนำมาขายในตลาดคาร์บอนเครดิตภาคสมัครใจได้ องค์กรที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกินกว่าที่กำหนดสามารถซื้อคาร์บอนเครดิตเพื่อทำให้ตนเองได้รับสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมในปริมาณที่ไม่เกินที่กำหนดไว้



ภาพที่ ก.1 ตลาดคาร์บอนภาคบังคับและภาคสมัครใจ

ระบบการซื้อขายคาร์บอนโดยทั่วไปมี 2 รูปแบบ ซึ่งหนึ่งในนั้นคือระบบ “Emission Trading Scheme (ETS)” หรือระบบ “cap and trade” ที่จัดเป็นตลาดคาร์บอนภาคบังคับ (Mandatory carbon market) อย่างไรก็ตามประเทศไทยได้รับการพัฒนาระบบคาร์บอนในลักษณะ ETS ที่เป็นภาคสมัครใจภายใต้การพัฒนาขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน) หรือ อบก. โครงการนี้ถูกเรียกว่า“ระบบการซื้อขายสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ภาคสมัครใจของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Trading Scheme: Thailand V-ETS)” โครงการนี้มีการจัดตั้งระบบการตรวจวัด, รายงาน, และทวนสอบ (Measurement, Reporting, and Verification System) หรือระบบ MRV ที่พัฒนาจากมาตรฐานสากล ISO 14064-1, 14064-3 และ 14065 ดังนั้นระบบ Thailand V-ETS มีเป้าหมายเพียงโครงการนำเสนอเพื่อเตรียมความพร้อมในหลายด้าน เช่น การพัฒนากฎการดำเนินงานและรูปแบบการซื้อขายสิทธิ, การทดสอบระบบ MRV, และการให้ความรู้แก่ผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรม ในช่วงที่ผ่านมาโครงการได้นำร่องครอบคลุมอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก, โรงกลั่นน้ำมัน, โรงงานปูนซีเมนต์, โรงงานเยื่อและกระดาษ, อุตสาหกรรมแก้ว, และอุตสาหกรรมพลาสติก จึงทำให้การจัดลำดับที่ถูกต้องของข้อมูลจะต้องเน้นที่การพัฒนาระบบการซื้อขายคาร์บอนในรูปแบบ ETS ที่เป็นภาคสมัครใจใน

ประเทศไทยภายใต้โครงการที่เรียกว่า Thailand V-ETS จากที่กล่าวไปข้างต้น การซื้อขายคาร์บอนเครดิตสามารถดำเนินการได้ 2 รูปแบบ ได้แก่

1. **การซื้อขายผ่านแพลตฟอร์มตลาดซื้อขาย (Trading Platform)** ซึ่งคือ ศูนย์ซื้อขายคาร์บอนเครดิตที่มีการจัดตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการ อาจมีการควบคุมกำกับดูแลโดยรัฐบาลหรือหน่วยงานของรัฐบาล

2. **การซื้อขายในระบบทวิภาค (Over-the-counter: OTC)** ซึ่งคือการตกลงกันระหว่างผู้ต้องการซื้อและผู้ต้องการขายโดยตรง ระบบนี้สร้างขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ทั้งผู้ที่ต้องการซื้อคาร์บอนเครดิตและผู้ที่ต้องการขายคาร์บอนเครดิตโดยไม่ผ่านตลาดอย่างเป็นทางการ

นอกจากนี้ในระบบการซื้อขายคาร์บอนเครดิตยังต้องคำนึงถึงประเภทของสัญญาซื้อขายที่เรียกว่า สัญญาซื้อขายคาร์บอนเครดิต (Emission Reduction Purchase Agreement : ERPA) ซึ่งในปัจจุบันสัญญาซื้อขายคาร์บอนเครดิตในตลาดภาคบังคับจะมี 2 ประเภท คือ

1. **Forward Contract :** เป็นสัญญาที่เกี่ยวข้องกับการส่งมอบคาร์บอนเครดิตที่ได้รับการรับรองภายใต้มาตรฐานที่กำหนดไว้ในอนาคต โดยมีการตกลงในการทำการซื้อขายที่กำหนดราคาล่วงหน้า ทำให้ผู้ซื้อและผู้ขายต้องจ่ายเงินล่วงหน้าตามข้อตกลงที่กำหนดไว้ล่วงหน้า กล่าวคือ การทำ Forward Contract นี้มีความยืดหยุ่นในการต่อรองราคาคาร์บอนเครดิตตามระดับความเสี่ยงที่กำหนดไว้ ซึ่งทำให้ผู้ซื้อและผู้ขายสามารถปรับเปลี่ยนราคาตามสถานการณ์ทางตลาดได้ ทั้งนี้เพื่อรับประกันรายได้ที่จะได้รับล่วงหน้า นอกจากรายได้ล่วงหน้าที่มีการรับประกันแล้ว สัญญายังมีผลกระทบทางเทคนิคในการพัฒนาโครงการ ซึ่งความช่วยเหลือทางด้านเทคนิคนี้สามารถเป็นประโยชน์ต่อทั้งผู้ซื้อและผู้ขายในการดำเนินโครงการคาร์บอนเครดิต การทำ Forward Contract นีจึงทำให้เกิดความมั่นใจในการบรรเทาความเสี่ยงทางการเงิน และมีการต่อรองราคาคาร์บอนเครดิตที่เป็นไปตามระดับความเสี่ยงที่กำหนดไว้ ทำให้เกิดความยืดหยุ่นและปรับตัวตามเปลี่ยนแปลงในตลาดได้เช่นกัน

2. **Spot Market Contract:** เป็นขั้นตอนการซื้อขายคาร์บอนเครดิตที่ได้รับการรับรองทันทีหลังจากที่ผู้ขายได้รับคาร์บอนเครดิตดังกล่าว ในสัญญานี้, ผู้ขายเป็นผู้รับความเสี่ยงทั้งน้อยและสามารถกำหนดราคาซื้อขายคาร์บอนเครดิตได้ ซึ่งอาจมีการกำหนดราคาในระดับสูง เนื่องจากมีความเสี่ยงที่ต่ำ ซึ่งสิ่งนี้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์และราคาคาร์บอนเครดิตในขณะที่ทำการซื้อขาย จุดสำคัญที่ควรพิจารณาในสัญญาซื้อขายคาร์บอนเครดิต (Emission Reduction Purchase Agreement: ERPA) ได้แก่:

- ปริมาณคาร์บอนเครดิตที่ผ่านการรับรองที่ตกลงจะขาย: ผู้ขายต้องระบุปริมาณคาร์บอนเครดิตที่จะส่งมอบตามข้อตกลง และต้องมั่นใจว่าสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามที่กำหนดในสัญญาได้จริง

- การประเมินราคาคาร์บอนเครดิตที่ผ่านการรับรอง: ควรระบุว่าการประเมินราคาจะพิจารณาเกณฑ์ใดและใครจะเป็นผู้รับผิดชอบในการประเมินนี้
- ระยะเวลาส่งมอบและวิธีการรับเงิน: ควรกำหนดระยะเวลาที่สอดคล้องกับความต้องการของทั้งสองฝ่าย และระบุวิธีการรับเงินที่ใช้ในการชำระเงิน
- ผลกระทบจากข้อยุติที่ไม่คาดคิดได้: ควรระบุกลไกและกระบวนการในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินที่ไม่สามารถควบคุมได้ เพื่อลดความเสี่ยงทางกฎหมายและการทำธุรกรรม
- การจัดให้มีกลไกและกระบวนการการเจรจา: เพื่อการแก้ไขข้อขัดข้องหรือการเจรจาในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อยุติได้

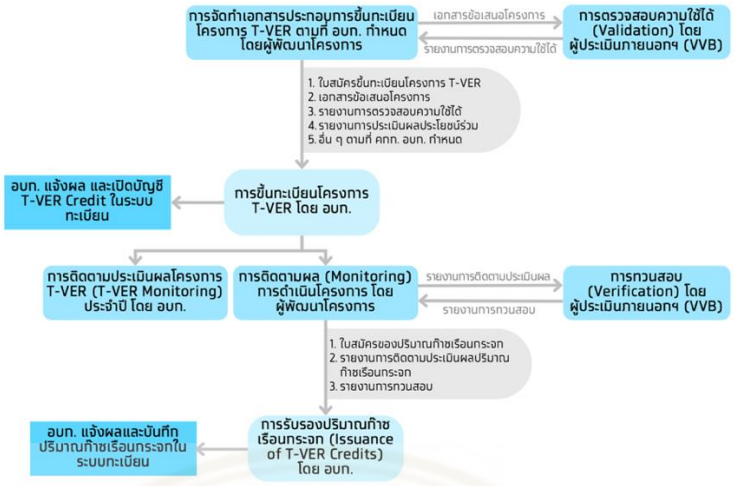
ทั้งนี้ สัญญานี้ไม่ได้รับประกันรายได้ล่วงหน้าและไม่มีการให้ความช่วยเหลือในการพัฒนาโครงการ ดังนั้น, ผู้ที่เข้าสัญญาควรพิจารณาถึงความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องและจัดทำข้อตกลงที่ชัดเจนเพื่อลดความสับสนและความขัดแย้งในอนาคต

ตลาดคาร์บอนภายในประเทศไทย

ในเดือนพฤศจิกายน 2564, ประเทศไทยประกาศเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ลดลงร้อยละ 40 จากปีนี้ถึงปี 2030 เป้าหมายนี้มีเป้าหมายสำคัญคือการทำให้ประเทศไทยบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ (carbon neutrality) ภายในปี 2050 และปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (net zero greenhouse gas emission) ภายในหรือก่อนกว่าปี 2065 และประเทศไทยยังได้กำหนดยุทธศาสตร์ระยะยาวที่เน้นการพัฒนาที่จะปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำลงต่อสำนักเลขาธิการอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตามความตกลงปารีส และส่งมอบยุทธศาสตร์นี้ในการประชุม COP26 ณ เมืองกลาสโกว์ สก็อตแลนด์ สหราชอาณาจักร

กระบวนการซื้อขายคาร์บอนเครดิตในประเทศไทย

คาร์บอนเครดิตที่สามารถซื้อขายในประเทศไทยต้องได้รับการรับรองจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO) ซึ่งเป็นหน่วยของรัฐที่มีหน้าที่ให้การรับรองและควบคุมระบบทะเบียนคาร์บอนเครดิต (Registry System) ภายใต้ “โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction: T-VER)” นอกจากนี้, อบก. (TGO) ยังเป็นผู้จัดทำการตรวจสอบความใช้ได้และการทวนสอบโครงการ โดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า “Validation and Verification Body (VVB)” ทำให้ผู้ประกอบการที่สนใจสามารถยื่นข้อเสนอโครงการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อขอขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ T-VER ต่อ อบก. โดยต้องผ่านการตรวจสอบความใช้ได้และการทวนสอบจากผู้ประเมินภายนอก (Validation and Verification Body: VVB) ก่อนที่ อบก. จะรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนเครดิตที่เรียกว่า “เครดิต TVERs”



ภาพที่ ข.2 ขั้นตอนการพัฒนาและขึ้นทะเบียนโครงการ T-VER
ที่มา: อบก.

ณ ขณะนี้ เครดิต TVERs นั้นยังไม่สามารถนำไปขายในระดับต่างประเทศได้ อย่างไรก็ดี องค์กรควบคุมด้านสิ่งแวดล้อม (อบก.) กำลังพัฒนาแผนที่เพื่อให้เครดิต TVERs มีมาตรฐานเทียบเท่าระดับสากล และเป็นที่ยอมรับในโครงการสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจกของนานาชาติ เช่น โครงการชดเชยและการลดคาร์บอนสำหรับการบินระหว่างประเทศ (CORSIA) ซึ่งดำเนินการโดยองค์การ การบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) โดยกำหนดให้สายการบินระหว่างประเทศต้องตรวจสอบและรายงานการปล่อยมลพิษ รวมถึงใช้กลไกการชดเชยและการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการรักษาระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนสุทธิของภาคการบินพลเรือนระหว่างประเทศ ไม่ให้เกินกว่าระดับของปี 2020 โดยในปี 2021-2023 จะเป็นลักษณะภาคสมัครใจ ขณะที่ตั้งแต่ปี 2024 เป็นต้นไป จะเริ่มบังคับใช้อย่างจริงจัง

ปัจจุบัน CORSIA ยอมรับเครดิตคาร์บอนเพียง 8 มาตรฐานเท่านั้น นอกจากนี้ เครดิต TVERs กำลังถูกพัฒนาให้สอดคล้องกับข้อกำหนดในการดำเนินความร่วมมือที่มีการใช้กลไกตลาดระหว่างประเทศ ตามความตกลงปารีส (Article 6 of the Paris Agreement) ซึ่งมีความชัดเจนมากขึ้นในการประชุม COP26 ในปีที่ผ่านมา นอกจากนี้ยังมีมาตรฐานหรือการรับรองอื่น ๆ ในระดับสากล เช่น การรับรองจากโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) ภายใต้พิธีสารเกียวโต โดย อบก. ในฐานะหน่วยงานกลางประสานการดำเนินงานตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Designated National Authority: DNA) ของประเทศไทย ทำหน้าที่ในการพิจารณาให้คำรับรอง โครงการที่ผ่านการรับรองจะได้รับคาร์บอนเครดิตที่เรียกว่า Certified Emission Reduction (CERs) เพื่อนำไปขายให้กับประเทศพันธมิตรได้ ทั้งนี้มีองค์กรในต่างประเทศที่ได้พัฒนามาตรฐานการออกแบบโครงการ, การดำเนินโครงการ, การตรวจสอบ และทวนสอบข้อมูลสำหรับโครงการ

ลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ อาทิ มาตรฐาน Verified Carbon Standard (VCS/VERRA), มาตรฐาน Gold Standard, และมาตรฐาน Climate Action Reserve จากข้อมูลของ World Bank ในปี 2021, Verified Carbon Standard เป็นมาตรฐานที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจของโลก โดยครองส่วนแบ่งตลาดมากถึง 62% ของปริมาณคาร์บอนเครดิตทั้งหมด สำหรับผู้ประกอบการที่สนใจพัฒนาโครงการตามมาตรฐานนี้สามารถติดต่อโครงการหรือองค์กรที่ให้การรับรองได้ การทำตามมาตรฐานเหล่านี้จะช่วยให้โครงการได้รับการยอมรับทั้งในและต่างประเทศและสามารถขายเครดิตได้ในตลาดสากลนอกจากนี้ยังสามารถสอบถามเพิ่มเติมจากองค์กรที่เกี่ยวข้องกับ CORSIA เพื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับการตรวจสอบและรับรองโครงการในส่วนของการลดก๊าซเรือนกระจก

ปัจจุบันตลาดซื้อขายคาร์บอนในไทยมีลักษณะเป็นตลาดภาคสมัครใจ, โดยมีการซื้อขายที่เป็นการเจรจาต่อรองระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายโดยตรง (Over-the-counter: OTC) ส่วนใหญ่ของการซื้อขายเกิดขึ้นในตลาดหลักมากกว่าตลาดรอง ผู้ที่ต้องการซื้อขายต้องยื่นขอเปิดทะเบียนบัญชีซื้อขายคาร์บอนเครดิตกับ อบก. ก่อนหลังจากการซื้อขายและชำระเงินเกิดขึ้นแล้ว, อบก. จะทำการถ่ายโอนคาร์บอนเครดิตจากบัญชีผู้ขายไปยังผู้ซื้อ นอกจากนี้, ผู้ซื้อและผู้ขายคาร์บอนเครดิตสามารถซื้อขายผ่าน Carbon Markets Club ซึ่งเป็นศูนย์กลางการซื้อขายคาร์บอนเครดิตและ Renewable Energy Certificate (REC) ภายใต้การก่อตั้งของกลุ่มบางจาก สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และพันธมิตร พร้อมกับนี้, กำลังพัฒนา“แพลตฟอร์มการซื้อขายพลังงานสะอาดและคาร์บอนเครดิต (RE & CC Exchange Platform)” ซึ่งเป็นศูนย์ซื้อขายใบรับรองพลังงานสะอาดและคาร์บอนเครดิตหลักของประเทศไทย โครงการนี้มุ่งหวังที่จะเป็นศูนย์ซื้อขายที่โปร่งใส, ถูกต้อง, เชื่อถือได้, สามารถรายงานระดับราคาที่ยุติธรรม, และมุ่งพัฒนาไปสู่การซื้อขายในระดับสากล นอกจากนี้, ผู้ซื้อและผู้ขายสามารถส่งคำสั่งซื้อและขายผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์, ระบบจะทำการเรียงลำดับและจับคู่สั่งซื้อขายให้โดยอัตโนมัติ จะมี 4 มาตรฐานที่สามารถซื้อขายได้ คือ T-VER, VERRA, Gold Standard และ I-REC คาดว่าการใช้งานจะเริ่มต้นภายในปี 2565 นี้ ในภาพรวมการพัฒนาตลาดคาร์บอนในไทยกำลังมีการเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงเพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานที่กำลังเข้ามามีบทบาทในการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับโลก

เมื่อมีผู้ที่ต้องการนำคาร์บอนเครดิตจากโครงการ T-VER ไปชดเชยสถานการณ์ปล่อยก๊าซคาร์บอนเครดิต ทำได้โดยเข้าร่วมโครงการของ อบก.ซึ่งเป็นผู้ที่จะให้การรับรองการชดเชยคาร์บอนเครดิตในระดับองค์กร ในชื่อโครงการ “Thailand Carbon Offsetting Program (T-COP)” แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือการชดเชยบางส่วน (Carbon Offset) และการชดเชยทั้งหมด (Carbon Neutral)

ภาพที่ ก.3 การชดเชยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Offsetting) ซึ่งต้องผ่านการรับรองโดย อบก.
ที่มา: อบก.

ภาวะและแนวโน้มตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตในประเทศไทย

ในปี 2021 หลายบริษัทหรือหลายหน่วยงานในประเทศไทยมีการเข้าร่วมโครงการ T-VER เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลจาก อบก. พบว่าได้มีการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกภายใต้โครงการ T-VER มากกว่า 3 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นถึง 18% เมื่อเทียบกับปีก่อน (yoy) อีกทั้งในช่วง 8 เดือนแรกของปี 2022 ยังพบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรองภายใต้โครงการ T-VER คิดเป็น 99.6% ของทั้งปี 2021 อย่างไรก็ดี ข้อมูลทั้งปี 2021 แสดงให้เห็นว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกในโครงการ T-VER เป็นเพียง 0.9% เท่านั้นของก๊าซเรือนกระจกที่ไทยปล่อยทั้งหมดต่อปี จึงแสดงให้เห็นถึงโอกาสที่ยังจะเติบโตได้อีกมาก ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นนี้มาจากโครงการพัฒนาพลังงานทดแทน เช่น โครงการผลิตพลังงานชีวมวลมิตรผล (ด่านช้าง) โดย บริษัท มิตรผล ไบโอพาวเวอร์ (ด่านช้าง) และโครงการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่นครสวรรค์ ประเทศไทย โดย บริษัท อีเอ โซล่า นครสวรรค์ เป็นต้น

จากข้อมูลที่ อบก. รวบรวมมายังพบว่าในปี 2021ตลาดการซื้อขายคาร์บอนเครดิตในไทยขยายตัวอย่างมาก โดยมีการเพิ่มขึ้นถึง 61% เมื่อพิจารณาปริมาณการซื้อขายคาร์บอนเครดิตในช่วง 8 เดือนแรกของปี 2022, ปริมาณการซื้อขายขยายตัวมากถึง 425% เมื่อเทียบกับปี 2021 ถ้ามองในเชิงมูลค่าพบว่าการซื้อขายคาร์บอนเครดิตในช่วง 8 เดือนแรกของปี 2022 มีมูลค่า 124.8 ล้านบาท, เพิ่มขึ้นถึง 1228% เมื่อเทียบกับทั้งปี 2021 การเติบโตอย่างมากนี้อาจมีผลจากราคาคาร์บอนเครดิตที่ปรับตัวขึ้นมากในปี 2022 โดยเฉลี่ยขึ้นจาก 34 บาทต่อตันคาร์บอนไปเป็น 107 บาทต่อตันคาร์บอน การปรับตัวนี้อาจมีผลทำให้มูลค่าการซื้อขายเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของตลาดคาร์บอนเครดิตในประเทศไทยเป็นมูลค่าและปริมาณทำให้เห็นถึงความต้องการและความสนใจที่เพิ่มขึ้นในการลงทุนในโครงการลดโลกร้อน

อย่างไรก็ตาม ตลาดซื้อขายคาร์บอนในไทยยังคงมีขนาดเล็ก จากข้อมูลพบว่า ในปี 2021 และ 8 เดือนแรกของปี 2022, ปริมาณการซื้อขายคาร์บอนเครดิตเพิ่มขึ้นเพียง 0.1% และ 0.3% ของก๊าซเรือนกระจกที่ประเทศไทยปล่อยทั้งหมดต่อปี สิ่งนี้น้อยกว่ามาตรการด้านราคาคาร์บอนใน

ต่างประเทศ, เช่น ระบบ Emissions Trading Scheme (ETS) ของยุโปที่ครอบคลุม 36% ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในยุโรป, และ มาตรการด้านราคาคาร์บอนทั่วโลกที่ครอบคลุม 23% ของก๊าซเรือนกระจกทั้งโลกตามงานวิจัยของ World Bank ทั้งนี้ราคาคาร์บอนในไทยที่เพิ่มขึ้นแม้ว่ายังคงต่ำเมื่อเทียบกับต่างประเทศ ในเดือนเมษายน 2022, ราคาเฉลี่ยอยู่ที่ 25 ดอลลาร์สหรัฐต่อตันคาร์บอน และมีหลายประเทศที่มีราคาคาร์บอนสูงกว่าไทย ยกตัวอย่างเช่น ระบบ ETS ของยุโรปมีราคาที่ระหว่าง 80-100 ดอลลาร์ต่อตัน ซึ่งราคานี้เป็นประมาณ 25 เท่าของราคาคาร์บอนในไทย นอกจากนี้ระบบ ETS ของเกาหลีใต้เองก็มีราคาคาร์บอนที่สูงกว่าไทยประมาณถึง 6 เท่าตัว อย่างไรก็ดีราคาคาร์บอนในไทยยังคงอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับประเทศอื่น ๆ อาจเป็นเพราะคาร์บอนเครดิตที่มีคุณภาพสูงจากโครงการดูดซับก๊าซเรือนกระจก เช่น การปลูกป่า และการใช้เทคโนโลยี CCUS ที่มีจำนวนน้อยหรือไม่มีเลย แม้ว่าคาร์บอนเครดิตจากโครงการเหล่านี้มักมีราคาสูงในต่างประเทศ จึงทำให้ตลาดซื้อขายคาร์บอนในไทยยังคงมีขนาดเล็กและราคาคาร์บอนยังคงต่ำเมื่อเทียบกับต่างประเทศ

ความเคลื่อนไหวของราคาคาร์บอนเครดิตทั่วโลกสะท้อนถึงความแตกต่างในคุณภาพและมูลค่าของเครดิต Gold Standard และ EY ได้ชี้ว่าราคาของคาร์บอนเครดิตขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อมาตรฐานการรับรอง, การตรวจสอบโดย Third party, และประเภทของโครงการ ในโครงการดูดซับก๊าซเรือนกระจก (Removals) เช่น การใช้เทคโนโลยีดักจับ, การใช้ประโยชน์, และการกักเก็บคาร์บอน (CCUS) มีราคาที่สูงกว่าโครงการปลูกป่าและการใช้ที่ดิน (Nature-Based) นอกจากนี้, ราคาคาร์บอนเครดิตยังขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งของโครงการ, ต้นทุนในการดำเนินโครงการ, อายุของโครงการ, และผลประโยชน์ร่วมอื่น ๆ (co-benefits) ที่นอกเหนือจากการลดก๊าซเรือนกระจก กล่าวคือโครงการที่สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs), ที่สนับสนุน Bio-diversity, และโครงการที่ส่งเสริมการจ้างงานในชุมชน จะมีราคาคาร์บอนเครดิตที่สูงกว่าหรือกล่าวได้ว่ามี “Price premium.” ดังนั้นราคาคาร์บอนเครดิตไม่เพียงแค่ต่ำเมื่อเทียบกับต่างประเทศเท่านั้นแต่ยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของโครงการและประโยชน์ที่มีมูลค่าอื่น ๆ ที่โครงการนั้น ๆ สามารถนำเสนอได้ และจะมี “Price premium” สำหรับโครงการที่มีคุณภาพสูงและมีผลกระทบที่ดีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

แนวโน้มในอนาคตของคาร์บอนเครดิต

ภาคเอกชนเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ส่งผลให้ตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตในไทยเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ การประกาศเป้าหมาย Net zero emission จากบริษัทรายใหญ่เช่น SCG และ PTTGC เป็นสัญญาณที่ชัดเจนว่าภาคเอกชนกำลังรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อม การร่วมมือในเครือข่ายคาร์บอนนิวทรัลประเทศไทย (TCNN) และก่อตั้ง Carbon Markets Club (CMC) เพื่อส่งเสริมความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการชดเชยคาร์บอนมีผลทำให้ตลาดคาร์บอนในไทยมีการพัฒนาและขยายตัว

มากขึ้นดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า CMC เป็นองค์กรที่ส่งเสริมการซื้อขายคาร์บอนและใบรับรองการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย การข้อมูลพบว่าการซื้อขายคาร์บอน T-VER ผ่าน CMC ในครึ่งปีแรกของปี 2022 ร้อยละ 95 ของยอดซื้อขายทั้งประเทศที่รายงานโดย อบก.นั้นเป็นที่ยอมรับของความสำเร็จในการส่งเสริมตลาดคาร์บอนในประเทศไทย นอกจากนี้ภาคเอกชนยังมีบทบาทในการสร้างความตื่นตัวในตลาดคาร์บอนในทิศทางที่ดีและคาดการณ์ว่าตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจจะเติบโตถึง 100 เท่าในปี 2050 ซึ่งช่วยสะท้อนถึงทิศทางที่มีการตั้งเป้าหมายทางสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวด นักวิจัยคาดการณ์ว่าความต้องการคาร์บอนเครดิตในตลาดซื้อขายคาร์บอนภาคสมัครใจจะเพิ่มขึ้นถึง 15 เท่าจากปี 2020 ถึงปี 2030 และจะเพิ่มขึ้นมากถึง 100 เท่าในปี 2050 ดังนั้นความตื่นตัวของภาคเอกชนไม่เพียงแค่เป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้ตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตในไทยเติบโตแต่ยังเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ตลาดนี้มีการพัฒนาและขยายตัวขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

* พลังงานชีวภาพแตกต่างจากพลังงานชีวมวล คือ พลังงานชีวภาพ+ก๊าซชีวภาพ พลังงานชีวมวลคือการผ่านกระบวนการการผลิต

** 1REC มีค่าเทียบเท่ากับ 1 เมกะวัตต์ต่อชั่วโมง หมายเหตุ (Megawatt: MW) คือ หน่วยของกำลังไฟฟ้าที่มีค่าเท่ากับ 1,000 KW หรือ 1,000,000 W

ตัวแปรตาม (Dependent variables)

ใช้ข้อมูลเป็นรายเดือน ตั้งแต่เดือน มกราคม 2561 ถึง มิถุนายน 2566

ปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย

ได้ข้อมูลจาก The International REC Standard จากเว็บไซต์ https://irecstandard.org/thailand/

ตารางที่ ก.1 สรุปปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2018

วันที่	ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ม.ค.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ก.พ.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
มี.ค.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เม.ย.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พ.ค.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
มิ.ย.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ก.ค.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ส.ค.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.1 สรุปปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2018 (ต่อ)

วันที่	ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ก.ย.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต.ค.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พ.ย.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ธ.ค.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.2 สรุปปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2019

วันที่	ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ม.ค.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ก.พ.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
มี.ค.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เม.ย.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พ.ค.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
มิ.ย.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ก.ค.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ส.ค.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ก.ย.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต.ค.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พ.ย.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ธ.ค.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ก.3 สรุปปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2020

วันที่	ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ม.ค.-20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ก.พ.-20	0.00	322.00	30489.00	0.00	30811.00
มี.ค.-20	0.00	0.00	11694.00	7530.00	19224.00
เม.ย.-20	494.00	0.00	38651.00	0.00	39145.00
พ.ค.-20	0.00	0.00	1216.00	65244.00	66460.00
มิ.ย.-20	0.00	1.00	9027.00	1377.00	10405.00

ตารางที่ ก.3 สรุปปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2020 (ต่อ)

วันที่	ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ก.ค.-20	0.00	0.00	2925.00	0.00	2925.00
ส.ค.-20	0.00	0.00	42.00	58969.00	59011.00
ก.ย.-20	0.00	0.00	32844.00	25935.00	58779.00
ต.ค.-20	0.00	0.00	1240.00	5326.00	6566.00
พ.ย.-20	0.00	0.00	12421.00	1400.00	13821.00
ธ.ค.-20	0.00	0.00	10951.00	16598.00	27549.00

ตารางที่ ก.4 สรุปปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2021

วันที่	ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ม.ค.-21	1.00	0.00	92633.00	15.00	92649.00
ก.พ.-21	29001.00	283.00	13605.00	670.00	43559.00
มี.ค.-21	0.00	1218.00	68349.00	1185.00	70752.00
เม.ย.-21	33745.00	0.00	1079.00	1127.00	35951.00
พ.ค.-21	2755.00	0.00	14156.00	9665.00	26576.00
มิ.ย.-21	50814.00	40.00	12367.00	145.00	63366.00
ก.ค.-21	0.00	0.00	17925.00	44813.00	62738.00
ส.ค.-21	4414.00	0.00	280.00	0.00	4694.00
ก.ย.-21	1500.00	10000.00	200.00	7687.00	19387.00
ต.ค.-21	12172.00	0.00	2302.00	1379.00	15853.00
พ.ย.-21	3064.00	0.00	90200.00	20879.00	114143.00
ธ.ค.-21	9053.00	1122.00	104616.00	121911.00	236702.00

ตารางที่ ก.5 สรุปปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2022

วันที่	ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ม.ค.-22	1703.00	200000.00	102764.00	68395.00	372862.00
ก.พ.-22	139400.00	0.00	27467.00	37197.00	204064.00
มี.ค.-22	0.00	161122.00	31823.00	30793.00	223738.00
เม.ย.-22	70535.00	166404.00	6076.00	8174.00	251189.00
พ.ค.-22	40524.00	18497.00	63438.00	1974.00	124433.00
มิ.ย.-22	34385.00	2391.00	62111.00	13782.00	112669.00
ก.ค.-22	4925.00	169962.00	37276.00	66995.00	279158.00
ส.ค.-22	2667.00	10210.00	17180.00	0.00	30057.00
ก.ย.-22	25925.00	1540.00	20236.00	420.00	48121.00
ต.ค.-22	40000.00	117246.00	99624.00	8385.00	265255.00
พ.ย.-22	69329.00	18944.00	158635.10	338.00	247246.10
ธ.ค.-22	20451.00	111651.00	168406.00	14250.00	314758.00

ตารางที่ ก.6 สรุปปริมาณการซื้อขายของ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2023

วันที่	ปริมาณการซื้อขาย REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ม.ค.-23	21801.00	128962.00	187752.00	1996.00	340511.00
ก.พ.-23	66343.00	453780.00	193662.42	5019.58	718805.00
มี.ค.-23	110931.00	181355.00	288928.67	135666.33	716881.00
เม.ย.-23	60063.00	248577.00	138918.11	189503.89	637062.00
พ.ค.-23	251213.30	2087.00	134754.45	23522.55	411577.30
มิ.ย.-23	209300.35	64865.00	129518.00	10118.00	413801.35

ตัวแปรอธิบาย (Explanatory variables)

1. ปริมาณ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย

ได้ข้อมูลจาก The International REC Standard

จากเว็บไซต์ : https://irecstandard.org/thailand/

ตารางที่ ก.7 สรุปปริมาณ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2018

วันที่	ปริมาณ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ม.ค.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ก.พ.-18	0.00	0.00	15822.00	0.00	15822.00
มี.ค.-18	48413.00	0.00	0.00	0.00	48413.00
เม.ย.-18	0.00	0.00	20264.00	0.00	20264.00
พ.ค.-18	10220.00	0.00	9672.00	0.00	19892.00
มิ.ย.-18	0.00	0.00	3184.00	0.00	3184.00
ก.ค.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ส.ค.-18	0.00	0.00	3725.00	0.00	3725.00
ก.ย.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต.ค.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พ.ย.-18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ธ.ค.-18	0.00	0.00	39721.00	0.00	39721.00

ตารางที่ ก.8 สรุปปริมาณ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2019

วันที่	ปริมาณ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ม.ค.-19	0.00	0.00	11844.00	0.00	11844.00
ก.พ.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
มี.ค.-19	3099.00	0.00	23298.00	0.00	26397.00
เม.ย.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พ.ค.-19	0.00	0.00	1400.00	185000.00	186400.00
มิ.ย.-19	0.00	0.00	7933.00	0.00	7933.00
ก.ค.-19	0.00	0.00	567.00	0.00	567.00
ส.ค.-19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ก.ย.-19	113241.00	0.00	1532.00	0.00	114773.00
ต.ค.-19	0.00	0.00	13549.00	0.00	13549.00
พ.ย.-19	0.00	0.00	57623.00	0.00	57623.00
ธ.ค.-19	0.00	0.00	41199.00	13611.00	54810.00

ตารางที่ ก.9 สรุปปริมาณ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2020

วันที่	ปริมาณ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ม.ค.-20	0.00	0.00	1468.00	0.00	1468.00
ก.พ.-20	0.00	0.00	48790.00	0.00	48790.00
มี.ค.-20	0.00	0.00	138830.00	10416.00	149246.00
เม.ย.-20	110237.00	0.00	27133.00	0.00	137370.00
พ.ค.-20	57495.00	0.00	9559.00	108740.00	175794.00
มิ.ย.-20	0.00	0.00	3234.00	19916.00	23150.00
ก.ค.-20	0.00	0.00	50430.00	0.00	50430.00
ส.ค.-20	0.00	0.00	87784.00	119505.00	207289.00
ก.ย.-20	0.00	0.00	27582.00	13243.00	40825.00
ต.ค.-20	20090.00	0.00	62718.00	6212.00	89020.00
พ.ย.-20	0.00	0.00	17325.00	6790.00	24115.00
ธ.ค.-20	0.00	0.00	70293.00	0.00	70293.00

ตารางที่ ก.10 สรุปปริมาณ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2021

วันที่	ปริมาณ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ม.ค.-21	16410.00	0.00	20893.00	0.00	37303.00
ก.พ.-21	59797.00	0.00	30195.00	28242.00	118234.00
มี.ค.-21	0.00	10000.00	14505.00	15998.00	40503.00
เม.ย.-21	0.00	0.00	35357.00	300368.00	335725.00
พ.ค.-21	85558.00	0.00	64765.00	19394.00	169717.00
มิ.ย.-21	0.00	40.00	69114.00	18654.00	87808.00
ก.ค.-21	0.00	260.00	10681.00	18966.00	29907.00
ส.ค.-21	19272.00	0.00	0.00	18644.00	37916.00
ก.ย.-21	0.00	0.00	274278.00	72224.00	346502.00
ต.ค.-21	12274.00	0.00	9692.00	0.00	21966.00
พ.ย.-21	399419.00	0.00	215330.00	98890.00	713639.00
ธ.ค.-21	49723.00	1122.00	93969.00	82130.00	226944.00

ตารางที่ ก.11 สรุปปริมาณ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2022

วันที่	ปริมาณ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ม.ค.-22	10002.00	0.00	64092.00	0.00	74094.00
ก.พ.-22	173731.00	200000.00	133334.00	75504.00	582569.00
มี.ค.-22	56767.00	161292.00	199761.00	100.00	417920.00
เม.ย.-22	87419.00	166404.00	91513.00	41482.00	386818.00
พ.ค.-22	31272.00	0.00	254324.00	9130.00	294726.00
มิ.ย.-22	187701.00	40.00	147539.00	3221.00	338501.00
ก.ค.-22	0.00	193811.00	8074.00	0.00	201885.00
ส.ค.-22	63200.00	50425.00	172193.00	12855.00	298673.00
ก.ย.-22	25000.00	150000.00	210994.00	0.00	385994.00
ต.ค.-22	1762039.47	235084.76	243872.26	10640.84	2251637.33
พ.ย.-22	82445.18	30001.32	131837.66	11521.47	255805.63
ธ.ค.-22	57486.33	72010.88	130081.67	7442.76	267021.64

ตารางที่ ก.12 สรุปปริมาณ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย ปี 2023

วันที่	ปริมาณ REC ที่ผลิตจากประเทศไทย				
	Bioenergy	**Hydroelectric**	**Solar**	**Wind**	**Total**
ม.ค.-23	3000.00	191351.86	237498.18	125503.76	557353.80
ก.พ.-23	134507.41	333794.35	254143.85	156562.12	879007.74
มี.ค.-23	59871.60	162385.00	158718.00	179196.22	560170.82
เม.ย.-23	286371.70	172198.23	45994.16	3748.90	508312.98
พ.ค.-23	670395.19	9917.00	115560.87	7220.73	803093.78
มิ.ย.-23	247001.70	28451.00	115281.91	6876.87	397611.49

2. ราคา REC จากตลาด IEX ประเทศอินเดีย

ราคา Solar REC ประเทศอินเดีย ข้อมูลจาก : REC Data at Indian Energy Exchange (IEX) จากเว็บไซต์ :

https://www.iexindia.com/marketdata/RECMarketBeforeDecember2022.aspx

https://www.iexindia.com/marketdata/recdata.aspx

ตารางที่ ก.13 สรุปราคา Solar REC จาก IEX

2018	Rs/REC	2019	Rs/REC	2020	Rs/REC	2021	Rs/REC	2022	Rs/REC	2023	Rs/REC
ม.ค.-18	0.00	ม.ค.-19	1750.00	ม.ค.-20	2400.00	ม.ค.-21	0.00	ม.ค.-22	2300.00	ม.ค.-23	1000.00
ก.พ.-18	0.00	ก.พ.-19	1500.00	ก.พ.-20	2400.00	ก.พ.-21	0.00	ก.พ.-22	2300.00	ก.พ.-23	1000.00
มี.ค.-18	0.00	มี.ค.-19	2000.00	มี.ค.-20	2400.00	มี.ค.-21	0.00	มี.ค.-22	2250.00	มี.ค.-23	1000.00
เม.ย.-18	1000.00	เม.ย.-19	2000.00	เม.ย.-20	2400.00	เม.ย.-21	0.00	เม.ย.-22	2200.00	เม.ย.-23	1000.00
พ.ค.-18	1000.00	พ.ค.-19	2000.00	พ.ค.-20	2000.00	พ.ค.-21	0.00	พ.ค.-22	2201.00	พ.ค.-23	899.00
มิ.ย.-18	1000.00	มิ.ย.-19	2000.00	มิ.ย.-20	1000.00	มิ.ย.-21	0.00	มิ.ย.-22	1500.00	มิ.ย.-23	745.00
ก.ค.-18	1000.00	ก.ค.-19	2000.00	ก.ค.-20	0.00	ก.ค.-21	0.00	ก.ค.-22	1100.00		
ส.ค.-18	1000.00	ส.ค.-19	2100.00	ส.ค.-20	0.00	ส.ค.-21	0.00	ส.ค.-22	1000.00		
ก.ย.-18	1000.00	ก.ย.-19	2250.00	ก.ย.-20	0.00	ก.ย.-21	0.00	ก.ย.-22	1000.00		
ต.ค.-18	1001.00	ต.ค.-19	2400.00	ต.ค.-20	0.00	ต.ค.-21	0.00	ต.ค.-22	1000.00		
พ.ย.-18	1101.00	พ.ย.-19	2400.00	พ.ย.-20	0.00	พ.ย.-21	2000.00	พ.ย.-22	1000.00		
ธ.ค.-18	1450.00	ธ.ค.-19	2400.00	ธ.ค.-20	0.00	ธ.ค.-21	2211.00	ธ.ค.-22	1000.00		

3. อัตราแลกเปลี่ยนสิ้นวัน ณ วันสิ้นเดือนตามประกาศของธนาคารแห่งประเทศไทย 1 RS/THB

Exchange Rate 1 RS/THB ข้อมูลจาก : ธนาคารแห่งประเทศไทย

จากเว็บไซต :อัตราแลกเปลี่ยนประจำวัน (bot.or.th)

ตารางที่ ก.14 Exchange Rate 1 RS/THB ปี 2018

วันที่	ซื้อตั๋วเงิน	ซื้อเงินโอน	อัตราขาย
ม.ค. 2018	0.4594	0.4693	0.5347
ก.พ. 2018	0.4412	0.4584	0.5229
มี.ค. 2018	0.4361	0.4504	0.5139
เม.ย. 2018	0.4310	0.4460	0.5092
พ.ค. 2018	0.4277	0.4438	0.5054
มิ.ย. 2018	0.4339	0.4486	0.5108
ก.ค. 2018	0.4390	0.4545	0.5156
ส.ค. 2018	0.4289	0.4450	0.5069
ก.ย. 2018	0.4093	0.4248	0.4820
ต.ค. 2018	0.4022	0.4187	0.4742
พ.ย. 2018	0.4154	0.4314	0.4872
ธ.ค. 2018	0.4207	0.4344	0.4945

ตารางที่ ก.15 Exchange Rate 1 RS/THB ปี 2019

วันที่	ซื้อตั๋วเงิน	ซื้อเงินโอน	อัตราขาย
ม.ค. 2019	0.4073	0.4228	0.4807
ก.พ. 2019	0.3991	0.4145	0.4690
มี.ค. 2019	0.4110	0.4282	0.4867
เม.ย. 2019	0.4094	0.4289	0.4924
พ.ค. 2019	0.4043	0.4253	0.4889
มิ.ย. 2019	0.3961	0.4169	0.4822
ก.ค. 2019	0.3990	0.4183	0.4813
ส.ค. 2019	0.3827	0.4028	0.4654
ก.ย. 2019	0.3792	0.3998	0.4602
ต.ค. 2019	0.3804	0.3996	0.4589
พ.ย. 2019	0.3746	0.3938	0.4557
ธ.ค. 2019	0.3769	0.3963	0.4558

ตารางที่ ก.16 Exchange Rate 1 RS/THB ปี 2020

วันที่	ซื้อตั๋วเงิน	ซื้อเงินโอน	อัตราขาย
ม.ค. 2020	0.3773	0.3974	0.4588
ก.พ. 2020	0.3826	0.4079	0.4687
มี.ค. 2020	0.3755	0.4009	0.4622
เม.ย. 2020	0.3812	0.4003	0.4576
พ.ค. 2020	0.3805	0.3971	0.4527
มิ.ย. 2020	0.3622	0.3827	0.4425
ก.ค. 2020	0.3716	0.3912	0.4477
ส.ค. 2020	0.3721	0.3920	0.4465
ก.ย. 2020	0.3795	0.3992	0.4560
ต.ค. 2020	0.3785	0.3989	0.4528
พ.ย. 2020	0.3645	0.3832	0.4385
ธ.ค. 2020	0.3639	0.3819	0.4331

ตารางที่ ก.17 Exchange Rate 1 RS/THB ปี 2021

วันที่	ซื้อตั๋วเงิน	ซื้อเงินโอน	อัตราขาย
ม.ค. 2021	0.3669	0.3845	0.4345
ก.พ. 2021	0.3728	0.3875	0.4346
มี.ค. 2021	0.3767	0.3964	0.4494
เม.ย. 2021	0.3761	0.3944	0.4469
พ.ค. 2021	0.3853	0.4034	0.4516
มิ.ย. 2021	0.3869	0.4038	0.4512
ก.ค. 2021	0.3974	0.4145	0.4601
ส.ค. 2021	0.4103	0.4243	0.4697
ก.ย. 2021	0.4123	0.4294	0.4705
ต.ค. 2021	0.4085	0.4266	0.4691
พ.ย. 2021	0.4092	0.4227	0.4664
ธ.ค. 2021	0.4119	0.4243	0.4663

ตารางที่ ก.18 Exchange Rate 1 RS/THB ปี 2022

วันที่	ซื้อตั๋วเงิน	ซื้อเงินโอน	อัตราขาย
ม.ค. 2022	0.4115	0.4237	0.4690
ก.พ. 2022	0.4084	0.4131	0.4596
มี.ค. 2022	0.3950	0.4109	0.4618
เม.ย. 2022	0.4071	0.4185	0.4701
พ.ค. 2022	0.4098	0.4199	0.4709
มิ.ย. 2022	0.4147	0.4243	0.4731
ก.ค. 2022	0.4120	0.4293	0.4845
ส.ค. 2022	0.4020	0.4230	0.4791
ก.ย. 2022	0.4243	0.4355	0.4878
ต.ค. 2022	0.4258	0.4327	0.4897
พ.ย. 2022	0.4166	0.4185	0.4755
ธ.ค. 2022	0.3931	0.3954	0.4507

ตารางที่ ก.18 Exchange Rate 1 RS/THB ปี 2023

วันที่	ซื้อตั๋วเงิน	ซื้อเงินโอน	อัตราขาย
ม.ค. 2023	0.3775	0.3812	0.4349
ก.พ. 2023	0.3813	0.3841	0.4425
มี.ค. 2023	0.3857	0.3912	0.4502
เม.ย. 2023	0.3904	0.3914	0.4491
พ.ค. 2023	0.3841	0.3867	0.4482
มิ.ย. 2023	0.3929	0.3976	0.4541
ก.ค. 2022	0.3902	0.3948	0.4499
ส.ค. 2022	0.3928	0.3978	0.4511
ก.ย. 2022	0.4002	0.4058	0.4597
ต.ค. 2022	0.4053	0.4127	0.4686

หมายเหตุ: ใช้อัตราแลกเปลี่ยซื้อเงินโอนในการแปลงค่าเป็นเงินบาท

4. ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย

ปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทน ข้อมูลจาก : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน

จากเว็บไซต : ไฟฟ้า (eppo.go.th)

ตารางที่ ก.19 สรุปปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากประเทศไทย

2018	GWh	2019	GWh	2020	GWh	2021	GWh	2022	GWh	2023	GWh
ม.ค.-18	1,496.43	ม.ค.-19	1,887.66	ม.ค.-20	1,845.41	ม.ค.-21	2,087.12	ม.ค.-22	1,997.88	ม.ค.-23	2,245.80
ก.พ.-18	1,437.27	ก.พ.-19	1,609.58	ก.พ.-20	1,841.84	ก.พ.-21	1,850.31	ก.พ.-22	1,855.63	ก.พ.-23	1,942.57
มี.ค.-18	1,554.57	มี.ค.-19	1,851.60	มี.ค.-20	1,799.39	มี.ค.-21	1,898.95	มี.ค.-22	1,891.89	มี.ค.-23	2,116.08
เม.ย.-18	1,489.86	เม.ย.-19	1,700.91	เม.ย.-20	1,755.43	เม.ย.-21	1,669.69	เม.ย.-22	1,892.81	เม.ย.-23	1,919.67
พ.ค.-18	1,463.45	พ.ค.-19	1,735.74	พ.ค.-20	1,737.77	พ.ค.-21	1,778.05	พ.ค.-22	1,894.91	พ.ค.-23	1,886.60
มิ.ย.-18	1,476.98	มิ.ย.-19	1,810.84	มิ.ย.-20	1,610.12	มิ.ย.-21	1,888.42	มิ.ย.-22	1,803.68	มิ.ย.-23	1,899.40
ก.ค.-18	1,544.39	ก.ค.-19	1,893.84	ก.ค.-20	1,674.54	ก.ค.-21	1,932.69	ก.ค.-22	1,825.85		
ส.ค.-18	1,535.54	ส.ค.-19	1,921.63	ส.ค.-20	1,643.63	ส.ค.-21	1,820.74	ส.ค.-22	1,790.18		
ก.ย.-18	1,365.45	ก.ย.-19	1,702.17	ก.ย.-20	1,443.76	ก.ย.-21	1,577.07	ก.ย.-22	1,595.77		
ต.ค.-18	1,430.07	ต.ค.-19	1,605.77	ต.ค.-20	1,484.23	ต.ค.-21	1,615.71	ต.ค.-22	1,738.55		
พ.ย.-18	1,396.36	พ.ย.-19	1,645.46	พ.ย.-20	1,711.47	พ.ย.-21	1,685.59	พ.ย.-22	1,489.68		
ธ.ค.-18	1,732.36	ธ.ค.-19	2,037.22	ธ.ค.-20	1,981.34	ธ.ค.-21	2,122.30	ธ.ค.-22	2,099.25		

5. ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย ข้อมูลจาก : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน จากเว็บไซต : ไฟฟ้า (eppo.go.th)

ตารางที่ ก.20 สรุปปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย

2018	GWh	2019	GWh	2020	GWh	2021	GWh	2022	GWh	2023	GWh
ม.ค.-18	14,329.95	ม.ค.-19	15,004.67	ม.ค.-20	15,509.24	ม.ค.-21	13,950.81	ม.ค.-22	15,265.40	ม.ค.-23	14,679.44
ก.พ.-18	13,897.13	ก.พ.-19	14,707.59	ก.พ.-20	15,143.12	ก.พ.-21	13,914.65	ก.พ.-22	14,785.52	ก.พ.-23	14,757.68
มี.ค.-18	16,370.75	มี.ค.-19	17,059.75	มี.ค.-20	16,559.61	มี.ค.-21	16,893.19	มี.ค.-22	17,364.71	มี.ค.-23	17,023.34
เม.ย.-18	15,274.81	เม.ย.-19	16,686.94	เม.ย.-20	15,363.37	เม.ย.-21	16,139.05	เม.ย.-22	16,597.59	เม.ย.-23	17,826.10
พ.ค.-18	16,532.66	พ.ค.-19	17,853.69	พ.ค.-20	16,118.80	พ.ค.-21	17,254.01	พ.ค.-22	17,545.69	พ.ค.-23	18,975.46
มิ.ย.-18	16,223.10	มิ.ย.-19	16,675.83	มิ.ย.-20	15,530.22	มิ.ย.-21	16,974.70	มิ.ย.-22	17,300.08	มิ.ย.-23	17,780.57
ก.ค.-18	16,134.03	ก.ค.-19	16,643.20	ก.ค.-20	16,047.03	ก.ค.-21	16,506.64	ก.ค.-22	17,329.25		
ส.ค.-18	16,224.28	ส.ค.-19	16,509.28	ส.ค.-20	16,027.18	ส.ค.-21	16,283.19	ส.ค.-22	17,275.77		
ก.ย.-18	15,789.08	ก.ย.-19	15,651.06	ก.ย.-20	15,973.27	ก.ย.-21	15,747.25	ก.ย.-22	16,507.75		
ต.ค.-18	16,260.40	ต.ค.-19	16,272.63	ต.ค.-20	15,356.01	ต.ค.-21	16,285.85	ต.ค.-22	16,032.22		
พ.ย.-18	15,672.45	พ.ย.-19	15,541.10	พ.ย.-20	14,902.59	พ.ย.-21	15,769.35	พ.ย.-22	16,061.45		
ธ.ค.-18	15,123.23	ธ.ค.-19	14,354.69	ธ.ค.-20	14,516.05	ธ.ค.-21	14,749.37	ธ.ค.-22	15,191.07		