แนวทางการพัฒนาเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเชิงพาณิชย์ในอุตสาหกรรมการบิน เพื่อตอบสนองยุทธศาสตร์ประเทศไทย

โดย

นายธรรมรัตน์ ประยูรสุข
รองกรรมการผู้จัดการใหญ่
บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

นักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
หลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ 65
ประจำปีการศึกษา พุทธศักราช 2565 - 2566

หนังสือรับรอง

วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ ได้อนุมัติให้เอกสารวิจัยส่วนบุคคล เรื่อง “แนวทางการพัฒนาเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเชิงพาณิชย์ในอุตสาหกรรมการบินเพื่อตอบสนองยุทธศาสตร์ประเทศไทย” ลักษณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนายธรรมรัตน์ ประยูรสุข เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ 65 ประจำปีการศึกษา 2565-2566

พลโท

(ชาติชาย ชัยเกษม)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ

บทคัดย่อ

เรื่อง แนวทางการพัฒนาเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเชิงพาณิชย์ในอุตสาหกรรมการบิน เพื่อตอบสนองยุทธศาสตร์ประเทศไทย

ลักษณะวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้วิจัย นายธรรมรัตน์ ประยูรสุข **หลักสูตร** วปอ **รุ่นที่** 65

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำเทคโนโลยีเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนสำหรับอุตสาหกรรมการบินมาปรับใช้ในประเทศไทยและตอบสนองต่อยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และนำเสนอกรณีศึกษาเทคโนโลยีการผลิตและวัตถุดิบที่เหมาะสม เพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานในประเทศไทย โดยการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ดำเนินการโดยการบูรณาการข้อมูลทั้งในส่วนของข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในภาคส่วนต่าง ๆ และข้อมูลทุติยภูมิจากการทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ องค์ความรู้ของผู้วิจัย รวมทั้งทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาค และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม

จากการศึกษาพบว่า ประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสำคัญ และภาคอุตสาหกรรมการบินมีการจัดทำแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเป็นแนวทางหลัก เนื่องจากสามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ จากการมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันโดยไม่ต้องมีการดัดแปลงเครื่องยนต์ของอากาศยาน ซึ่งเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนมีทั้งหมด 7 กระบวนการ ทั้งนี้มี 2 กระบวนการได้แก่ กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีน ด้วยแอลกอฮออล์ (ATJ-SPK) ที่ใช้เอทานอลเป็นวัตถุดิบ และกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีน ด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid ที่ใช้น้ำมันดิบปาล์มเป็นวัตถุดิบ ที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย

นอกจากนี้จากกรณีศึกษาพบว่าประเทศไทยมีความสามารถในการผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนในปริมาณมาก โดยสามารถใช้อ้อย มันสำปะหลัง และปาล์มน้ำมัน ซึ่งทำให้เกษตรกรมีรายได้ประมาณ 62,000 ล้านบาท 64,000 ล้านบาท และ 92,000 ล้านบาท ตามลำดับ และยังสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสากรรมการบินของประเทศไทยได้ถึง 6.5 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี อีกทั้งยังตอบสนองต่อยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Abstract

Title The Development of commercially sustainable aviation fuels in the aviation industry to support Thailand's national strategy

Field Science and Technology

Name Mr.Thamarat Prayoonsuk **Course** NDC **Class** 65

The objectives of this research are to study the application of sustainable aviation fuel (SAF) technology for the aviation industry in response to Thailand's national strategy, and present case studies on production technology and suitable raw materials to meet the demand of jet fuel in Thailand. This research is a quality approach by integrating both primary data from experts and secondary data from literature reviews. As well as, it is conducting a macroeconomic analysis and impacts on the environment and society.

The Climate change is an important issue and the aviation industry has prepared guidelines to reduce greenhouse gas emissions (GHGs) by using of SAF as the main approach. Because it can replace conventional jet fuel by having similar properties without modification of aircraft engine. There are 7 processes technology for SAF production. The suitable process in Thailand has 2 processes technology, including of paraffin kerosene synthesis from alcohol (ATJ-SPK) by using ethanol, and paraffin kerosene synthesis process with Hydroprocessed Esters and Fatty Acid (HEFA) by using crude palm oil.

According to this research, Thailand has the ability to produce raw materials in large quantities. Sugar cane, cassava and palm oil can be used, which can have a farmer income of about 62,000 million baht, 64,000 million baht and 92,000 million baht, respectively. It can also help reduce GHGs from aviation industry up to 6.5 million tons of carbon dioxide equivalent per year. Moreover, it also support to Thailand's national strategy mainly on eco-friendly development and growth.

คำนำ

จากการที่ผู้วิจัยมีประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจน้ำมัน ธุรกิจพลังงานมาเป็นระยะเวลามากกว่าสามสิบปี ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง และเปลี่ยนผ่านของการใช้พลังงานในภาพรวมของประเทศ และของโลก ซึ่งมีนัยยะสำคัญต่อการใช้พลังงานของประชากรทั่วไป

ด้วยระยะเวลาประมานยี่สิบถึงสามสิบปีที่ผ่านมา พลังงานจากฟอสซิสเป็นแหล่งวัตถุดิบสำคัญในการผลิตพลังงานของโลก โดยนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานประเภทต่าง ๆ และใช้กันอย่างแพร่หลายในทุก ๆ กิจกรรมของมนุษย์ แต่เมื่อไม่นานมานี้ภาคส่วนต่าง ๆ ก็ได้เล็งเห็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมร่วมกัน จึงมีแนวโน้มในการปรับตัวมาหาแหล่งพลังงานอื่นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่ามาทดแทน ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนก็เป็นน้ำมันที่สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบต่าง ๆ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเริ่มมีการใช้งานจริงในต่างประเทศแล้ว

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการศึกษาวิจัยที่จะนำไปสู่การนำน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน มาใช้ในประเทศไทยในงานวิจัยฉบับนี้นั้น จักเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการต่อยอดการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทยต่อไป

(นายธรรมรัตน์ ประยูรสุข)
นักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
หลักสูตร วปอ. รุ่นที่ 65
ผู้วิจัย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเสร็จได้ด้วยความกรุณาจาก พลโท นำศักดิ์ สาระสุข อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้แนวคิด คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่อง ๆ มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ นายเถลิงศักดิ์ เพ็ชรสุวรรณ รองปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่กรุณาให้ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม และในแง่มุมต่าง ๆ จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณ นายฉันทานนท์ วรรณเขจร เลขาธิการสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร นายใบน้อย สุวรรณชาตรี อธิบดีกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม และหม่อมหลวงณัฐสิทธิ์ ดิศกุล กรรมการผู้อำนวยการใหญ่ บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ที่ได้สนับสนุนข้อมูลสำคัญ และเป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยฉบับฉบับนี้จะมีประโยชน์กับผู้ที่เกี่ยวข้องด้านพลังงานเชื้อเพลิง เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งด้านยุทธศาสตร์ นโยบาย การปฏิบัติ และผู้ที่มีความสนใจในด้านนี้ คุณงามความดีของงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอยกให้กับวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร สถาบันวิชาป้องกันประเทศที่ให้โอกาสเข้ามาเรียนในหลักสูตร วปอ.65 หากมีข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้เพียงผู้เดียว และยินดีรับฟังคำแนะนำจากทุกท่าน เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยในโอกาสต่อไป

(นายธรรมรัตน์ ประยูรสุข)
นักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
หลักสูตร วปอ. รุ่นที่ 65
ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**ก**
Abstract	**ข**
คำนำ	**ค**
กิตติกรรมประกาศ	**ง**
สารบัญ	**จ**
สารบัญตาราง	**ซ**
สารบัญแผนภาพ	**ฎ**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตงานวิจัย	3
วิธีดำเนินการวิจัย	4
ข้อจำกัดของการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	5
คำจำกัดความ	5
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**8**
สถานการณ์การใช้เชื้อเพลิงอุตสาหกรรมการบินในปัจจุบัน	8
สถานการณ์และนโยบายภาวะโลกร้อนทั้งในประเทศและต่างประเทศ	28
นโยบายการลดภาวะโลกร้อนในอุตสาหกรรมการบินทั้งในประเทศและต่างประเทศ	33
ความต้องการตามนโยบายและข้อกำหนดการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนใช้ทั้งในประเทศและต่างประเทศ	46
กรอบแนวคิดการวิจัย	48
สรุป	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 สภาพการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนปัจจุบันและอนาคต	**51**
เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน	51
การรับรองเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในเชิงพาณิชย์	58
การใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน	61
ข้อมูลปริมาณคุณสมบัติและศักยภาพวัตถุดิบในประเทศไทย	65
ผลกระทบในมิติสังคมและสิ่งแวดล้อม	75
ความพร้อมของประเทศไทยในการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน	81
สรุป	89
บทที่ 4 วิเคราะห์แนวทางในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานในประเทศ (กรณีศึกษา)	**90**
ข้อมูลวัตถุดิบสำหรับผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทย	90
ความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศ	104
การวิเคราะห์เทคโนโลยีและต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย	105
การวิเคราะห์ศักยภาพในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน	107
การวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคของการพัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทย	115
การวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงสิ่งแวดล้อม และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการบินของการพัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทย	122
สรุป	127
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	**128**
สรุปสภาพการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อวิเคราะห์การผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์	129

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
สรุปแนวทางในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานในประเทศและพัฒนาเป็นศูนย์กลางของภูมิภาค รวมถึงการสร้างรายได้ทางการเกษตร	130
สรุปการตอบสนองต่อแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – 2580)	135
ข้อเสนอแนะ	136
บรรณานุกรม	**137**
ภาคผนวก	**150**
ภาคผนวก ก	151
ภาคผนวก ข	152
ประวัติย่อผู้วิจัย	**158**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	แสดงคุณสมบัติน้ำมันเบนซินอากาศยานแบ่งตามค่าออกเทนของน้ำมัน	23
2-2	แสดงคุณสมบัติน้ำมันเบนซินอากาศยาน	24
2-3	ตารางแสดงข้อกำหนดคุณสมบัติเชื้อเพลิงอากาศยานเชิงพาณิชย์	26
2-4	เปรียบเทียบน้ำมันอากาศยานเชิงพาณิชย์กับน้ำมันอากาศยานทางทหาร	27
2-5	เปรียบเทียบคุณสมบัติข้อกำหนดของเชื้อเพลิงอากาศยานเชิงพาณิชย์และเชื้อเพลิงอากาศยานทางทหาร	27
2-6	สรุปศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยตามรายสาขาและมาตรการ	31
2-7	นโยบายส่งเสริมการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (SAF) ของแต่ละภูมิภาค	36
2-8	เป้าหมายของภูมิภาคและองค์การการบินในการผสมพลังงานทางเลือก	40
2-9	สัดส่วนการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (SAF) ในอุตสาหกรรมการบิน	41
2-10	ภาษีคาร์บอนในประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรป	43
3-1	สรุปคุณสมบัติของน้ำมันอากาศยานยั่งยืนตาม ASTM D7566	57
3-2	สัญญาการซื้อขายน้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับสายการบินพานิชย์	61
3-3	วัตถุดิบที่ใช้ในเทคโนโลยีต่าง ๆ	66
3-4	ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบชนิดถ่านหินของประเทศไทย 5 ปี ย้อนหลัง	67
3-5	ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบชนิดชีวมวลของประเทศไทย 5 ปี ย้อนหลัง	70
3-6	ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบชนิดน้ำยางพาราในประเทศไทย	70
3-7	ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบชนิดข้าวโพดของประเทศไทย 5 ปี ย้อนหลัง	71
3-8	ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบอ้อยของประเทศไทย 5 ปี ย้อนหลัง	72
3-9	ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบมันสำปะหลังของประเทศไทย 5 ปี ย้อนหลัง	73
3-10	ข้อมูลโรงงานผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน	82
3-11	เปรียบเทียบชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอล 1 ลิตร	84
3-12	ค่าใช้จ่ายรายปีสำหรับการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน	85

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

3-13	ผลดี ผลเสีย และข้อจำกัดผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนและน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในคลังน้ำมัน	86
3-14	ผลดี ผลเสีย และข้อจำกัดผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนและน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในโรงกลั่นน้ำมัน	86
3-15	ผลดี ผลเสีย และข้อจำกัดผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนและน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในท่าอากาศยาน	87
3-16	ความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานของประเทศไทย	87
4-1	พื้นที่ปลูกอ้อย ปริมาณอ้อยทั้งหมด พื้นที่เก็บเกี่ยว และปริมาณอ้อยส่งโรงงาน ปีการผลิต 2564/65	92
4-2	ปริมาณอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ของแต่ละภูมิภาคในประเทศไทย	93
4-3	เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตของมันสำปะหลังระหว่างปี 2561 ถึง 2564	95
4-4	พื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตปาล์มน้ำมันในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยในปี 2565	97
4-5	พื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตปาล์มน้ำมันของประเทศไทย ในปี 2561-2565	99
4-6	โรงงานเอทานอลในประเทศไทย	100
4-7	จำนวนผู้ประกอบการปาล์มน้ำมันแต่ละประเภทรายจังหวัดในประเทศไทย	102
4-8	ผลผลิตและอัตราส่วนน้ำมันที่ได้จากผลปาล์มระหว่างปี 2561-2565	103
4-9	จำนวนเที่ยวบินและปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานที่ใช้งานในประเทศไทย	104
4-10	ปริมาณความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก	105
4-11	ต้นทุนในการผลิตด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮออล์	106
4-12	ต้นทุนในการผลิตด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid	107
4-13	ความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืนในแต่ละสัดส่วนผสม	115

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

4-14 การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮอออล์ มีอ้อยเป็นวัตถุดิบ 117

4-15 การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮอออล์ มีมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ 119

4-16 การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid มีน้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ 121

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่		หน้า
2-1	แสดงปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทยย้อนหลัง 3 ปี	10
2-2	แสดงปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทยและอัตราการเปลี่ยนแปลง	10
2-3	แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทย	11
2-4	แสดงปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ตามรายสาขาเศรษฐกิจของประเทศไทยย้อนหลัง 3 ปี	12
2-5	แสดงปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายแยกตามรายสาขาเศรษฐกิจของประเทศไทยและอัตราการเปลี่ยนแปลง	13
2-6	แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายแยกตามรายสาขาการใช้งานของประเทศไทย	13
2-7	แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายสาขาเศรษฐกิจของประเทศไทย	14
2-8	แสดงปริมาณการผลิตพลังงานของประเทศไทยย้อนหลัง 3 ปี	15
2-9	แสดงปริมาณการผลิตพลังงานของประเทศไทยย้อนหลัง 3 ปีและอัตราการเปลี่ยนแปลง	16
2-10	แสดงสัดส่วนการผลิตพลังงานของประเทศไทย	17
2-11	แสดงสัดส่วนการผลิตเชื้อเพลิงของโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมประเทศไทย	18
2-12	การจัดหาและการใช้น้ำมันสำเร็จรูปประจำปี 2564	19
2-13	กระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมของบริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)	21
2-14	นโยบายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย	30
2-15	วัฏจักรชีวิตของน้ำมันอากาศยานเชื้อเพลิงยั่งยืน	32
2-16	มาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิของภาคการบินระหว่างประเทศ	34
2-17	นโยบายในด้านต่าง ๆ ภายใต้นโยบาย ‘Fit for 55’	35

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

หน้า

แผนภาพที่

2-18	การกำหนดการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนสำหรับประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรปภายในปี 2573	41
2-19	ภาษีคาร์บอนในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก	42
2-20	การคาดการณ์อัตราการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานจากการปรับปรุงประสิทธิภาพการปฏิบัติการเทียบกับพื้นฐาน ระหว่างปี 2564 ถึง 2593	45
2-21	การคาดการณ์อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการปรับปรุงประสิทธิภาพการปฏิบัติการเทียบกับพื้นฐาน ระหว่างปี 2564 ถึง 2593	45
2-22	สัดส่วนของมาตรการในการบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นศูนย์สุทธิภายในปี 2593	46
2-23	การคาดการณ์ความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อตอบสนองต่อเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์สุทธิ ภายในปี 2593	47
2-24	ความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน โดยสันนิษฐานการใช้ในสัดส่วนร้อยละ 2 ของแต่ละประเทศ โดยไม่คำนึงถึงการกำหนดการผสมเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน	48
3-1	กระบวนการผลิต Fischer-Tropsch	52
3-2	กระบวนการผลิต Hydroprocessed Esters and Fatty Acid (HEFA)	53
3-3	กระบวนการผลิต Hydroprocessed Fermented Sugar	54
3-4	กระบวนการผลิต Alcohol to Jet Synthetic Paraffinic Kerosene	55
3-5	เปรียบเทียบตัวชี้วัดมาตรฐานในด้านต่าง ๆ ระหว่างการรับรองในขอบข่ายของ Sustainability Certification Schemes (SCS) ด้วยกัน	59
3-6	ปริมาณการจัดหาก๊าซธรรมชาติของประเทศไทยตั้งแต่ ปี 2535 ถึง 2564	68
3-7	ปริมาณการจัดหาเปรียบเทียบปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติตั้งแต่ปี 2535 - 2564	69
3-8	จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการการขนส่งทางอากาศยานทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ	75

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

หน้า

แผนภาพที่

3-9	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ณ เวลา 00.00 น. สถานีเขตดินแดง	77
3-10	สัดส่วนแหล่งที่มาของฝุ่น PM 2.5 ที่เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร	77
3-11	สัดส่วนแหล่งที่มาของฝุ่น PM 2.5 จากแหล่งกำเนิดพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล	78
3-12	ค่าฝุ่นพิษ PM 2.5 ของประเทศไทยวันที่ 1 มีนาคม 2566	79
3-13	แผนยุทธศาสตร์การขับเคลื่อนการพัฒนาโมเดลเศรษฐกิจ BCG	81
4-1	เปรียบเทียบพื้นที่ปลูกอ้อยรวมทั้งประเทศ (ไร่) แปลจากภาพถ่ายดาวเทียม 10 ปี ย้อนหลัง	92
4-2	แผนที่พื้นที่ปลูกอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาลประเทศไทยปีการผลิต 2564/65	93
4-3	แผนที่เนื้อที่เพาะปลูกมันสำปะหลังโรงงานในประเทศไทย ปี 2564/65	96
4-4	แผนที่เนื้อที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ปี 2564	98
4-5	Assessment results of mitigation measures with the potential to reduce fuel consumption and CO2 emissions during 2021 – 2025	108
4-6	ปริมาณการปล่อยมีก๊าซเรือนกระจกประเทศไทย	122
4-7	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเทศไทยแยกตามภาคการปล่อย	123
4-8	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเทศไทยแยกตามสาขาย่อยภาคพลังงาน	124
4-9	ปริมาณเชื้อเพลิงอากาศยานที่ต้องการและปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง	126
5-1	การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮออล์ มีอ้อยเป็นวัตถุดิบ	132
5-2	การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮออล์ มีมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ	133
5-3	การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยกระบวนการสังเคราะห์	

พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid
มีน้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ 135

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

หน้า

แผนภาพที่

5-4 ปริมาณเชื้อเพลิงอากาศยานที่ต้องการและปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง 135
5-5 การตอบสนองยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – 2580) 136

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเติบโตของเศรษฐกิจ ความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีและการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยธนาคารโลกคาดการณ์ว่าจะมีประชากรสูงถึง 10 พันล้านคนในปี 2593 (World Bank, Online, 2019) ส่งผลโดยตรงต่อความต้องการพลังงานเพื่อผลิตความร้อนหรือทำความเย็นมากขึ้น โดยเป็นการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลกว่าร้อยละ 66.3 ในปริมาณการใช้ดังกล่าว กว่าร้อยละ 40 เป็นการใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันปิโตรเลียม (International Energy Agency : IEA , Online, 2022) ซึ่งการใช้พลังงานที่สูงขึ้นส่งผลโดยตรงต่อการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สู่บรรยากาศที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.7 โดยเฉพาะการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินที่คิดเป็นสัดส่วนการปล่อย CO_2 ถึงร้อยละ 30 ของการปล่อย CO_2 ทั้งหมด โดยจีน สหรัฐอเมริกา และอินเดีย มีความต้องการใช้พลังงานรวมกันคิดเป็นเกือบ 70% ของความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด (International Energy Agency : IEA, Online, 2019)

จากประเด็นการเพิ่มสูงขึ้นของอุณหภูมิโลกอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นที่มาของการประชุมกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change : UNFCCC) สมัยที่ 21 (Conference of Parties: COP 21) ซึ่งเป็นกฎกติกาใช้บังคับกับทุกรัฐภาคี ซึ่งรวมถึงประเทศไทย สำหรับการดำเนินงานจากปี พ.ศ. 2563 เป็นต้นไป โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกโดยเฉลี่ยให้น้อยกว่า 2 องศาเซลเซียส (“Well Below 2°C”) เหนือระดับก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม และมุ่งมั่นความพยายามในการจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกโดยเฉลี่ยให้อยู่ที่ 1.5 องศาเซลเซียส (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน : สนพ, Online, 2559) ส่งผลให้ประเทศไทยจำเป็นต้องเร่งขับเคลื่อนมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกภาคส่วน

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการบินทั่วโลกปล่อย CO_2 ประมาณกว่า 2% ของทั้งหมด (The world Resource Institute, Online, 2020) ในปี พ.ศ. 2563 อุตสาหกรรมการบินปล่อย CO_2 กว่า 1,035 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า จากผลกระทบของสถานการณ์โควิดส่งผลให้การปล่อย CO_2 ลดลง โดยในปี พ.ศ. 2564 ปล่อยอยู่ที่ 720 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า จากการใช้งานของภาคอุตสาหกรรมการบินที่ลดลง (International Energy Agency : IEA, Online, 2022) อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมการบินทั่วโลกยังมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องหลังจากสถานการณ์โควิดคลี่คลาย ทั้งนี้ ทางเลือกในการลดการปล่อย CO_2 สำหรับเครื่องบินยังมีไม่มากนัก เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกซึ่งปัจจุบันหลายประเทศโดยเฉพาะประเทศ ในสหภาพยุโรปให้ความสนใจและหันมาพัฒนาอย่างจริงจัง เพื่อลดการพึ่งพาน้ำมันดิบ และบรรเทาปัญหาภาวะโลกร้อนจากการลดการปล่อย CO_2 โดยในปี พ.ศ. 2552 สหภาพยุโรปมีมติให้มีการกำหนดปริมาณการปล่อยมลพิษจากอุตสาหกรรมการบินของสายการบินพาณิชย์ตาม EU Emission Trading System ทั้งนี้ ตามข้อตกลงของธุรกิจการบินทั้งหมด ตั้งเป้าหมายที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ ร้อยละ 50 ภายในปี พ.ศ. 2593 โดยสายการบินพาณิชย์ที่บินผ่านน่านฟ้าของประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ในปริมาณร้อยละ 10 ขึ้นไป จะได้รับการยกเว้นภาษีคาร์บอน (EU Emission Trading System, Online, 2022)

นอกจากนี้แม้ว่าในปัจจุบันประเทศไทยจะไม่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากความตกลงปารีส แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยได้ตั้งเป้าหมายการลดก๊าซ (Intended Nationally Determined Contributions, INDCs) ที่ 20-25% จากการปล่อยในระดับปกติ (BAU) เป็นการดำเนินงานที่อยู่ในแผนงานด้านต่าง ๆ ที่เตรียมการดำเนินงานไว้อยู่แล้ว อีกทั้งตาม “ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี” ที่รัฐบาลจัดทำได้ให้ความสำคัญต่อประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและแนวทางการพัฒนาแบบคาร์บอนต่ำ โดยกำหนดอยู่ภายใต้ ปี พ.ศ. 2561 - 2580 ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (ยุทธศาสตร์ชาติ (2561-2580), 2561)

ปัจจุบันเกิดความร่วมมือระหว่าง องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization: CAO), สมาคมขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ (International Air Transport: IATA) และกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านอุตสาหกรรมการบิน (Association Air Transport Action Group : ATAG) สรุปแนวทางเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเสนอการพัฒนาเชื้อเพลิงอากาศยาน

ยั่งยืน (SAF) เป็นทางออกของอุตสาหกรรมการบิน ผ่านโปรแกรม ที่เรียกว่า “Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)” แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนยังมีปริมาณ การผลิตน้อย และมีราคาสูงกว่าเชื้อเพลิงการบินปกติ (International Energy Agency : IEA, Online, 2022) การผลักดันให้เกิดการพัฒนาเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนต้องมียุทธศาสตร์ และการแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืน โดยใช้กิจกรรมต่าง ๆ สนับสนุนเพื่อสร้างความตื่นตัวในสังคม ตลอดจน ส่งเสริมการวิจัยและเทคโนโลยีการผลิต

งานวิจัยนี้จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาสภาพการผลิตเชื้อเพลิงกาศยานยั่งยืนที่มีเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการบิน ด้วยเทคโนโลยีระดับพานิชย์ในปัจจุบัน นอกจากนี้การศึกษาความเป็นไปได้ของประเทศไทยในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อผลักดันแผนการผลิตและแผนปฏิบัติการการใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งในเศรษฐกิจและสังคมของประเทศตลอดจนการศึกษาแนวทางการลงทุนด้านการผลิตเชื้อเพลิงดังกล่าว เพื่อสนองต่อแผนยุทธศาสตร์ชาติต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในปัจจุบันและในอนาคต
2. เพื่อกำหนดสภาพการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนที่ต้องการในอนาคต
3. เพื่อวิเคราะห์แนวทางในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานในประเทศ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านพื้นที่

กรณีศึกษาในงานวิจัยนี้กำหนดพื้นที่ศึกษาภาคการบินที่มีความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน และพื้นที่ศึกษากรณีการผลิตภายในประเทศ

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาประเด็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการบิน การผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเพื่อลดคาร์บอน และเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่มีการใช้งานแล้ว

ศึกษาข้อมูลของความเหมาะสมของประเทศไทย ในแง่วัตถุดิบ เทคโนโลยีและการขนส่งผลิตภัณฑ์ นำเสนอรูปแบบโรงงานผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนและการพัฒนาเป็นศูนย์กลางเชื้อเพลิงคาร์บอนต่ำ

3. ขอบเขตด้านเวลา

ทำการศึกษาข้อมูลในช่วงปี 2560-2565

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้จะเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลประเด็นนโยบายข้อกำหนดของประเทศ และสากลด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน ภาคการบิน และแนวทางควบคุม การลดก๊าซเรือนกระจก จากการทบทวนวรรณกรรม การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ และการประมิน
2. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ด้วยวัตถุดิบต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ
3. วิเคราะห์และนำเสนอรูปแบบของโรงงานผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนที่เหมาะสม ในมุมมองด้านวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์
4. วิเคราะห์ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น (Preliminary Feasibility) ความคุ้มค่าด้านความมั่นคงของเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน รวมถึงด้านสิ่งแวดล้อม และสังคมในการพัฒนาโรงงานผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนที่นำเสนอ

ข้อจำกัดของการวิจัย

การนำเสนอรูปแบบโรงงานผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทยนั้น เป็นการศึกษาวิจัยโดยสังเขป และเป็นการวิเคราะห์ศักยภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น เพื่อเป็นตัวอย่างแนวคิดริเริ่มอันนำไปสู่การผลักดันให้มีการพัฒนาในเชิงพานิชย์และส่งเสริมต่อการพัฒนาศูนย์กลางการบินภูมิภาคต่อไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อทราบถึงสภาพการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในปัจจุบันและในอนาคต
2. เพื่อทราบการกำหนดสภาพการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนที่ต้องการในอนาคต
3. เพื่อเสนอแนะแนวทางในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานในประเทศและพัฒนาเป็นศูนย์กลางของภูมิภาค เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

คำจำกัดความ

Greenhouse Gases (GHGs)	หมายถึง	ก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน หรือ รังสีอินฟาเรดได้ดี เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) ก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) เป็นต้น ซึ่งเมื่อก๊าซเหล่านี้ ลอยขึ้นสู่บรรยากาศจะดูดซับความร้อนไว้
The European Union (EU)	หมายถึง	สหภาพยุโรปเป็นการรวมกลุ่มของประเทศในภูมิภาคยุโรป ทั้งด้านการเมือง เศรษฐกิจ และสังคมในลักษณะสถาบันแบบเหนือรัฐ (Supranational Institution) ที่ใหญ่ที่สุดและก้าวหน้าที่สุดในโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจแก่ประเทศสมาชิกและการมีบทบาทนำของ EU ในประชาคมโลก
Carbon tax	หมายถึง	ภาษีคาร์บอน เป็นค่าธรรมเนียมหรือภาษีที่รัฐบาลเรียกเก็บจากการผลิต การจำหน่าย หรือใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมันก๊าซธรรมชาติ หรือ ถ่านหิน ซึ่งเมื่อเผาไหม้เชื้อเพลิงพวกนี้แล้วจะทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกและถูกปล่อยเข้าสู่ชั้นบรรยากาศของโลก การ

		เรียกเก็บภาษีหรือค่าธรรมเนียมนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ที่ปล่อยออกมาในแต่ละครั้งของการดำเนินกิจกรรมของโรงงาน โรงไฟฟ้า และยานยนต์ต่าง ๆ
Emission Trading Scheme	หมายถึง	ระบบซื้อขายสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นกลไกทางการตลาดรูปแบบหนึ่ง โดยการทำงานเริ่มจาก “เจ้าของระบบ (ส่วนใหญ่เป็นภาครัฐ) กำหนดระดับเพดานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบกับปีฐาน (หรือที่เรียกว่า Cap Setting)” ให้กับอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง ต้องรายงานผลการตรวจวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงาน/องค์กรที่ผ่านการทวนสอบ (หรือที่เรียกว่า Verification) ให้กับรัฐทุกปี
Bio-Circular-Green Economy	หมายถึง	โมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน เป็นแนวคิดการนำวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมไปยกระดับความสามารถในการแข่งขันอย่างยั่งยืนให้กับ 4 อุตสาหกรรมเป้าหมาย (S-curves) ได้แก่ อุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร อุตสาหกรรมพลังงานและวัสดุ อุตสาหกรรมสุขภาพและการแพทย์ และอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการ
SAF	หมายถึง	เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน Sustainable Aviation Fuel (SAF) คือ เชื้อเพลิงอากาศยานที่ถูกผลิตขึ้นจากวัสดุ เชื้อเพลิงดังกล่าวสามารถแก้ไขปัญหาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเฉพาะจากเที่ยวบินที่มีระยะทางมาก โดยไม่ต้องมีการลงทุนในอุปกรณ์หรือโครงสร้างพื้นฐานใหม่ เพราะ SAF สามารถใช้ผสมกับเชื้อเพลิงแบบเดิมได้ SAF ที่กำลังถูกใช้อยู่ในปัจจุบัน สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง

		80% เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงแบบเดิม ซึ่งจะช่วยให้สายการบินให้บริการอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น
COP26	หมายถึง	เป็นการประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ Conference of the Parties ซึ่งจัดขึ้นทุกปีในช่วง 26 ปีที่ผ่านมา และถือเป็นเครื่องมือที่จะช่วยนำปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไปสู่ระดับโลกโดย 200 ประเทศจะประกาศแผนการลดการปล่อยมลพิษภายในปี 2030 นอกจากนี้ยังมีข้อตกลงเฉพาะเกี่ยวกับการเลิกใช้ถ่านหิน การเปลี่ยนไปใช้ยานพาหนะไฟฟ้า และคาดว่าจะมีการดำเนินการเพื่อปกป้องธรรมชาติมากขึ้น
Climate Change	หมายถึง	การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ย ในพื้นที่หนึ่ง ซึ่งหมายความรวมถึงลักษณะทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ฝน ลม เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อันเป็นผลทางตรง หรือทางอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ คณะกรรมการระหว่างรัฐบาล ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเนื่องมาจากความผันแปรตามธรรมชาติ หรือกิจกรรมของมนุษย์

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องแนวทางการพัฒนาเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (Sustainable Aviation Fuel: SAF) เชิงพาณิชย์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการบิน ได้มีการนำทฤษฎี เอกสารวิจัยและรายงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและเป็นไปตามหลักวิชาการ มาประกอบเป็นความรู้พื้นฐานเพื่อศึกษาวิจัยและวิเคราะห์ โดยมีหัวข้อหลัก ดังนี้

1. สถานการณ์พลังงานและการเชื้อเพลิงการบินในปัจจุบัน
2. สถานการณ์และนโยบายภาวะโลกร้อนทั้งในประเทศและต่างประเทศ
3. นโยบายการลดภาวะโลกร้อนในอุตสาหกรรมการบินทั้งในประเทศและต่างประเทศ
4. ความต้องการตามนโยบายและข้อกำหนดการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนใช้ทั้งในประเทศและต่างประเทศ
5. กรอบความคิดของการวิจัย
6. สรุป

สถานการณ์การใช้เชื้อเพลิงอุตสาหกรรมการบินในปัจจุบัน

1. สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย

ข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายรวม 72,161 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ โดยหากเทียบกับปี พ.ศ. 2563 พบว่ามีอัตราที่ลดลงร้อยละ 6.7 (77,340 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) และพ.ศ. 2562 พบว่ามีอัตราที่ลดลงร้อยละ 9.8 (85,708 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) จะเห็นได้ว่ามีการใช้พลังงานที่ลดลงต่อเนื่อง เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลให้เกิดมาตรการต่าง ๆ เพื่อควบคุมการแพร่ระบาดส่งผลต่อการใช้เชื้อเพลิงของประเทศไทย เช่น การทำงานที่บ้าน (Work From Home) การจำกัดการเดินทางภายในจังหวัดและระหว่างจังหวัด และ การประกาศใช้มาตรการฉุกเฉิน และ/หรือ

เคอร์ฟิว เป็นต้น ซึ่งการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายสามารถแบ่งออกเป็น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2566 : 3)

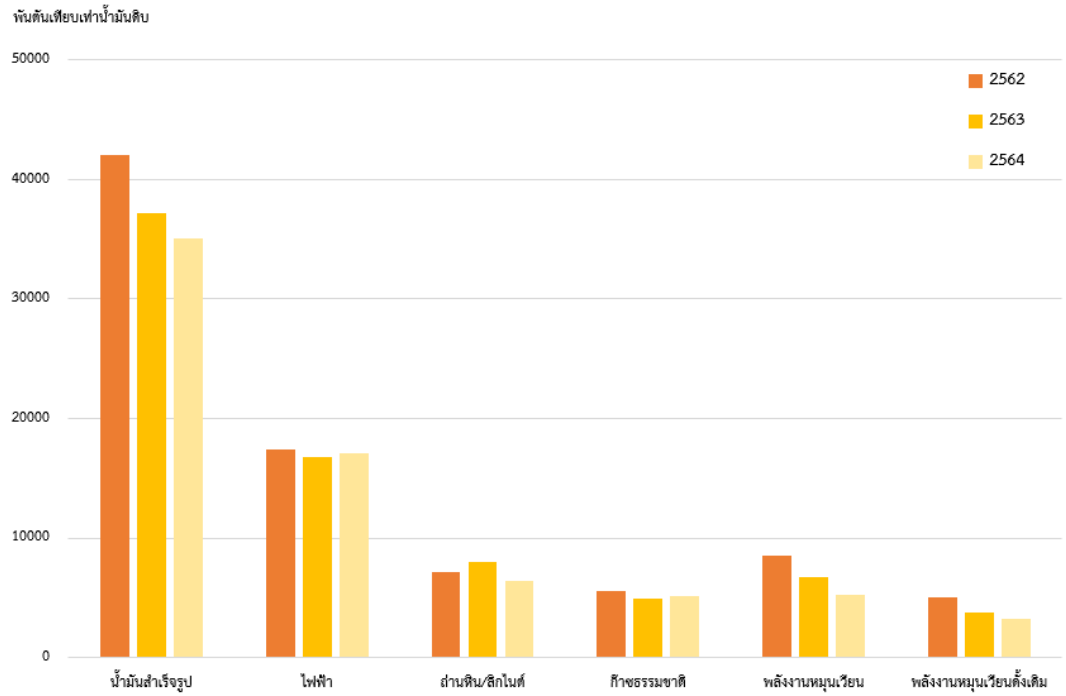
1. การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ 63,714 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ หรือคิดเป็นร้อยละ 88.3 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ซึ่งลดลงจากปีก่อนหน้าร้อยละ 4.6 โดยการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ดังกล่าว ประกอบด้วย

- น้ำมันสำเร็จรูปซึ่ง มีปริมาณในการใช้งานมากที่สุด 35,085 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อนหน้าร้อยละ 5.5
- ไฟฟ้า มีปริมาณการใช้งาน 17,129 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้าร้อยละ 2.2
- ถ่านหินและลิกไนต์ มีปริมาณการใช้งาน 6,367 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อนหน้าร้อยละ 20.2
- ก๊าซธรรมชาติ มีปริมาณการใช้งานน้อยที่สุด 5,133 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้าร้อยละ 3.6

2. การใช้งานพลังงานหมุนเวียน (พลังงานแสงอาทิตย์ ชีวมวล ขยะและก๊าซชีวภาพ) 5,238 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อนหน้าร้อยละ 22.0

3. การใช้งานพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบดั้งเดิม (ฝืน แกลบ กากอ้อย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร) 5,238 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อนหน้าร้อยละ 15.6

แผนภาพที่ 2-1 แสดงปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทยย้อนหลัง 3 ปี



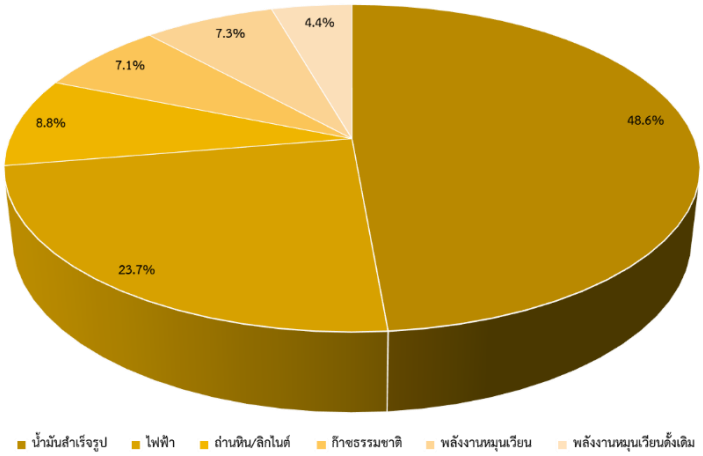
ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

แผนภาพที่ 2-2 แสดงปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทยและอัตราการเปลี่ยนแปลง

การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จำแนกตามชนิดพลังงาน	ปริมาณ (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)			อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	
	ม.ค. - ธ.ค. 62	ม.ค. - ธ.ค. 63	ม.ค. - ธ.ค. 64	ม.ค. - ธ.ค. 63	ม.ค. - ธ.ค. 64
การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (รวม)	85,708	77,340	72,161	(9.8)	(6.7)
- เชิงพานิชย์	72,126	66,821	63,714	(7.4)	(4.6)
น้ำมันสำเร็จรูป	42,084	37,124	35,085	(11.8)	(5.5)
ไฟฟ้า	17,358	16,761	17,129	(3.4)	2.2
ถ่านหิน/ลิกไนต์	7,116	7,983	6,367	12.2	(20.2)
ก๊าซธรรมชาติ	5,568	4,953	5,133	(11.0)	3.6
- พลังงานหมุนเวียน[1]	8,525	6,717	5,238	(21.2)	(22.0)
- พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม[2]	5,057	3,802	3,209	(24.8)	(15.6)

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2565, หน้า 3

แผนภาพที่ 2-3 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทย



ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

ทั้งนี้ หากสำรวจการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจประจำปี พ.ศ. 2564 จะพบว่าการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายมีอัตราลดลงในทุกสาขาเศรษฐกิจตามสถาการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโคโรนา 2019 แบ่งออกได้เป็น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2566 : 4)

1. สาขาเกษตรกรรม มีการใช้พลังงาน 2,234 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ พบว่าเมื่อเทียบกับข้อมูลปีก่อนหน้าจะมีอัตราลดลงร้อยละ 7.5

2. สาขาอุตสาหกรรม มีการใช้พลังงาน 26,676 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เมื่อเทียบกับข้อมูลปีก่อนหน้าจะมีอัตราลดลงร้อยละ 7.5 แบ่งออกเป็น

- อุตสาหกรรมการผลิต 26,354 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
- อุตสาหกรรมเหมืองแร่ 114 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
- อุตสาหกรรมการก่อสร้าง 130 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
- อุตสาหกรรมอื่น ๆ 78 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

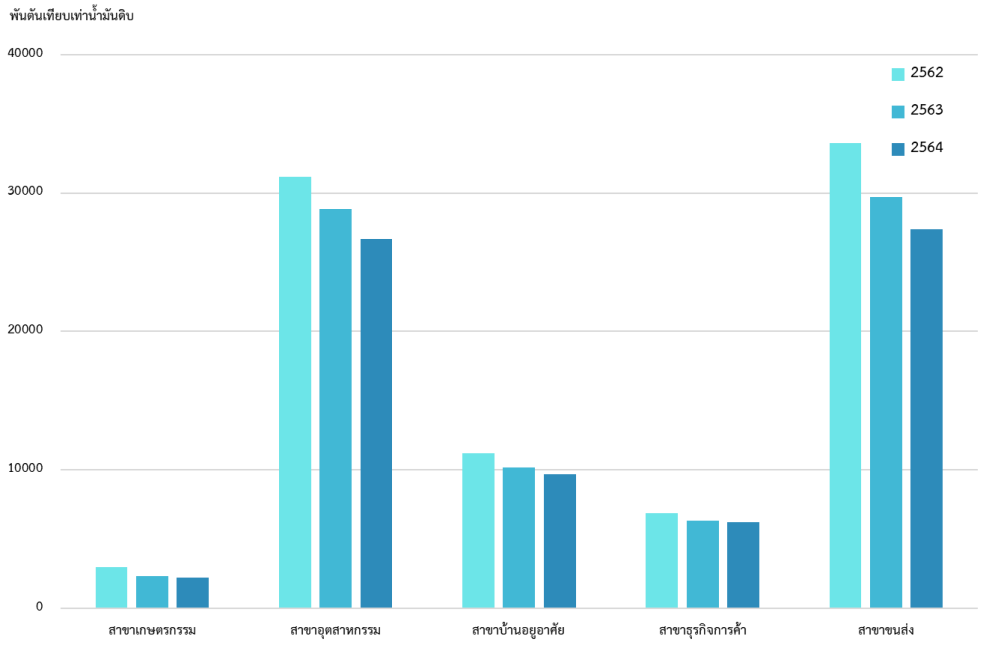
3. สาขาบ้านอยู่อาศัย มีการใช้พลังงาน 9,675 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เมื่อเทียบกับข้อมูลปีก่อนหน้าจะมีอัตราลดลงร้อยละ 4.7

4. สาขาธุรกิจการค้า มีการใช้พลังงาน 6,194 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เมื่อเทียบกับข้อมูลปีก่อนหน้าจะมีอัตราลดลงร้อยละ 2.2

5. สาขาการขนส่ง มีการใช้พลังงานที่สูงสุดสุด 27,382 พันตันเทียบเท่า เมื่อเทียบกับข้อมูลปีก่อนหน้าจะมีอัตราลดลงร้อยละ 7.8

จะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายมีอัตราลดลงในทุกสาขาเศรษฐกิจและลดลงอย่างต่อเนื่องตามแผนภาพที่ 2-4 แสดงปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ตามรายสาขาเศรษฐกิจของประเทศไทยย้อนหลัง 3 ปี

แผนภาพที่ 2-4 แสดงปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ตามรายสาขาเศรษฐกิจของประเทศไทย ย้อนหลัง 3 ปี



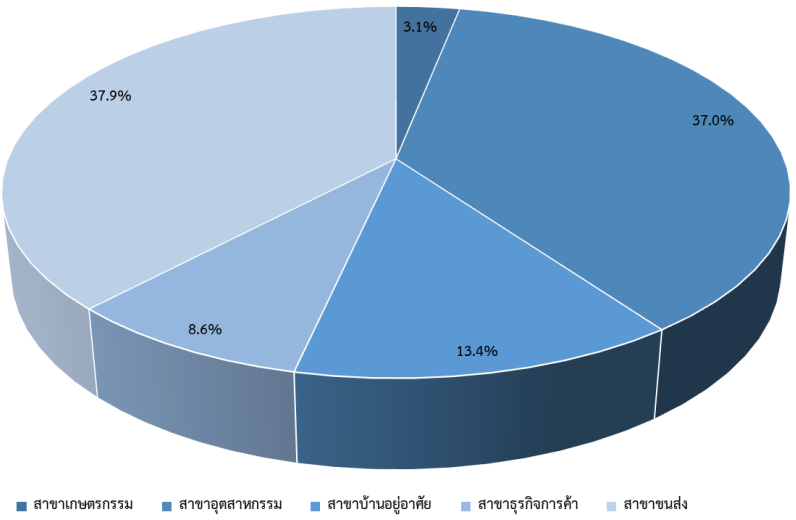
ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

แผนภาพที่ 2-5 แสดงปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายแยกตามรายสาขาเศรษฐกิจของประเทศไทยและอัตราการเปลี่ยนแปลง

การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ	ปริมาณ (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)			อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	
	ม.ค. - ธ.ค. 62	ม.ค. - ธ.ค. 63	ม.ค. - ธ.ค. 64	ม.ค. - ธ.ค. 63	ม.ค. - ธ.ค. 64
1. สาขาเกษตรกรรม	2,940	2,318	2,234	(21.2)	(3.6)
2. สาขาอุตสาหกรรม[3]	31,144	28,837	26,676	(7.4)	(7.5)
3. สาขาบ้านอยู่อาศัย	11,171	10,150	9,675	(9.1)	(4.7)
4. สาขาธุรกิจการค้า	6,846	6,336	6,194	(7.4)	(2.2)
5. สาขาขนส่ง	33,607	29,699	27,382	(11.6)	(7.8)
รวม	**85,708**	**77,340**	**72,161**	**(9.8)**	**(6.7)**

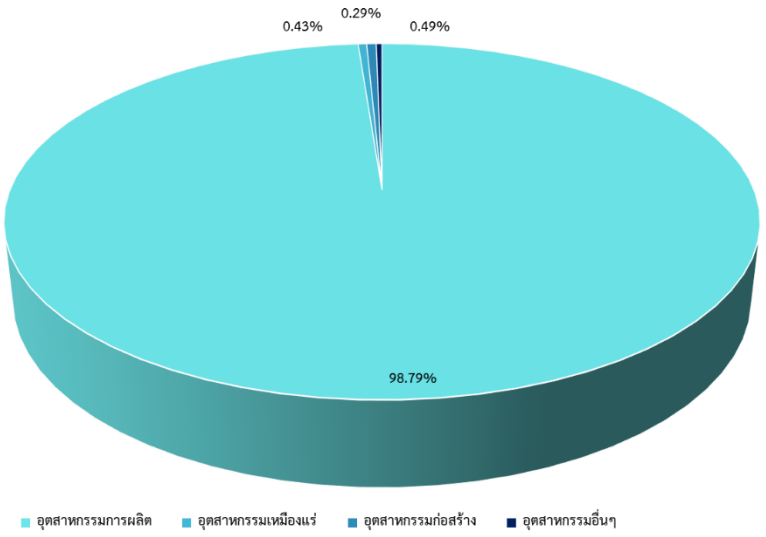
ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2565, หน้า 4

แผนภาพที่ 2-6 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายแยกตามรายสาขาการใช้งานของประเทศไทย



ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

แผนภาพที่ 2-7 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายสาขาเศรษฐกิจของประเทศไทย



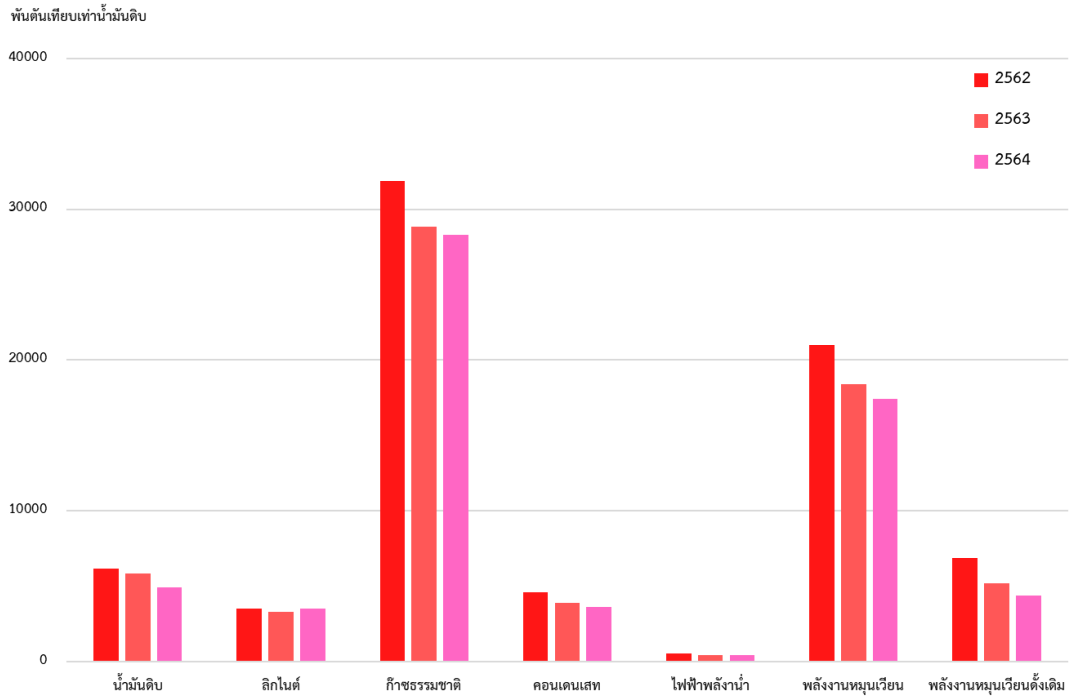
ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

ข้อมูลการผลิตพลังงานประจำปี 2564 รวมแล้วมีปริมาณ 62,504 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ โดยส่วนมากแล้วจะสอดคล้องกับการใช้พลังงานที่ลดน้อยลงทุกสาขาแต่มีการผลิตพลังงานบางประเภทเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยแบ่งออกได้เป็น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2566 : 5)

1. การผลิตพลังงานเชิงพาณิชย์ ปริมาณ 40,739 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ แบ่งออกเป็น
    - น้ำมันดิบ 4,923 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
    - ลิกไนต์ 3,523 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
    - ก๊าซธรรมชาติ 28,279 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
    - คอนเดนเสท 3,615 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
    - ไฟฟ้าพลังน้ำ 399 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
2. การใช้งานพลังงานหมุนเวียน ปริมาณ 17,410 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (คิดเป็นร้อยละ 27.9)

3. การใช้งานพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม ปริมาณ 4,354 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (คิดเป็นร้อยละ 7.0)

แผนภาพที่ 2-8 แสดงปริมาณการผลิตพลังงานของประเทศไทยย้อนหลัง 3 ปี



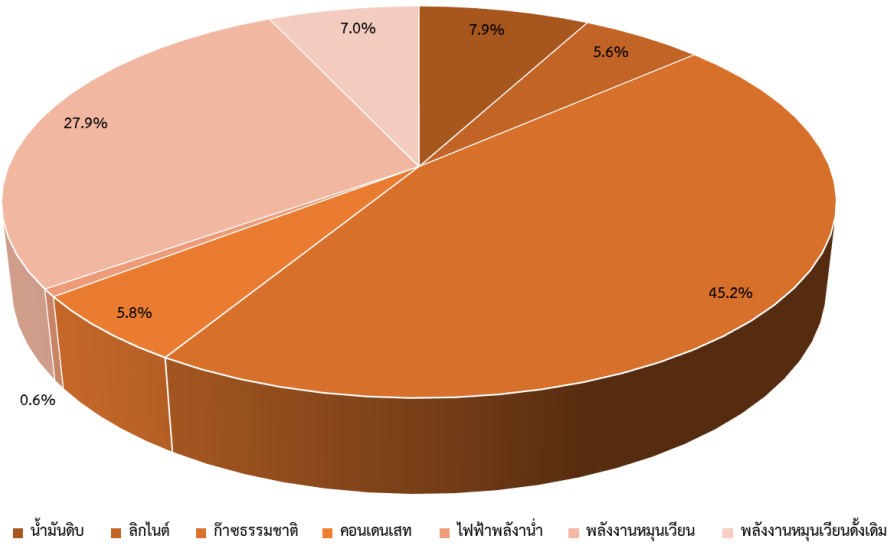
ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

แผนภาพที่ 2-9 แสดงปริมาณการผลิตพลังงานของประเทศไทยย้อนหลัง 3 ปีและอัตราการเปลี่ยนแปลง

การผลิตพลังงาน จำแนกตามชนิดพลังงาน	ปริมาณ (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)			อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	
	ม.ค. - ธ.ค. 62	ม.ค. - ธ.ค. 63	ม.ค. - ธ.ค. 64	ม.ค. - ธ.ค. 63	ม.ค. - ธ.ค. 64
การผลิตพลังงาน (รวม)	**74,952**	**65,821**	**62,503**	**(11.8)**	**(0.1)**
- เชิงพาณิชย์	**46,737**	**42,270**	**40,739**	**(9.6)**	**4.5**
น้ำมันดิบ	6,178	5,860	4,923 7	(5.1)	(16.0)
ลิกไนต์	3,532	3,282	3,523	(7.1)	7.3
ก๊าซธรรมชาติ	31,871	28,865	28,279	(9.4)	(2.0)
คอนเดนเสท	4,607	3,864	3,615	(16.1)	(6.4)
ไฟฟ้าพลังน้ำ[4]	549	399	399	(27.3)	2.0
- พลังงานหมุนเวียน[5]	**21,013**	**18,372**	**17,410**	**(12.6)**	**(5.2)**
- พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม[6]	**6,842**	**5,179**	**4,354**	**(24.3)**	**(15.9)**

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2565, หน้า 5

แผนภาพที่ 2-10 แสดงสัดส่วนการผลิตพลังงานของประเทศไทย

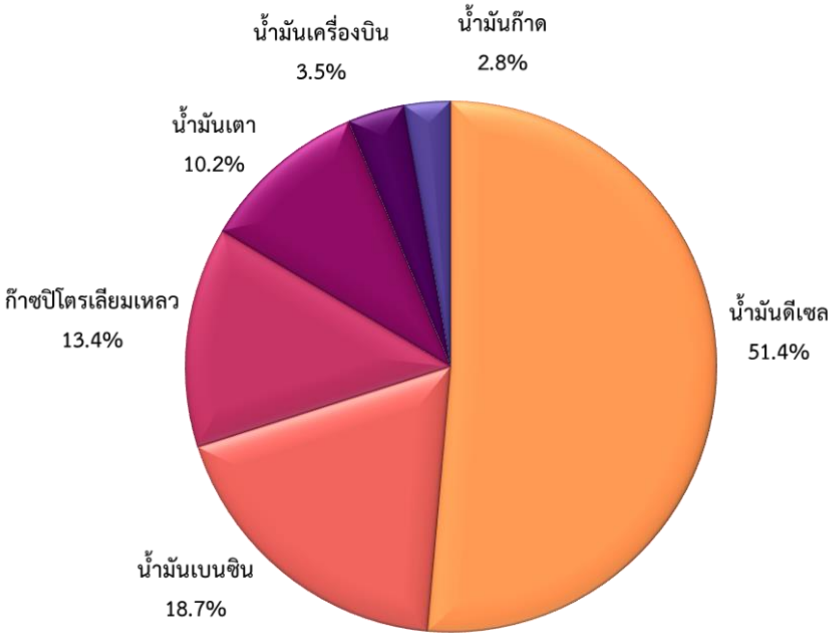


ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

2. การผลิตและความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานของประเทศไทย

ข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานปัจจุบันประเทศไทยมีโรงกลั่นน้ำมันรวม 7 แห่ง กำลังการผลิตรวม 1,234,500 บาร์เรลต่อวันหรือประมาณ 196.27 ล้านลิตรต่อวัน โดยสามารถแยกออกเป็นน้ำมันดีเซล 25,342 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (51.4%) น้ำมันเบนซิน 9,228 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (18.7%) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว 6,618 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (13.4%) น้ำมันเตา 5,030 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (10.2%) น้ำมันเครื่องบิน (น้ำมันอากาศยาน) 1,714 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (3.5%) และน้ำมันก๊าด 1,376 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (2.8%) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2566 : 8)

แผนภาพที่ 2-11 แสดงสัดส่วนการผลิตเชื้อเพลิงของโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมประเทศไทย



ที่มา : รายงานสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย 2564 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

จากข้อมูลกรมธุรกิจพลังงานพบว่าปริมาณการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงกลุ่มน้ำมันอากาศยานรวม 2,092.877 ล้านลิตรต่อปี แบ่งออกเป็น น้ำมันอากาศยานเจท เอ 1 (Jet A-1) 2,033.357 ล้านลิตรต่อปี และน้ำมันอากาศยานเจพี 8 (JP-8) 59.52 ล้านลิตรต่อปี และความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงกลุ่มอากาศยานรวม 1,774.933 ล้านลิตรต่อปี แบ่งออกเป็น น้ำมันอากาศยานเจท เอ 1 (Jet A-1) 1,704.831 ล้านลิตรต่อปี, น้ำมันอากาศยาน 100/130 2.239 ล้านลิตรต่อปี, น้ำมันอากาศยานเจพี 8 (JP-8) 67.749 ล้านลิตรต่อปี, น้ำมันอากาศยานเจพี 5 (JP-5) 0.114 ล้านลิตรต่อปี โดยพบว่าปริมาณการผลิตและความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงเนื่องจากเนื่องจากสถานการณ์ของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลให้ความต้องการใช้น้ำมันเครื่องบินลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเที่ยวบินระหว่างประเทศที่ลดลงอย่างชัดเจนอย่างไรก็ตาม การใช้น้ำมันเครื่องบินปรับตัวเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม 2564 หลังมีการผ่อนคลายมาตรการทางการบิน และนโยบายการเปิดประเทศ การมีวันหยุดยาว และเทศกาลท่องเที่ยว โดยจากข้อมูลรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2565 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน พบว่าน้ำมันเครื่องบินมรการเปลี่ยนแปลงการใช้งาน การผลิต การนำเข้าและการส่งออกลดลงทุกหัวข้อที่ร้อยละ

35.3, 30.4, 90.0, และ 51.3 ตามลำดับ (กรมธุรกิจพลังงาน, ออนไลน์, 2566 ; สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2566, 12-17, 36-38)

แผนภาพที่ 2-12 การจัดหาและการใช้น้ำมันสำเร็จรูปประจำปี 2564

การจัดหาและการใช้น้ำมันสำเร็จรูป

2564	ปริมาณ (พันบาร์เรล/วัน)				เปลี่ยนแปลง (%)			
	การใช้	การผลิต	การนำเข้า	การส่งออก	การใช้	การผลิต	การนำเข้า	การส่งออก
เบนซิน	183	213	12	28	-8.7	-4.9	-51.3	22.8
เบนซิน 95	4	5	-	1	-16.9	-28.5	-	-49.0
แก๊สโซฮอล 91	43	74	-	27	-16.2	-0.8	-	31.0
แก๊สโซฮอล 95	135	134	-	-	-5.7	-5.8	-	-
เบนซินพื้นฐาน	-	-	0	-	-	-		-
ดีเซล	397	464	4	111	-3.8	-2.4	330.1	12.3
น้ำมันก๊าด	0.10	29	-	0.60	-6.5	1.5	-	328.4
น้ำมันเครื่องบิน	31	36	0.25	6	-35.3	-30.4	-90.0	-51.3
น้ำมันเตา	35	92	1.10	52	15.2	12.8	173.9	14.4
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว*	195	181	18	6	6.4	3.2	2.9	-23.6
รวม	840	1,016	35	203	-3.8	-2.1	-22.9	8.9

*รวมการใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ที่มา : รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2564 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2565, หน้า 17

3. เชื้อเพลิงอากาศยาน

จากรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมบริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) เชื้อเพลิงอากาศยานโดยทั่วไปผลิตจากการกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ โดยโรงกลั่นน้ำมันจะมีกระบวนการกลั่นน้ำมัน 4 ขั้นตอนหลัก แสดงในแผนภาพที่ 2-13 กระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมของบริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ได้แก่

1. การกลั่นลำดับส่วน (Fractionation) เป็นการแยก (Separation) โดยอาศัยความแตกต่างของจุดเดือดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแต่ละชนิดที่รวมอยู่ในน้ำมันดิบ โดยน้ำมันจะผ่านความร้อนและส่งเข้าหอกลั่นน้ำมันที่ร้อนจะกลายเป็นไอลอยขึ้นไปบนยอดหอกลั่น และควบแน่นเป็นของเหลวจากนั้นจึงตกลงบนถาดรองรับในแต่ละช่วงของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

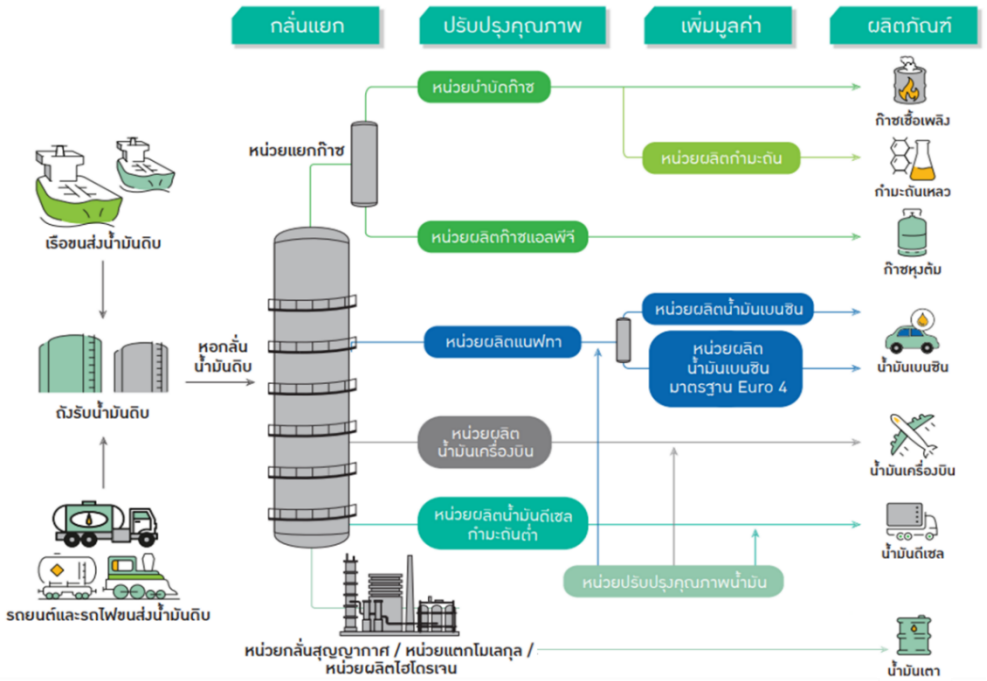
2. การปรับปรุงคุณภาพ (Treating) เป็นขั้นตอนที่จะกำจัดสิ่งเจือปนที่อยู่ในเนื้อน้ำมัน ซึ่งหาไม่ผ่านการปรับปรุงเมื่อนำไปใช้งานแล้วจะมีผลเสียต่ออุปกรณ์หรือสิ่งแวดล้อมหลังจากผ่านกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น กำมะถัน ไนโตรเจน เป็นต้น

3. การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างน้ำมัน (Conversion) เป็นขั้นตอนที่จะทำการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันไปโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีเป็นตัวช่วย เช่น การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างน้ำมันให้มีค่าออกเทนสูงขึ้นหรือการทำให้โมเลกุลของน้ำมันแยกตัวเป็นน้ำมันที่เบาขึ้น

4. การผสมผลิตภัณฑ์ (Blending) เป็นการนำน้ำมันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมกันเพื่อให้มีคุณสมบัติหรือคุณภาพตามที่ต้องการหรือให้ได้ตามข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพน้ำมันของกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน

น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานหลังจากผ่านขั้นตอนกลั่นลำดับส่วน (Fractionation) แล้วจะถูกส่งไปยังหน่วยปรับปรุงคุณภาพแคโรซีน (Kerosene Treating Unit : KTU) มีหน้าที่ปรับปรุงและกำจัดกำมะถันในเนื้อน้ำมัน ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะและมีกลิ่นที่เหม็น ให้เหลือน้อยที่สุด หลังจากนั้นจะมีการกำจัดน้ำที่ติดอยู่ในเนื้อน้ำมันเนื่องจากหากมีน้ำอยู่ภายในเนื้อน้ำมันอาจจะก่อให้เกิดการแข็งตัวของน้ำในขณะใช้งานในบริเวณอากาศหนาวได้ หลังจากนั้นจะผ่านกระบวนการกรองและดูดซับขั้นสุดท้ายก่อนจะส่งไปยังถังกักเก็บเพื่อจำหน่ายต่อไป (บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) 2565 : 2-71 – 2-99)

แผนภาพที่ 2-13 กระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมของบริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)



ที่มา : บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

4. ประเภทและข้อกำหนดเชื้อเพลิงอากาศยานในประเทศไทย

น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. น้ำมันเบนซินอากาศยาน (Aviation Gasoline) สำหรับใช้งานกับอากาศยานที่ทำงานด้วยเครื่องยนต์ลูกสูบ หรือน้ำมันเบนซินเครื่องบินใบพัด น้ำมันดังกล่าวมีสารไฮโดรคาร์บอนอยู่ในช่วงการกลั่นเดียวกับน้ำมันเบนซินซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือ ไอโซออกเทน (Isooctane) โดยจะต้องกำจัดสารที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างเช่น กำมะถันและต้องจำกัดค่าออกเทนอย่างเข้มงวดเช่น ค่าออกเทนที่ 80, 90 และ 100 โดยเป็นชนิดตะกั่วต่ำหรือ Low Lead ทั้งหมด ซึ่งมาตรฐานหรือข้อกำหนดของน้ำมันขนิดนี้จะอ้างอิงตาม American Society for Testing and Materials (ASTM) 910 และ British Ministry of Defense (DERD) 2475 (การวิจัยและพัฒนาน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานสังเคราะห์, ออนไลน์, 2566)

คุณสมบัติของน้ำมันเบนซินอากาศยาน

- คุณสมบัติความต้านทานการน็อค (Antiknock Properties)

การน็อคเป็นการระเบิดของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ผิดปกติ อัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ผิดปกติส่งผลให้เกิดการลุกติดไฟได้เอวแทนที่การติดไฟจากการจุดระเบิดของหัวเทียน ส่งผลให้เครื่องยนต์เสียหายและสูญเสียกำลังได้ ค่าออกเทนเป็นตัวเลขที่บ่งบอกถึงคุณภาพในการต้านทางการน็อค (Antiknock Quality) หรือความสามารถของน้ำมันที่จะเผาไหม้โดยปราศจากการน็อคในเครื่องยนต์และค่า Performance number (PN) คือค่าออกเทนของเชื้อเพลิงที่เกิน 100 เช่น ค่าออกเทน 130 หมายถึง เครื่องยนต์แบบซุปเปอร์ชาร์จสามารถผลิตกำลังได้มากกว่า 130% หรือ 1.3 เท่าของน้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทน 100 โดยเครื่องยนต์ไม่น็อค

- การระเหย (Volatility)

ความสามารถในการระเหยของเชื้อเพลิงมีผลต่อการทำงานของเครื่องบินในขั้นตอนการติดเครื่องยนต์ได้ง่าย อุ่นเครื่องเร็ว เพิ่มความสามารถในการกระจายของไอน้ำมันเชื้อเพลิง แต่ต้องมีระเหยมากเกินไปจนเกิด Vapor Lock ซึ่งจะส่งผลเสียต่อเครื่องยนต์ให้สะดุด สูญเสียกำลัง แต่การระเหยจะต้องไม่น้อยเกิดจนทำให้เกิด การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

- ความดันไอ (Vapor Pressure)

ค่าความดันไอจะสอดคล้องกับค่าการระเหย โดยที่การระเหยตัวได้ง่ายจะส่งผลให้ค่าความดันไอสูงตามไปด้วย ซึ่งจะช่วยให้เครื่องยนต์ติดง่าย ค่าความดันไอจึงต้องถูกกำหนดไว้ในช่วงใดช่วงหนึ่งที่เหมาะสม ดังนั้น น้ำมันเบนซินอากาศยานจึงกำหนดความดันไอเอาไว้ทั้งระดับสูงสุด (Maximum) และต่ำสุด (Minimum)

- ความคงตัว (Stability)

น้ำมันอากาศยานจะต้องมีคุณสมบัติที่คงตัวต่อการจัดเก็บเป็นระยะเวลายาวนานในทุกสภาพอากาศ เนื่องจากน้ำมันที่ไม่มีความคงตัวจะเกิดการก่อตัวของสารพอลิเมอร์ (Polymer) จากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) ทำให้เกิดเป็นของแข็งที่มีลักษณะคล้ายยาง เรียกว่ายางเหนียว (Gum) อาจเกิดการสะสมในระบบลำเลียงน้ำมัน หรืออุปกรณ์ภายในระบบ

- ปริมาณสารตะกั่ว (Lead Content)

สารตะกั่วโดยส่วนใหญ่จะเป็น Tetraethyl Lead (TEL) ซึ่งเป็นสารประกอบที่อยู่ในรูปขอของเหลวซึ่งจะเติมในน้ำมันเบนซินอากาศยานเพื่อป้องกันการเกิดน็อค (Antiknock)

- สี (Color, Dyes)

สีที่แสดงในเนื้อน้ำมันเบนซินอากาศยานนั้นเป็นสีที่เกิดจากการเติมสีเข้าไปเพื่อเป็นการแสดงถึงชนิดของน้ำมันแต่ละประเภทน้ำมันไม่ให้เกิดความสับสนในการใช้งานนอกจากนี้ สี

อาจจะใช้เพื่อแสดงถึงคุณภาพหรือความสะอาดของผลิตภัณฑ์ได้ เมื่อผู้ใช้งานทราบถึงสีของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

- จุดเยือกแข็ง (Freezing Point)

จุดเยือกแข็งของน้ำมันอากาศยานเป็นสิ่งที่สำคัญ กำหนดเพื่อป้องกันการก่อตัวเป็นน้ำแข็งของน้ำมันอากาศยานเนื่องจากเมื่ออากาศยานส่วนมากใช้งานบนเพดานบินที่สูงส่งผลให้อุณหภูมินพื้นที่ดังกล่าวลดลงอาจทำให้เกิดการแข็งตัวของน้ำมันและอุดตันทางเดินน้ำมันได้ (ร.อ.มณฑียร เครียดธฤมาล, 2548 : 6-11)

เนื่องจากระบบเครื่องยนต์เครื่องบินใบพัดมีลักษณะคล้ายกับรถยนต์เครื่องยนต์เบนซิน แต่คุณสมบัติของน้ำมันประเภทนี้จะดีกว่า คือมีความบริสุทธิ์มากกว่าตามที่เลขออกเทนจะต้องมีค่าสูงกว่าเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ในสภาวะอุณหภูมิและความดันเปลี่ยนแปลงโดยมีคุณสมบัติตามตารางที่ 2-1 และ 2-2 (ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์., 2563: 3-6)

ตารางที่ 2-1 แสดงคุณสมบัติน้ำมันเบนซินอากาศยานแบ่งตามค่าออกเทนของน้ำมัน

คุณสมบัติ	Octane 80	Octane 100	Octane 100 Low Lead	ASTM Test Method
Knock value, Octane number, Lean rating	80	100	100	D2700
Knock value, Min, Rich rating: Minimum octane number Minimum performance number	87	 130	 130	 D907 D909
Color	Red	Green	Blue	D2392
Dye content Permissible blue dye, max,mg/gal Permissible yellow dye, max,mg/gal Permissible red dye, max,mg/gal	 0.5 None 8.65	 4.7 5.9 None	 5.7 None None	
Tetraethyllead, max,ml/gal	0.5	4.0	2.0	D2599 or D03241

ที่มา : An American National Standard, EDT 2554

ตารางที่ 2-2 แสดงคุณสมบัติน้ำมันเบนซินอากาศยาน

คุณสมบัติ	ค่าคุณสมบัติ	ASTM Test Method
Distillation temperature, °F (°C)		D86
10% evaporated, max temp	167 (75)	
40% evaporated, max temp	167 (75)	
50% evaporated, max temp	221 (105)	
90% evaporated, max temp	275 (135)	
Final boiling point max, °F (°C)	338 (170)	
Sum of 10 and 50% evaporated, max temperature, min °F (°C)	307 (135)	
Distillation recovery, min, %	97	
Distillation residue, max, %	1.5	
Distillation loss, max, %	1.5	
Net heat of combustion, min, Btu/lb	18720	D1405 or D3338
Vapor pressure		
Min, psi(kPa)	5.5 (38)	D323 or D2551
Max, psi(kPa)	7.0 (49)	D323 or D2551
Copper strip corrosion, max	No.1	D130
Potential gum (5-h aging gum), max, mg/100ml	6	D873
Visible lead precipitate, max, mg/100ml	3	D873
Sulfur, wt. max, %	0.05	D1266 or D2622
Freezing point, max, °F (°C)	-72 (-58)	D2386
Water reaction, volume change	Not to exceed ±2 ml	D1094
Permissible antioxidant, max, lb/1000 bbl (42gal)	4.2	

ที่มา : An American National Standard, EDT 2554

2. น้ำมันอากาศยานเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ (Aviation Turbine Fuels) สำหรับใช้งานกับอากาศยานที่ทำงานด้วยเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ หรือ น้ำมันเครื่องบินไอพ่น ใช้กับเครื่องบินที่ใช้เครื่องยนต์กังหัน (Turbine) ซึ่งมีหลักการทำงานแตกต่างจากเครื่องยนต์ในเครื่องบินใบพัด จึงไม่ต้องการเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพ ต้านทานการน็อค แต่จะต้องสะอาด บริสุทธิ์ และเผาไหม้ได้ดีในอุณหภูมิต่ำ นอกจากนั้นต้องมีความคงตัวสูง (Stability) เพื่อไม่ให้น้ำมันสลายตัวหรือเสื่อมระหว่างเก็บในถังหรือใช้งาน น้ำมันเครื่องบินไอพ่นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ (ร.อ.มณฑียร เครัยดธฤมาล, 2548 : 9)

น้ำมันเครื่องบินไอพ่นเพื่อการพาณิชย์ (Jet A-1, Jet A, Jet B, TS-1) มีช่วงการกลั่นหรือองค์ประกอบใกล้เคียงกับน้ำมันก๊าด มีลักษณะใสไม่มีสี โดยมีจุดสำคัญระหว่าง Jet A และ Jet A-1 คือ Jet A-1 มีจุด Freezing Point ที่ต่ำกว่า ทำให้สามารถใช้ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิได้ต่ำกว่า Jet-A และ Jet-B อีกทั้งยังมีความไวไฟที่มากกว่าส่งผลให้ต้องระมัดระวังในการใช้งานมากกว่า ปกติใช้กับเครื่องบินพาณิชย์ของสายการบินทั่วไป มีมาตรฐานกำหนดเป็นไปตาม British Ministry of Defence Standard DEF STAN 91-091 และบางกลุ่มสายการบินกลุ่มผู้ผลิตเครื่องยนต์และกลุ่มอุตสาหกรรมอาจใช้ข้อกำหนดตาม ASTM Standard Specification D 1655 ตัวอย่างของข้อกำหนดคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานเชิงพาณิชย์ตามตาราง 3x (ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์., 2563: 3-4)

น้ำมันเครื่องบินไอพ่นทหาร (JP-4, JP – 8 เป็นต้น) จะต้องใช้ตามข้อกำหนดเฉพาะของ US Military Standard MIL-DTL-83133 โดยใช้ในกิจกรรมของทหาร เช่น เครื่องบินขับไล่ซึ่งต้องการช่วงอุณหภูมิจุดเดือดกว้าง เป็นน้ำมันที่อยู่กึ่งๆ หรือผสมกันระหว่างน้ำมันเบนซินกับน้ำมันก๊าด โดยใช้เชื้อเพลิงที่เรียกว่า JP-4 คุณสมบัติใกล้เคียงกับ Jet B และ JP-5 กับ JP-8 คุณสมบัติใกล้เคียงกับ Jet A-1 แต่เติมสารป้องกันสนิม (corrosion) และเติมสารป้องกันน้ำแข็ง (anti-icing) เพิ่มเติมลงไป (ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์., 2563: 3-4; ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ออนไลน์, 2566)

คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์

1. คุณภาพการเผาไหม้ (Combustion Quality)
2. ค่าความร้อน (Heat Content)
3. ความคงตัว (Stability)
4. อัตราการระเหย (Volatility)
5. ความสะอาด (Cleanliness)

เชื้อเพลิงอากาศยานในเชิงพาณิชย์สามารถเทียบกับเชื้อเพลิงอากาศยานทางทหารได้ตามตารางที่ 2-3 และตารางที่ 2-4 ที่เปรียบเทียบคุณสมบัติข้อกำหนดของเชื้อเพลิงอากาศยานเชิงพาณิชย์และเชื้อเพลิงอากาศยานทางทหาร (ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์., 2563: 3-4)

ตารางที่ 2-3 ตารางแสดงข้อกำหนดคุณสมบัติเชื้อเพลิงอากาศยานเชิงพาณิชย์

Fuel	Jet A	Jet A-1	TS-1	Jet B
Specification	**ASTM D 1655**	**DEF STAN 91-91**	**GOST 10227**	**CGSB-3.22**
Acidity, mg KOH/g	25	25	22 (%mass)	25
Sulfur, mass%	0.30	0.30	0.25	0.40
Sulfur, mercaptan, mass%	0.003	0.003	0.005	0.003
Distillation temperature, °C				
Initial boiling point	-	Report	150	Report
10% recovered, max	205	205	165	Report
50% recovered, max	Report	Report	195	Min 123 max
90% recovered, max	Report	Report	230	190
End point	300	300	250	Report 270
Vapor pressure, kPa, max	-	-	-	21
Flash point, °C, min	38	38	28	-
Density, 15°C, kg/m3	775-840	775-840	Min 744@20 °C	750-801
Freezing point, °C, max	-40	-47	-50 Chilling point	-51
Viscosity, -20°C, mm2/sec, max	8	8	8 @-40°C	-
Net heat of combustion, MJ/kg, min	42.8	42.8	42.9	42.8
Smoke point, mm, min	18	19	25	20
Naphthalenes, vol%, max	3	3	-	3
Copper corrosion, 2 hr@ 100 °C, max rating	No.1	No.1	Pass (3 hr@100°C)	No.1
Thermal stability				
Filter pressure drop, mm Hg, max	25	25	-	25
Visual tube rating, max	<3	<3	-	<3
Static test 4hr@150 °C mg/100 ml, max	-	-	18	-
Existent gum, mg/100ml, max	7	7	5	-

ที่มา : Fuel Properties-Effect on Aircraft and Infrastructure, American Petroleum Institute/National Petrochemical & Refiners Association Aviation Fuel Properties Survey

ตารางที่ 2-4 เปรียบเทียบน้ำมันอากาศยานเชิงพาณิชย์กับน้ำมันอากาศยานทางทหาร

Military Grade	Commercial Grade
JP-1	-
JP-2	-
JP-3	-
JP-4	Jet B
JP-5	Jet A
JP-7	-
JP-8	Jet A-1

ที่มา : Aviation Turbine Fuels, Boeing, 2545

ตารางที่ 2-5 เปรียบเทียบคุณสมบัติข้อกำหนดของเชื้อเพลิงอากาศยานเชิงพาณิชย์และเชื้อเพลิงอากาศยานทางทหาร

Fuel	JET A-1				JP-8
Specification	ASTM D1655-04a	IATA	Def Stan 91-91	ASTM D7566	MIL-DTL-83133E
Acidity, total (mg KOH/g), max	0.1	0.015	0.012	0.1	0.015
Aromatic (vol%), max	25	25	25	25, (8 min)	25
Sulphur, total (wt%), max	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Distillation temperature, °C					
10% recovery, max	205	205	205	205	205
20% recovery	-	-	-	-	-
50% recovery	-	-	-	- (15, min)	-
90% recovery	-	-	-	- (40, min)	-
Final boiler point, °C, max	300	300	300	300	300
Flash point, °C, min	38	38	38	38	38

ตารางที่ 2-5 (ต่อ) เปรียบเทียบคุณสมบัติข้อกำหนดของเชื้อเพลิงอากาศยานเชิงพาณิชย์และเชื้อเพลิงอากาศยานทางทหาร

Fuel	JET A-1				JP-8
Specification	ASTM D1655-04a	IATA	Def Stan 91-91	ASTM D7566	MIL-DTL-83133E
Viscosity @-20°C (cSt), max	8	8	8	8	8
Net heat of combustion (MJ/kg), min	42.8	42.8	42.8	42.8	42.8
Density @15°C (kg/m3)	775-840	775-840	775-840	775-840	775-840

ที่มา : รวบรวมข้อมูลจาก British Ministry of Defence (DERD), ASTM D1655,U.S.Department of Defense (U.S.MIL) และ MIL-DTL-83133

สถานการณ์และนโยบายภาวะโลกร้อนทั้งในประเทศและต่างประเทศ

ในสถานการณ์ปัจจุบันได้มีการตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นสถาการณ์ที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ความตกลงปารีส (Paris Agreement) ที่ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเกิดขึ้นจากการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหระชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ 21 หรือ Conference of the Parties (COP 21) จัดขึ้นที่กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส จัดขึ้นในวันที่ 12 ธันวาคม 2558 เป็นความตกลงตามกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) ซึ่งมีกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มุ่งเน้นให้มีการทำข้อตกลงใหม่เหนือพิธีสารเกียวโต เพื่อให้มีผลครอบคลุมกลุ่มประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก ๆ ของโลก (Green Network, ออนไลน์, 2566)

สาระสำคัญของความตกลงปารีส เป็นการจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในศตวรรษนี้ให้ต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส โดยเทียบกับยุคก่อนอุตสาหกรรม และมากไปกว่านั้นได้กำหนดเป้าหมายที่จะพยายามรักษาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกไม่ให้เกิน 1.5 องศาเซลเซียส โดยว่าด้วยการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีนวัตกรรมหรือรูปแบบการดำเนินการให้กับประเทศที่กำลังพัฒนา รวมถึงการ

ส่งเสริมทางการเงิน เป็นต้น โดยประเทศภาคีต้องมีการดำเนินการข้อเสนอการดำเนินการ Nationally Determined Contribution (NDC) ของประเทศทุก 5 ปี (Green Network, ออนไลน์, 2566)

โดยประเทศไทยนั้นได้มอบสัตยาบันสารเข้าร่วมความตกลงปารีส เมื่อวันที่ 21 กันยายน 2559 ให้กับนายบัน คีมูน เลขาธิการสหประชาชาติ ณ สำนักงานใหญ่สหประชาชาติ ในการประชุมสมัชชาสหประชาชาติสมัยสามัญ ครั้งที่ 71 ที่นครนิวยอร์ก สหรัฐอเมริกา ทั้งนี้ประเทศไทยได้ให้ข้อเสนอการมีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกและแผนการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับประชาคมโลก Nationally Determined Contribution (NDC) โดยกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงให้ได้ร้อยละ 20 – 25 ภายในปี พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030) พร้อมทั้งจัดทำแผนแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564 – 2573 (ค.ศ. 2021 - 2030) (Thailand’s Nationally Determined Contribution Roadmap on Mitigation 2021–2030 หรือ NDC Roadmap on Mitigation 2021–2030) ผ่านมาตรการการลดก๊าซเรือนกระจกแต่ละด้านประกอบด้วย 15 มาตรการ โดยแบ่งออกเป็น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 1-5)

- มาตรการในสาขาพลังงานและการขนส่ง 9 มาตรการ
  1. มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า
  2. มาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน
  3. มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในครัวเรือน
  4. มาตรการใช้พลังงานทดแทนในครัวเรือน
  5. มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร
  6. มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอุตสาหกรรม
  7. มาตรการใช้พลังงานทดแทนในอุตสาหกรรม
  8. มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการคมนาคมขนส่ง
  9. มาตรการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับยานพาหนะ
- มาตรการในสาขาการจัดการขยะและการจัดการน้ำเสีย 4 มาตรการ
  1. มาตรการลดปริมาณขยะ เช่น การลดอัตราการเกิดขยะ การเพิ่มการรีไซเคิล
  2. มาตรการเพิ่มการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมด้วยการนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์
  3. มาตรการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรมอื่น ๆ

4. มาตรการจัดการน้ำเสียชุมชน

- มาตรการในสาขากระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ 2 มาตรการ
  1. มาตรการทดแทนปูนเม็ด
  2. มาตรการทดแทน/ปรับเปลี่ยนสารทำความเย็น

(สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 31-34)

แผนภาพที่ 2-14 นโยบายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ออนไลน์, 2566

ตามกรอบแผนที่ประเทศไทยได้กำหนดไว้ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยภายหลังปี พ.ศ. 2563 (พ.ศ. 2563 - 2573) จะต้องดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกที่ 115.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าผ่านมาตรการทั้ง 15 มาตรการจาก 3 สาขา (สาขาพลังงานและขนส่ง , สาขาการจัดการของเสีย, สาขากระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์) โดยมีศักยภาพในการลดตามตารางที่ 2-6 สรุปศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยตามรายสาขาและมาตรการ

ตารางที่ 2-6 สรุปศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยตามรายสาขาและมาตรการ

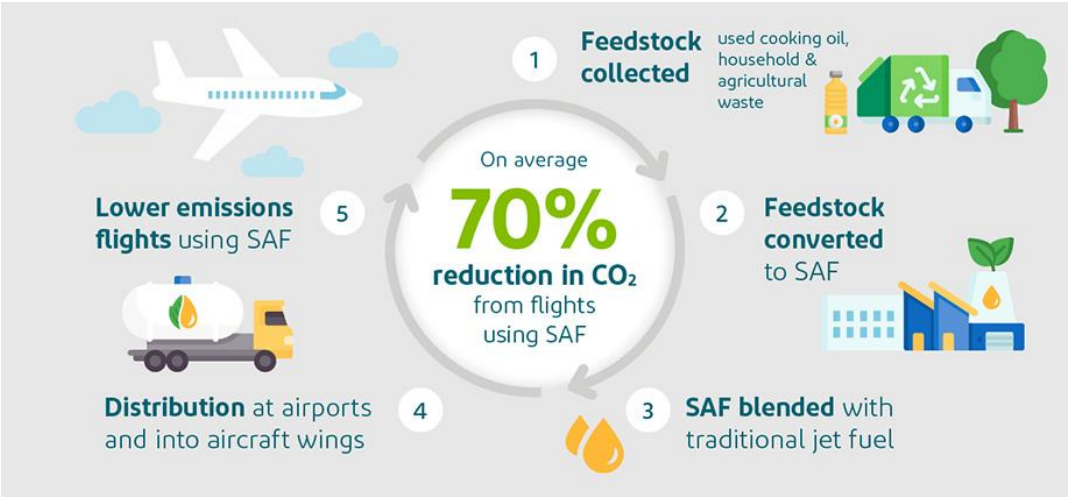
รายละเอียด	ศักย์ภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก (Mt-CO2eq)
	พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030)
สาขาพลังงานและขนส่ง	113.00
1. มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า	6.00
2. มาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน	18.00
3. มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในครัวเรือน	4.00
4. มาตรการใช้พลังงานทดแทนในครัวเรือน	
5. มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร	1.00
6. มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอุตสาหกรรม	11.00
7. มาตรการใช้พลังงานทดแทนในอุตสาหกรรม	32.00
8. มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการคมนาคมขนส่ง	31.00
9. มาตรการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับยานพาหนะ	10.00
สาขาจัดการของเสีย	2.00
10. มาตรการลดปริมาณขยะ เช่น การลดอัตราการเกิดขยะ การเพิ่มการรีไซเคิล และการนำกลับมาใช้ใหม่	1.30
11. มาตรการเพิ่มการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมด้วยการนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์	0.70
12. มาตรการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรมอื่น ๆ	
13. มาตรการจัดการน้ำเสียชุมชน	
สาขากระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์	0.60
14. มาตรการทดแทนปูนเม็ด	0.30
15. มาตรการทดแทน/ปรับเปลี่ยนสารทำความเย็น	0.30

ที่มา : แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2564 – 2573, สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จากมาตรการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับยานพาหนะนั้นการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานถือว่าเป็นหนึ่งในตัวเลือกที่ส่งถึงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย เนื่องจากน้ำมันอากาศยานยั่งยืนที่มีคุณสมบัติทางเคมีที่คล้ายคลึงกับน้ำมันอากาศยานที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน ได้แก่ น้ำมันทำอาหารที่ใช้แล้ว ไขมันจากสัตว์ ของเสียจากการเกษตรและขยะเทศบาล เช่น บรรจุภัณฑ์ และเศษอาหาร แทนที่จะนำไปฝังกลบหรือเผาทิ้ง จึงทำให้มีความสามารถที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากถึงร้อยละ

70 - 80 หากคำนวนตลอดทั้งวัฏจักรเมื่อเทียบกับน้ำมันอากาศยานแบบดั้งเดิมโดยปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ วิธีการผลิต (กระบวนการกลั่น) และการขนส่งในขั้นตอนต่าง ๆ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 1-5 : Tom Otley, ออนไลน์, 2565)

แผนภาพที่ 2-15 วัฏจักรชีวิตของน้ำมันอากาศยานเชื้อเพลิงยั่งยืน



ที่มา : Aer Lingus signs deal for Sustainable Aviation Fuel (SAF) supply, ออนไลน์, 2566

และจากการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ 26 หรือ Conference of the Parties (COP 26) จัดขึ้นที่กรุงกลาสโกว์ ประเทศสกอตแลนด์ วันที่ 31 ต.ค. 2564 – 12 พ.ย. 2564 ได้มีการประกาศเป้าหมายที่ต้องบรรลุใน 4 เป้าหมาย (Thaipublica, Online, 2566)

1. ต้องทำให้การปล่อยมลพิษสุทธิทั่วโลกเป็นศูนย์ภายในปี พ.ศ. 2593 (ค.ศ. 2050) และรักษาระดับอุณหภูมิไว้ที่ 1.5 องศาเซลเซียส โดยประเทศต่าง ๆ จะต้องนำเสนอแผนการที่จะช่วยยกเลิกการใช้ถ่านหินในการผลิตพลังงาน เพิ่มการใช้พลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้น มุ่งเน้นให้เปลี่ยนมาใช้รถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า และการควบคุมการตัดไม้ทำลายป่า

2. การป้องกันชุมชนและธรรมชาติ รวมไปถึงระบบนิเวศต้องได้รับการฟื้นฟูในพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายและจะต้องดำเนินการป้องกันระบบนิเวศจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น น้ำท่วม ภัยแล้ง ไฟไหม้ หรืออื่น ๆ

3. การให้ความช่วยเหลือประเทศที่กำลังพัฒนาจากประเทศที่พัฒนาแล้วจะต้องดำเนินการตามคำมั่นสัญญาที่เคยได้มอบไว้ เพื่อให้ประเทศที่กำลังพัฒนาได้ดำเนินการสู่เป้าหมายการปล่อยมลพิษสุทธิทั่วโลกเป็นศูนย์

4. การทำงานร่วมกัน การที่จะเร่งการดำเนินการได้นั้นจำเป็นต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของภาครัฐบาล ธุรกิจ ภาคเอกชนและประชาสังคม

นโยบายการลดภาวะโลกร้อนในอุตสาหกรรมการบินทั้งในประเทศและต่างประเทศ

ทั่วโลกได้มีเป้าหมายตามความตกลงปารีส (Paris Agreement) ในการมุ่งสู่การปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์สุทธิภายในปี พ.ศ. 2593 (Net Zero 2050) เพื่อควบคุมให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส โดยทางองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization, ICAO) ซึ่งมีประเทศสมาชิกกว่า 193 ประเทศ ได้กำหนดนโยบายพัฒนาและปรับปรุงมาตรฐานและแนวทางปฏิบัติที่แนะนำ (Standards and Recommended Practices, SARPs) เกี่ยวกับการปล่อยมลพิษจากภาคการบิน เพื่อตอบสนองต่อเป้าหมายดังกล่าว และมีการตั้งเป้าหมาย โดยมี 2 เป้าหมายหลัก ได้แก่ 1.) การปรับปรุงประสิทธิภาพของการใช้เชื้อเพลิงร้อยละ 2 ต่อปีจนกระทั่งปี 2593 และ 2.) การรักษาเสถียรภาพการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ที่ระดับการปล่อยในปี 2563 (carbon neutral growth from 2020)

จึงได้จัดทำมาตรการในการบรรลุเป้าหมาย 4 มาตรการ คือ

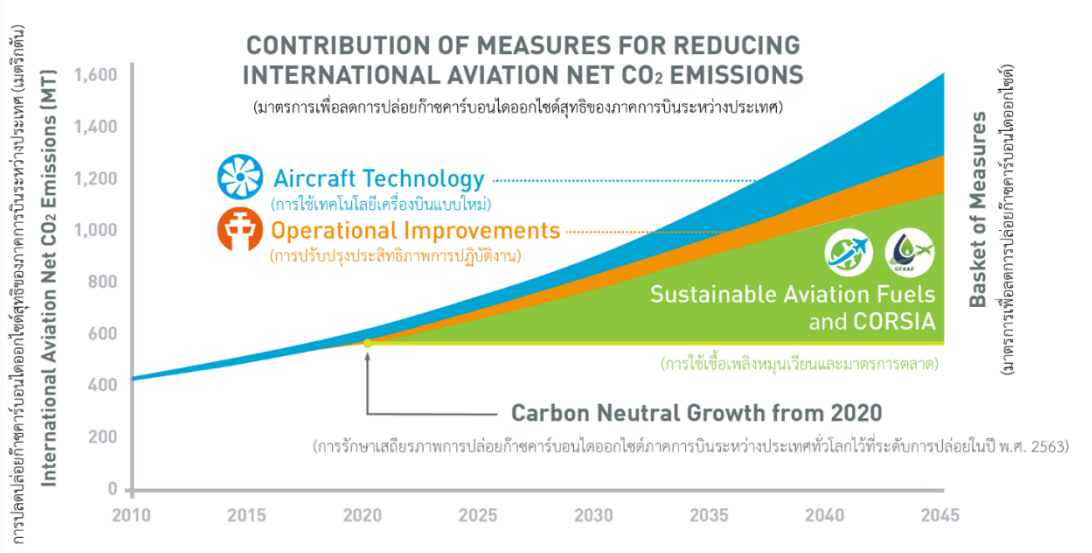
1. การใช้เทคโนโลยีเครื่องบินแบบใหม่ (Aircraft Technology)
2. การปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงาน (Operational Improvements)
3. การใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน(Sustainable Aviation Fuels)
4. มาตรการตลาด (Market-Based Measures – MBM)

โดยจัดตั้งแผนการลดและชดเชยการปล่อยคาร์บอนสำหรับธุรกิจการบิน (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA) เป็นตัวชี้วัดด้านมาตรการตลาด (Climate Change, Online, 2023)

รวมถึง ICAO มีการดำเนินการตามมาตรการต่าง ๆ เช่น การปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องบินแบบใหม่ การปรับปรุงประวิทธิภาพการดำเนินงาน การใช้เชื้อเพลิงอากาศยาน

ยั่งยืนและมาตรการตลาด เป็นต้น ซึ่งประเทศสมาชิกของ ICAO กว่า 193 ประเทศนั้นได้นำหลักการตามมาตรการของ ICAO ไปประยุกต์ใช้ในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคอุตสาหกรรมการบิน (Resolution A40-18: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection - Climate change, Online, 2023) ดังแสดงในแผนภาพ ที่ 2-16 มาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิของภาคการบินระหว่างประเทศ

แผนภาพที่ 2-16 มาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิของภาคการบินระหว่างประเทศ

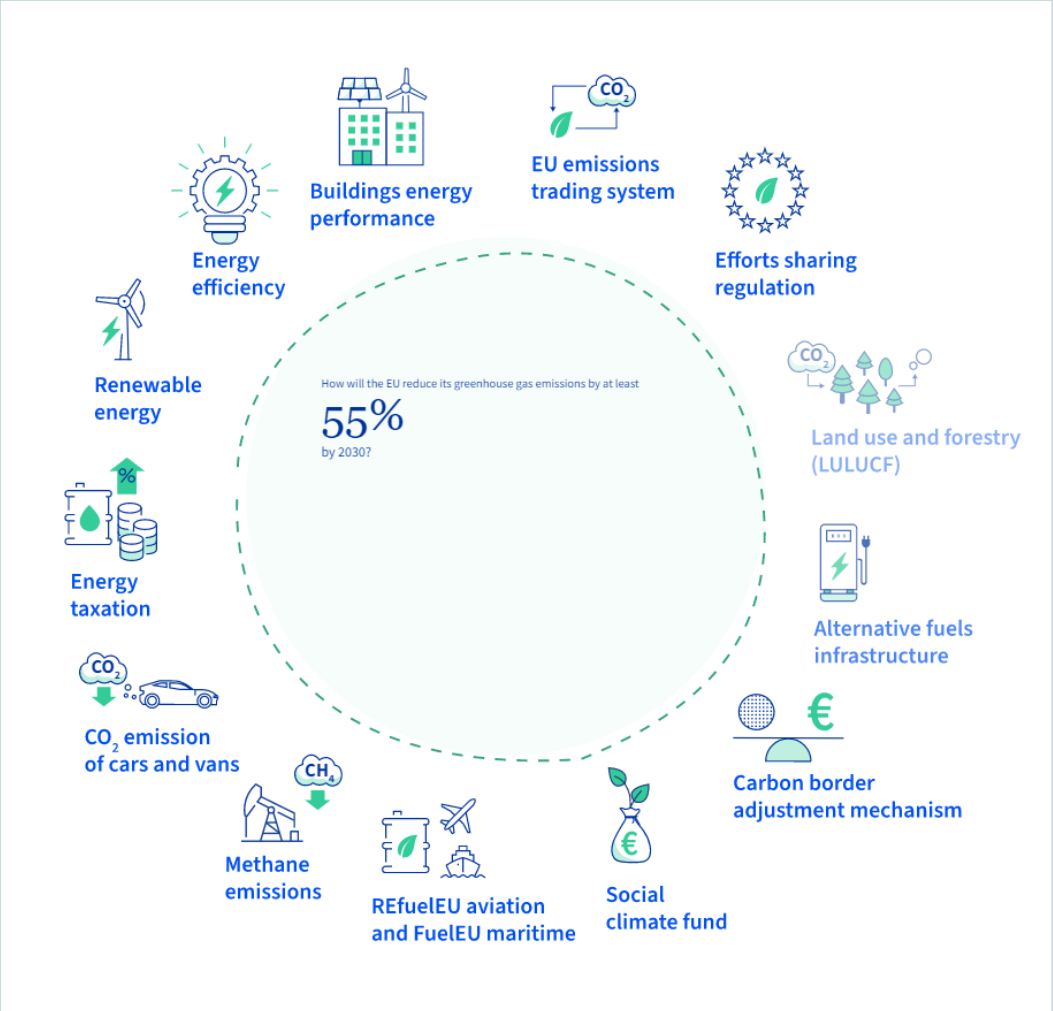


ที่มา: Climate Change, Online, 2023

1. นโยบายการลดภาวะโลกร้อนในอุตสาหกรรมการบินต่างประเทศ

สหภาพยุโรปมีการตอบสนองต่อเป้าหมายของโลก โดยออกนโยบาย ‘Fit for 55’ ในการจัดการเพื่อลดการปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรมในสหภาพยุโรปให้ได้ร้อยละ 55 ภายในปีพ.ศ. 2573 (European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions, Online, 2023) โดยประกอบด้วยหลากหลายมาตรการ ซึ่งมาตรการทางด้านอุตสาหกรรมการบินเป็นหนึ่งในมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสหภาพยุโรป ดังแสดงในแผนภาพที่ 2-17 นโยบายในด้านต่าง ๆ ภายใต้นโยบาย ‘Fit for 55’

แผนภาพที่ 2-17 นโยบายในด้านต่าง ๆ ภายใต้นโยบาย ‘Fit for 55’



ที่มา: Fit for 55, Online, 2023

นอกจากนี้ สหภาพยุโรปมีการนำระบบการซื้อขายใบอนุญาตปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading Scheme: ETS) มาเป็นนโยบายและเครื่องมือที่สำคัญต่อการรับมือต่อความเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อีกทั้งยังเป็นตลาดคาร์บอน (Carbon Market) ที่สำคัญและใหญ่แห่งหนึ่งของโลก ทั้งนี้ได้มีการนำระบบ ETS มาปรับใช้สำหรับการจัดการคาร์บอนในภาคอุตสาหกรรมการบินและนำมาตรการตลาดจากมาตรการตลาด (CORSIA) ของ ICAO มาประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับการดำเนินงานของสหภาพยุโรป โดยระบบการซื้อขายใบอนุญาตปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสหภาพยุโรป (European Union Emission Trading Scheme: EU ETS) ใช้ในประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรป รวมถึงประเทศไอซ์แลนด์ ราชรัฐลิกเตนสไตน์ และประเทศนอร์เวย์ รวมถึงมีการใช้

มาตรการด้านการดำเนินงาน (operational measures) เช่น การปรับปรุงและปรับปรุงเทคโนโลยี ขั้นตอน และระบบการจัดการจราจรทางอากาศให้ทันสมัย เป็นต้น (Reducing emissions from aviation, Online, 2023)

เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (Sustainable Aviation Fuel: SAF) ยังเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญของ CORSIA เพื่อบรรลุเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอุตสาหกรรมการบิน โดยในปัจจุบันมีหลากหลายภูมิภาคได้ทำการกำหนดนโยบายเพื่อส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน รวม 26 นโยบาย ดังแสดงในตารางที่ 2-7 นโยบายส่งเสริมการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (SAF) ของแต่ละภูมิภาค

ตารางที่ 2-7 นโยบายส่งเสริมการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (SAF) ของแต่ละภูมิภาค

ภูมิภาค	นโยบาย	รายละเอียด
สหรัฐอเมริกา	Invest in Illinois Act	รัฐอิลลินอยส์กำหนดให้เครดิตของภาษีสำหรับการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพ (SAF) 1.50 ดอลลาห์ต่อแกลลอน สำหรับเครื่องบินที่ใช้ภายในรัฐ ซึ่งเครดิตของเชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพที่ใช้ก่อนวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2571 ต้องผลิตจากพลังงานหมุนเวียน เช่น ชีวมวล ของเสีย พลังงานหมุนเวียน หรือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น และเครดิตของภาษีดังกล่าวสามารถใช้ได้ถึงวันที่ 1 มกราคม 2576
อินเดีย*		กำหนดสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพภายใต้การพิจารณา
ญี่ปุ่น*		รัฐบาลญี่ปุ่นอยู่ระหว่างการขอความคิดเห็นจากประชาชนของร่างนโยบายของอุตสาหกรรมการบินและการกำหนดให้สายการบินใช้เชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพ
จีน	China Civil Aviation Green Development Policy and Action	มีเป้าหมายการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพ 50,000 ตันภายในปี 2568

ตารางที่ 2-7 (ต่อ) นโยบายส่งเสริมการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (SAF) ของแต่ละภูมิภาค

ภูมิภาค	นโยบาย	รายละเอียด
สหรัฐอเมริกา	Inflation Reduction Act (SAF blenders tax credit)	สำหรับเชื้อเพลิงที่มีการลดก๊าซเรือนกระจก (GHG) ในวงจรชีวิตอย่างน้อยร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอากาศยานทั่วไป กำหนดให้เครดิตในการขายเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน 1.25 ดอลลาห์ต่อแกลลอน โดยเครดิตมีอายุสองปีเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม และจะเพิ่มขึ้นเป็น 1.75 ดอลลาร์ต่อแกลลอนในระดับที่เลื่อนขึ้นตามเปอร์เซ็นต์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดอายุการใช้งานที่ลดลงเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ปี 2568 SAF จะมีสิทธิ์ได้รับเครดิตสูงถึง $1.75 ต่อแกลลอนภายใต้เครดิตการผลิตเชื้อเพลิงสะอาดใหม่ (CFPC) เครดิตดังกล่าวถูกกำหนดให้หมดอายุในสิ้นปี 2570
สหราชอาณาจักร	Jet Zero Strategy	เพิ่มการสนับสนุนสำหรับเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน โดยสร้างความต้องการของน้ำมันอากาศยานยั่งยืนที่มั่นคงและเพิ่มขึ้นในสหราชอาณาจักรผ่านการกำหนดใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ซึ่งจะต้องผลิตเชื้อเพลิงเครื่องบินอย่างน้อย 10% จากแหล่งที่ยั่งยืนภายในปี 2573 และเริ่มต้นอุตสาหกรรมอากาศยานยั่งยืนในประเทศ
บราซิล*	Brazil	เริ่มบังคับใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในเดือนมกราคม 2570 โดยที่บราซิลจะกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยมลพิษของสายการบิน ร้อยละ 1 ของการปล่อยทั้งหมดในปี 2569
เดนมาร์ก*		เดนมาร์กตั้งเป้าหมายปลอดเชื้อเพลิงฟอสซิลในปี 2573 สำหรับเที่ยวบินภายในประเทศ
บราซิล	National Biokerosene Programme	กำหนดให้หน่วยงานและสถาบันของรัฐบาลกลางจัดหาทรัพยากรให้กับโครงการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน
ภูมิภาค (สหภาพยุโรป)*	ReFuelEU	กำหนดให้ใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน โดยเริ่มที่ ร้อยละ 2 ในปี 2568 ไปจนถึง น้อยละ 63 ในปี 2593
นิวซีแลนด์*	Sustainable Biofuels Mandate	กำหนดให้ซัพพลายเออร์ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิงในภาคขนส่งตามเปอร์เซ็นต์ที่กำหนดไว้ในแต่ละปี โดยมีผลบังคับใช้กับเชื้อเพลิงการขนส่งทั้งหมด รวมถึงเชื้อเพลิงการบินภายในประเทศ และกำหนดให้เชื้อเพลิงชีวภาพต้องเป็นไปตามเกณฑ์ความยั่งยืน เพื่อรับรองว่าไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิตอาหารหรือความหลากหลายทางชีวภาพของชนพื้นเมือง และต้องจัดทำรายงานประจำปีเพื่อแสดงการปฏิบัติตาม รวมถึงจะมีบทลงโทษหากไม่ปฏิบัติตาม

ตารางที่ 2-7 (ต่อ) นโยบายส่งเสริมการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (SAF) ของแต่ละภูมิภาค

ภูมิภาค	นโยบาย	รายละเอียด
ภูมิภาค (สหภาพยุโรป)*	ReFuelEU	กำหนดให้ใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน โดยเริ่มที่ ร้อยละ 2 ในปี 2568 ไปจนถึง น้อยละ 63 ในปี 2593
นิวซีแลนด์*	Sustainable Biofuels Mandate	กำหนดให้ซัพพลายเออร์ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิงในภาคขนส่งตามเปอร์เซ็นต์ที่กำหนดไว้ในแต่ละปี โดยมีผลบังคับใช้กับเชื้อเพลิงการขนส่งทั้งหมด รวมถึงเชื้อเพลิงการบินภายในประเทศ และกำหนดให้เชื้อเพลิงชีวภาพต้องเป็นไปตามเกณฑ์ความยั่งยืน เพื่อรับรองว่าไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิตอาหารหรือความหลากหลายทางชีวภาพของชนพื้นเมือง และต้องจัดทำรายงานประจำปีเพื่อแสดงการปฏิบัติตาม รวมถึงจะมีบทลงโทษหากไม่ปฏิบัติตาม
สหรัฐอเมริกา*	Sustainable Skies Act	สำหรับทุก ๆ แกลลอนที่ผลิตเชื้อเพลิงการบินที่ยั่งยืน จะได้สิทธิประโยชน์ทางภาษีสูงถึง $2.00
แคนาดา*	Clean Fuel Standard	ผู้ผลิตเชื้อเพลิงจะต้องจัดหาโซลูชั่นที่เป็นนวัตกรรมและตัวเลือกเชื้อเพลิงใหม่ๆ ให้กับผู้บริโภค เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการลดความเข้มข้นของคาร์บอนจากระดับความเข้มข้นในปี 2559 โดยในปี 2565 กำหนดให้ลดความเข้มข้นของคารีบอนเริ่มต้นที่ 2.4 gCO2e/MJ และเพิ่มขึ้นไปที่ 12 gCO2e/MJ ในปี 2573
ฝรั่งเศส*	France	จัดหาเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนให้ได้ ร้อยละ 1 ภายในปี 2565 ร้อยละ 2 ในปี 2568 และร้อยละ 5 ในปี 2573 โดยมุ่งเน้นไปที่วัตถุดิบตั้งต้นขั้นสูง
เยอรมนี*	Germany	กฎหมายสำหรับการลดก๊าซเรือนกระจกและยุทธศาสตร์ไฮโดรเจนแห่งชาติของเยอรมันคาดการณ์ว่าจะมีการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ร้อยละ 2 ในปี 2573
สวีเดน*	Sweden	จากเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนภายในปี 2588 โดยมีกฎหมายสำหรับการลดก๊าซเรือนกระจก ร้อยละ 0.8 ในปี 2564 และเพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 27 ในปี 2573
โปรตุเกส*	Portugal	แผนงานสำหรับความเป็นกลางทางคาร์บอน (RNC2050): แนวทางบูรณาการเพื่อการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคขนส่ง รวมถึงภาคการบิน
สเปน*	Spain	เป้าหมายการจัดหาเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนร้อยละ 2 ในปี 2568 โดยมีโรงกลั่นชีวภาพใหม่หลายแห่งอยู่ระหว่างการวางแผนโดยเน้นเป็นพิเศษเกี่ยวกับของเสียและสารตกค้าง ซึ่งดำเนินภายใต้กฎหมายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ตารางที่ 2-7 (ต่อ) นโยบายส่งเสริมการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (SAF) ของแต่ละภูมิภาค

ภูมิภาค	นโยบาย	รายละเอียด
เนเธอร์แลนด์*	SAF roadmap	แผนงานเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนอยู่ระหว่างการพัฒนาภายใต้การกำหนดอัตราผสมในระดับประเทศหรือสหภาพยุโรป โดยมุ่งเน้นไปที่วัตถุดิบขั้นสูง
แคนาดา (บริติช โคลัมเบีย)*	Renewable & Low Carbon Fuel Requirements Regulation	พิจารณาขยายขอบเขตของ BC-LCFS โดยเพิ่มประเภทเชื้อเพลิง 2 ประเภทเข้าไปด้วย ได้แก่ เชื้อเพลิงอากาศยานและเชื้อเพลิงทางทะเล สำหรับการลดก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิงในภาคการบินและทางทะเล
นอร์เวย์	Norway	กำหนดให้เริ่มใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในสัดส่วนร้อยละ 0.5 โดยเริ่มในปี 2563 และพิจารณาร้อยละ 30 ในปี 2573
ฟินแลนด์*	Finland	บังคับใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเพิ่มขึ้นไปที่ ร้อยละ 30 ในปี 2573 เพื่อให้ประเทศมีความเป็นกลางทางคาร์บอนในปี 2578
สหรัฐอเมริกา (แคลิฟอร์เนีย)	Low Carbon Fuel Standard (LCFS)	ให้เครดิตสำหรับเส้นทางและโครงการเชื้อเพลิง โดยพิจารณาจากความเข้มข้นของคาร์บอน
ICAO (International)	CORSIA	อนุญาตให้สายการบินลดข้อกำหนดของการชดเชยด้วยการใช้เชื้อเพลิงที่เข้าเกณฑ์ของ CORSIA ซึ่งรวมถึงเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนและเชื้อเพลิงอากาศยานคาร์บอนต่ำ
สหราชอาณาจักร	Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO)	ให้รางวัลแก่การผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนด้วยแรงจูงใจทางเศรษฐกิจในรูปแบบเดียวกันกับที่มอบให้กับยานพาหนะบนถนน
อินโดนีเซีย	Indonesia	กำหนดให้ใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนร้อยละ 5 ในปี 2568

*อยู่ระหว่างการพัฒนา (Under Development)

ที่มา: Environmental Policies on Aviation Fuels, Online, 2023

นอกจากการกำหนดนโยบายเพื่อส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ในแต่ละประเทศมีการเริ่มนำเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนมากำหนดสัดส่วนการผสมใช้ร่วมกันกับน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยมีเป้าหมายการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (SAF) ของแต่ละภูมิภาคทั่วโลก ในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอุตสาหกรรมการบิน แสดงดังตารางที่ 2-8 เป้าหมายของภูมิภาคและองค์การการบินในการผสมพลังงานทางเลือก

ตารางที่ 2-8 เป้าหมายของภูมิภาคและองค์การการบินในการผสมพลังงานทางเลือก

ภูมิภาค	องค์กร	เป้าหมาย (ร้อยละ)	กรอบเวลา
ระดับโลก	โบอิ้ง	1	2559
อินโดนีเซีย	รัฐบาลอินโดนีเซีย	2	2559
สหรัฐอเมริกา	องค์การบริหารการบินแห่งชาติ	5	2561
สหภาพยุโรป	คณะกรรมาธิการยุโรป (แนวทางเชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพ)	3-4	2563
กลุ่มประเทศนอร์ดิก	Nordic Initiative for Sustainable Aviation	3-4	2563
เยอรมนี	Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany	10	2568
อิสราเอล	Fuel Choice Initiative (โปรแกรมของรัฐบาลอิสราเอล)	20	2568
สหภาพยุโรป	คณะกรรมาธิการยุโรป (White Paper ภาคขนส่ง)	40	2593
ออสเตรเลีย	Australian Initiative for Sustainable Aviation Fuels	50	2593

ที่มา: Sustainable Aviation Fuels Guide, ICAO Environment, Version2 December 2018, Page 38.

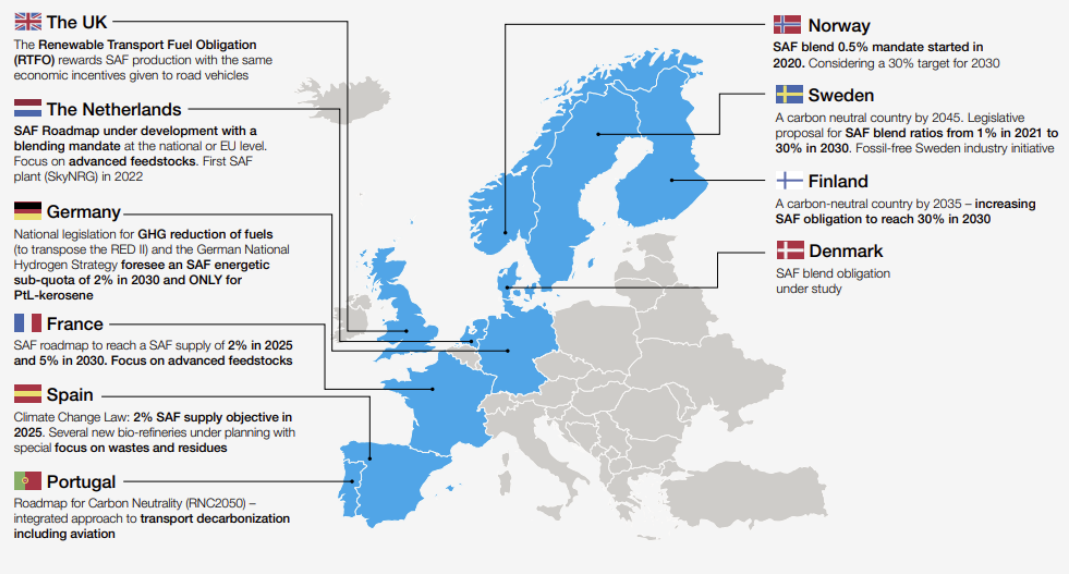
ทั้งนี้ทางสหภาพยุโรปมีการจัดทำแผนการสำหรับเป้าหมายในการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (SAF) ผสมร่วมกันกับน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในอุตสาหกรรมการบินเพื่อลดการปล่อยคาร์บอน ในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีตามนโยบาย ‘Fit for 55’ ดังแสดงในตารางที่ 2-9 สัดส่วนการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (SAF) ในอุตสาหกรรมการบิน รวมถึงในปัจจุบันได้มีการกำหนดอัตราส่วนสำหรับการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนที่แตกต่างกันในประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรป ดังแสดงในแผนภาพที่ 2-18 การกำหนดการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนสำหรับประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรปภายในปี 2573

ตารางที่ 2-9 สัดส่วนการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (SAF) ในอุตสาหกรรมการบิน

ปี พ.ศ.	สัดส่วน SAF
2568	2%
2573	5%
2578	20%
2583	32%
2588	38%
2593	63%

ที่มา: Fit for 55 and ReFuelEU Aviation, Onlne, 2023

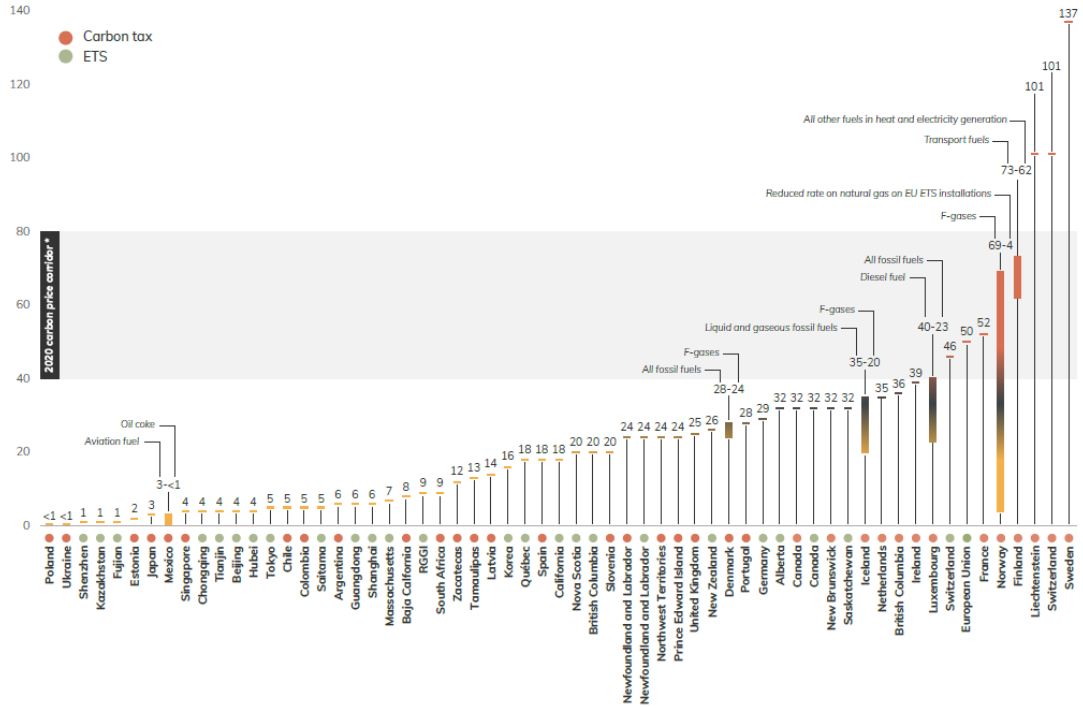
แผนภาพที่ 2-18 การกำหนดการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนสำหรับประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรปภายในปี 2573



ที่มา: Deploying Sustainable Aviation Fuels at Scale in India: A Clean kies or Tomorrow Publication, Online, 2021

นอกจากมาตรการที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ยังมีอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ช่วยผลักดันมาตรการตลาดในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้แก่ ภาษีคาร์บอน (Carbon Tax) ซึ่งเป็นการจัดเก็บภาษีจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมต่าง ๆ โดยมีอัตราภาษีคาร์บอนที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศทั่วโลก ดังแสดงในแผนภาพที่ 2-19 ภาษีคาร์บอนในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกรวมถึงการจัดเก็บภาษีที่แตกต่างกันในประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรป ดังแสดงในตารางที่ 2-10 ภาษีคาร์บอนในประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรป

แผนภาพที่ 2-19 ภาษีคาร์บอนในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก



ที่มา: State and Trends of Carbon Pricing, Online, 2021

ตารางที่ 2-10 ภาษีคาร์บอนในประเทศสมาชิกของสหภาพยุโรป

ประเทศ	อัตราภาษีคาร์บอน (ยูโร, €)	ปีที่ดำเนินการ
ประเทศออสเตรีย	30.00	2565
ประเทศเดนมาร์ก	24.04	2535
ประเทศเอสโตเนีย	2.00	2543
ประเทศฟินแลนด์	76.00	2533
ประเทศฝรั่งเศส	45.00	2557
ประเทศไอซ์แลนด์	30.93	2553
ประเทศไอร์แลนด์	41.00	2553
ประเทศลัตเวีย	15.00	2547
ประเทศลีชเทินชไตน์	117.27	2551
ประเทศลักเซมเบิร์ก	39.15	2564
ประเทศเนเธอร์แลนด์	42.00	2564
ประเทศนอร์เวย์	79.12	2534
ประเทศโปแลนด์	0.07	2533
ประเทศโปรตุเกส	23.88	2558
ประเทศสโลวีเนีย	17.27	2539
ประเทศสเปน	15.00	2557
ประเทศสวีเดน	117.30	2534
ประเทศสวิตเซอร์แลนด์	117.27	2551
ประเทศยูเครน	0.93	2554
สหราชอาณาจักร	21.36	2556

ที่มา: Carbon Pricing Dashboard, Online, 2023

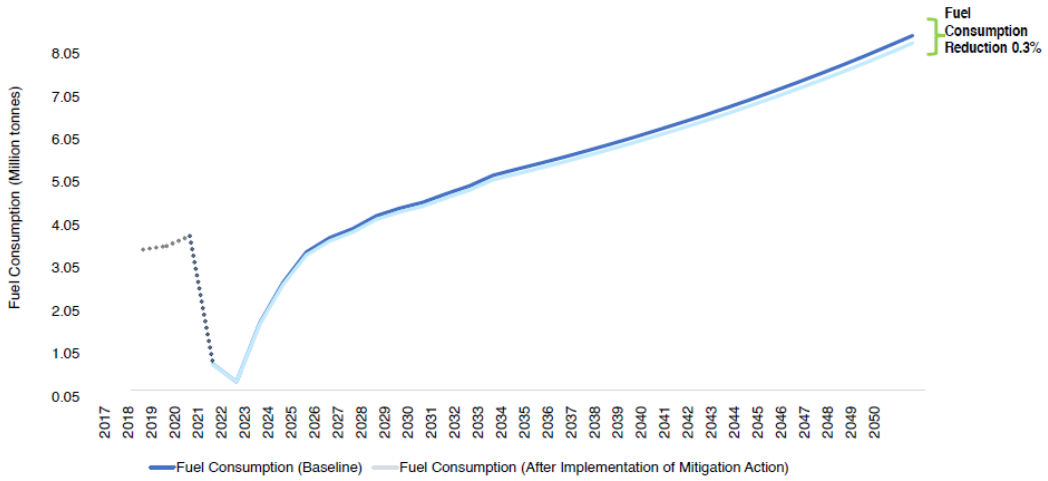
2. นโยบายการลดภาวะโลกร้อนในอุตสาหกรรมการบินในประเทศไทย

ประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการแผนการลดและชดเชยการปล่อยคาร์บอนสำหรับธุรกิจการบิน (CORSIA) ของ ICAO เป็นกลุ่มประเทศแรก และเพื่อตอบสนองต่อเป้าหมาย Global Aspirational Goal ในการรักษาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิไม่ให้เกินกว่าการปล่อยในปี 2563 (Carbon-Neutral Growth 2020) ทางสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย (CAAT) จึงได้กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการในการจัดทำข้อมูลและรายการการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสายการบิน และได้จัดทำ “ข่อบังคับของสำนักงานการบินพลเรือนแหงประเทศไทย ฉบับที่ 23 วาด่วยการตรวจวัดและการรายงานปริมาณการปลอยกาซคารบอนไดออกไซดในกิจการการบิน” และประเทศไทยจะต้องเริ่มจัดส่งข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสายการบินของไทยให้แก่องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) และเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการติดตามและจัดทำแผนการดำเนินการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอุตสาหกรรมการบินในประเทศไทย (ข้อบังคับของสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย, 2565)

โดยสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย (CAAT) มีการจัดทำ State’s action plan ส่งต่อไปยัง ICAO ครั้งแรกในปี 2561 และฉบับล่าสุดเมื่อปี 2564 ซึ่งมีแผนการปรับปรุงประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน โดยคาดการณ์การว่าจะสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานภายในปี 2593 ได้ร้อยละ 0.3 เทียบกับปีฐาน ดังแสดงในแผนภาพที่ 2-20 การคาดการณ์อัตราการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานจากการปรับปรุงประสิทธิภาพการปฏิบัติการเทียบกับพื้นฐาน ระหว่างปี 2564 ถึง 2593 และแผนภาพที่ 2-21 การคาดการณ์อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการปรับปรุงประสิทธิภาพการปฏิบัติการเทียบกับพื้นฐาน ระหว่างปี 2564 ถึง 2593

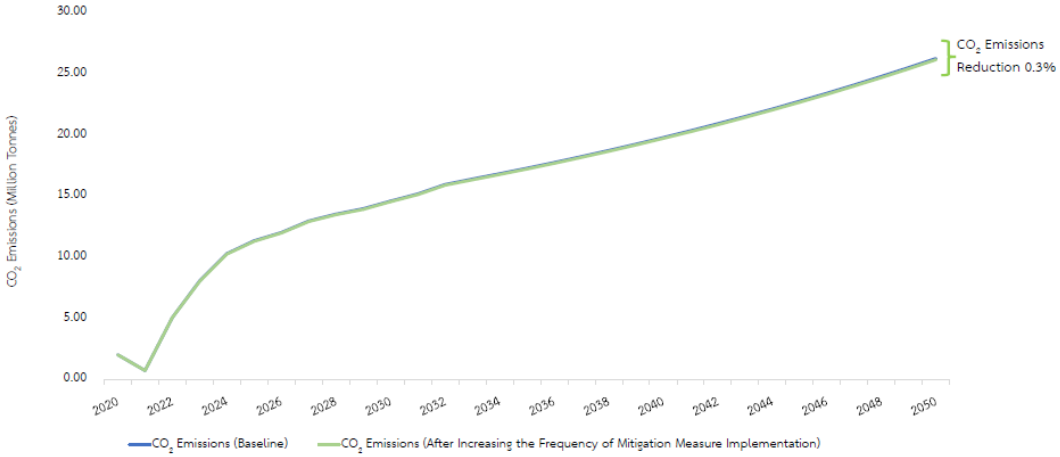
นอกจากนี้ประเทศไทยมีมาตรการจากแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศปี พ.ศ. 2564-2573 ในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของภาคการคมนาคมขนส่งโดยการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับยานพาหนะ ซึ่งมีเป้าหมายการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากมาตรการดังกล่าว ในปี 2573 อยู่ที่ 10 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า รวมถึงการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนยังสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 - 2580) ในประเด็นด้านต่าง ๆ ได้แก่ 1. ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน และ 2. ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

แผนภาพที่ 2-20 การคาดการณ์อัตราการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานจากการปรับปรุงประสิทธิภาพการปฏิบัติการเทียบกับพื้นฐาน ระหว่างปี 2564 ถึง 2593



ที่มา: THAILAND's Action Plan to Reduce Aviation Emissions version 2021, State Action Plans Submitted to ICAO, 2022

แผนภาพที่ 2-21 การคาดการณ์อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการปรับปรุงประสิทธิภาพการปฏิบัติการเทียบกับพื้นฐาน ระหว่างปี 2564 ถึง 2593

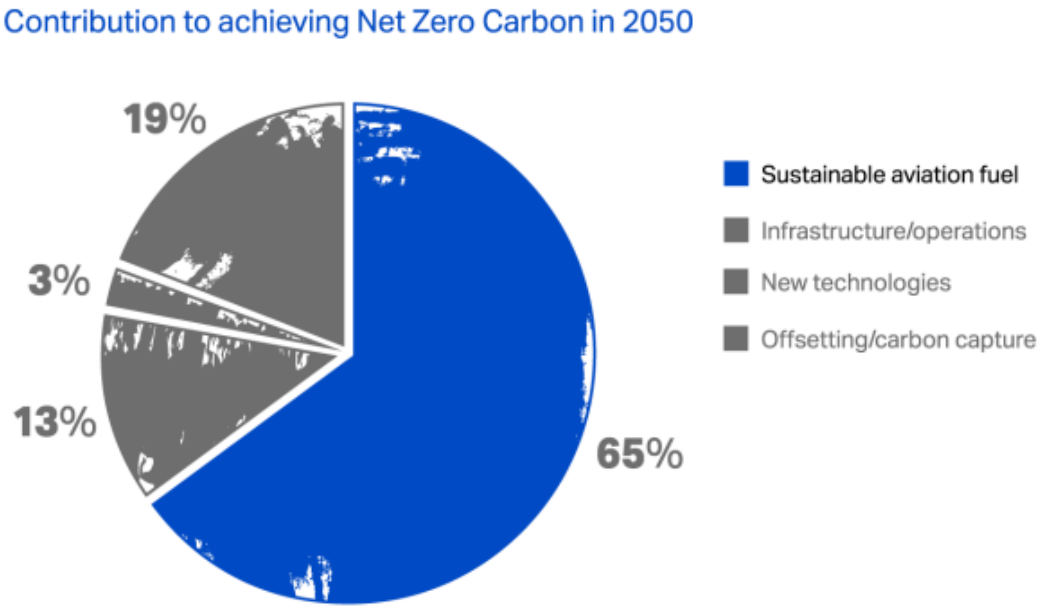


ที่มา: THAILAND's Action Plan to Reduce Aviation Emissions version 2021, State Action Plans Submitted to ICAO, 2022

ความต้องการตามนโยบายและข้อกำหนดการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนใช้ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

สมาคมขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ (The International Air Transport Association: IATA) มีการประเมินสัดส่วนของมาตรการต่าง ๆ ในการบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นศูนย์สุทธิภายในปี 2593 โดยแบ่งเป็นการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ร้อยละ 65 และการชดเชยหรือการดูดกลับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 19 การใช้เทคโนโลยีใหม่ 13 การเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินการ ร้อยละ 3 ดังแสดงในแผนภาพที่ 2-22 ซึ่งจะการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเป็นส่วนสำคัญต่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคอุตสาหกรรมการบิน

แผนภาพที่ 2-22 สัดส่วนของมาตรการในการบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นศูนย์สุทธิภายในปี 2593

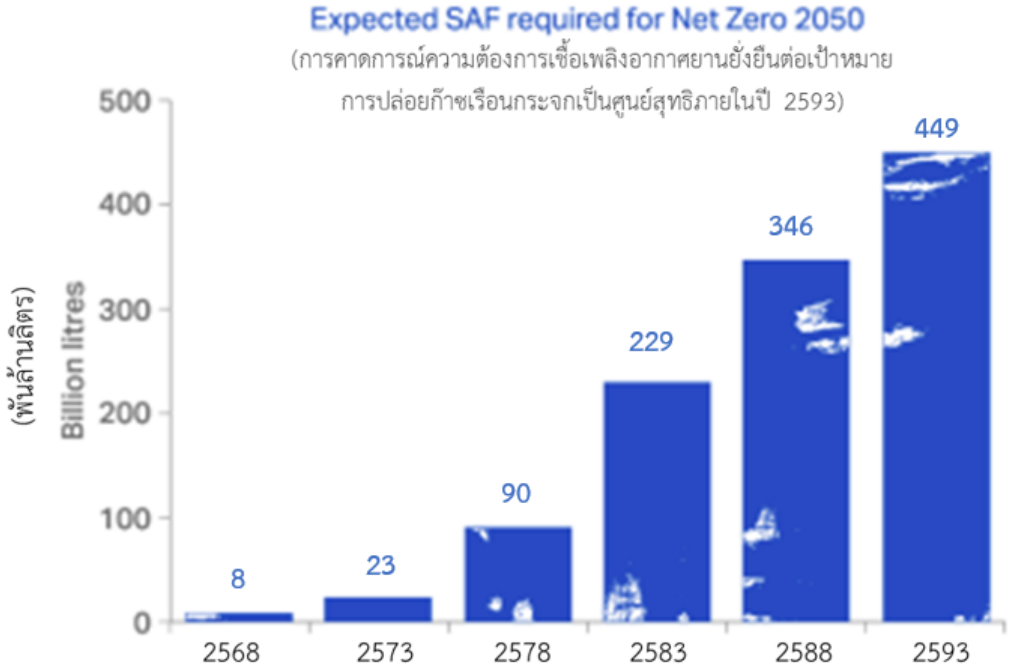


ที่มา: Net zero 2050: sustainable aviation fuels, Fact Sheet, 2023

โดยทางสมาคมขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ (IATA) คาดการณ์ความต้องการของเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในการตอบสนองต่อเป้าหมายการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นศูนย์สุทธิ ภายในปี 2593 โดยคาดว่าเพื่อตอบสนองต่อนโยบายด้านเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนทั่วโลกนั้นจะมีความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยั่งยืนประมาณ 8 พันล้านลิตร ในปี 2568 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไป

ถึงประมาณ 23 พันล้านลิตร ในปี 2573 ประมาณ 90 พันล้านลิตร ในปี 2578 ประมาณ 229 พันล้านลิตร ในปี 2583 ประมาณ 346 พันล้านลิตร ในปี 2588 และ มีความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนประมาณ 449 พันล้านลิตร ในปี 2593

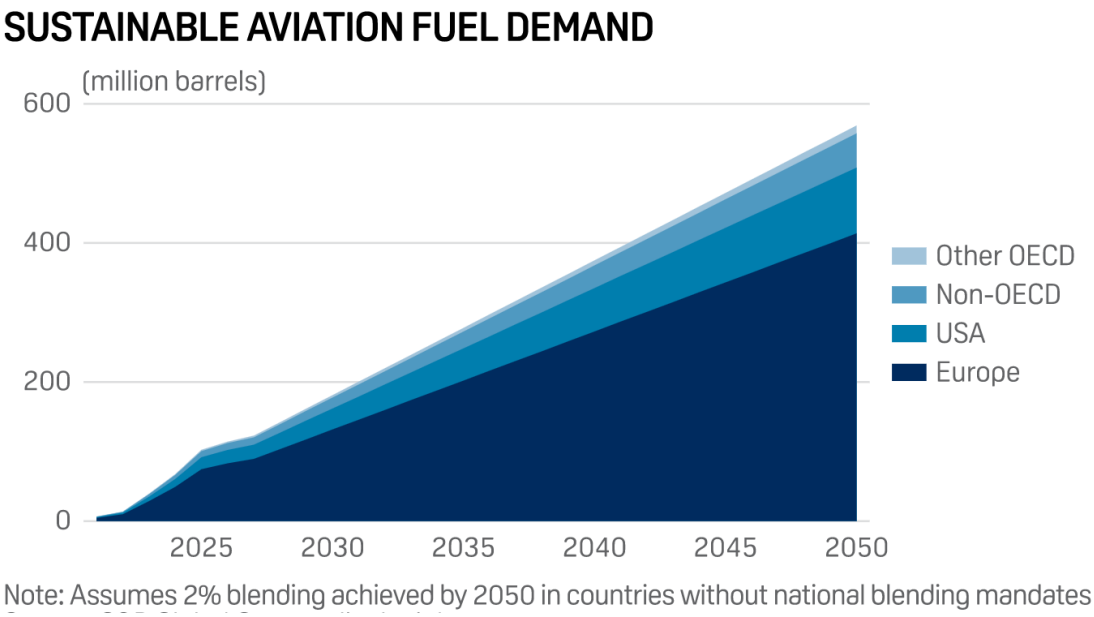
แผนภาพที่ 2-23 การคาดการณ์ความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อตอบสนองต่อเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์สุทธิ ภายในปี 2593



ที่มา: Net zero 2050: sustainable aviation fuels, Fact Sheet, 2023

หากสันนิษฐานโดยใช้การผสมเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนกับเชื้อเพลิงอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในอัตราส่วนร้อยละ 2 ในปี 2593 ของแต่ละประเทศ โดยไม่คำนึงถึงการกำหนดการผสมเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ซึ่งคาดว่าทั่วโลกจะมีความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนประมาณ 570 พันล้านบาร์เรลในปี 2593 ดังแสดงในแผนภาพที่ 2-24

แผนภาพที่ 2-24 ความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน โดยสันนิษฐานการใช้ในสัดส่วนร้อยละ 2 ของแต่ละประเทศ โดยไม่คำนึงถึงการกำหนดการผสมเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน

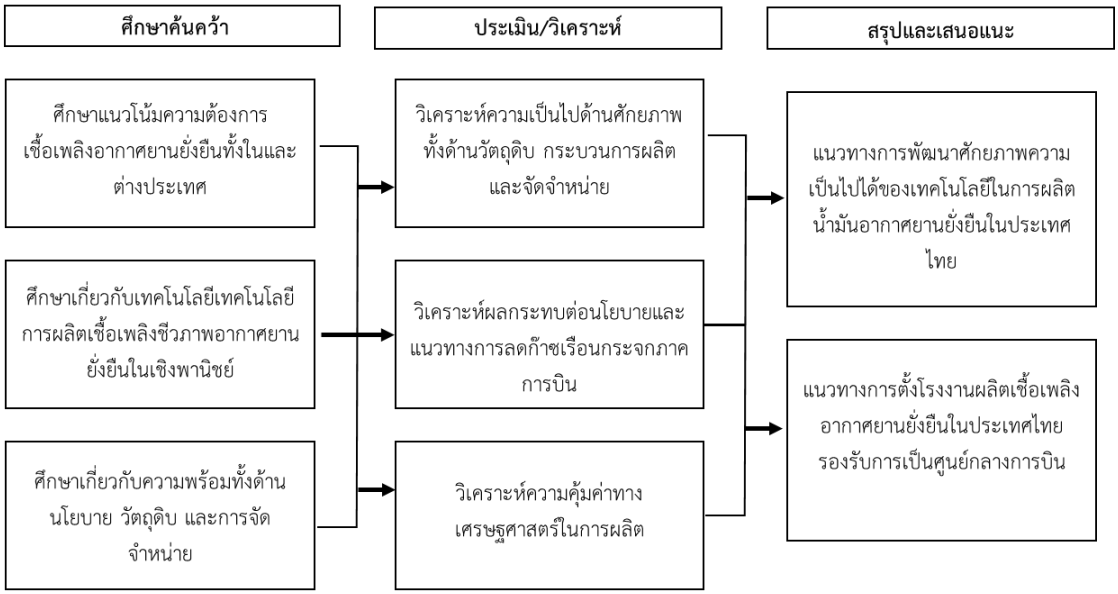


ที่มา: Long-term demand for SAF could run into supply constraints, Online, 2023

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัย (Theoretical framework) จากประเด็นปัญหาสภาวะโลกร้อน (Climate change) ที่กระทบต่อการดำเนินงานทั่วโลกรวมถึงประเทศไทย และรวมถึงภาคธุรกิจต่าง ๆ หนึ่งใน ภาคธุรกิจที่ต้องคำนึงถึง คือ ภาคอุตสาหกรรมการบิน ที่จำเป็นต้องการแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อย่างไรก็ตาม การดำเนินการจะถูกพิจารณาภายใต้องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) นำไปสู่นโยบายของประเทศต่าง ๆ และสายการบินในประเทศนั้น หนึ่งในแนวทางการดำเนินการเพื่อลดการผลกระทบ คือ การพัฒนาเชื้อเพลิงของอากาศยานยั่งยืน หรือ Sustainable Aviation Fuel (SAF) ซึ่งมีที่มาของวัตถุดิบในการผลิตจากภาคการเกษตร หรือ ของเสีย เป็นต้น โดยสมมุติฐานการวิจัยมีมุมมองว่า ประเทศไทยมีวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน และปัจจุบันทั่วโลกมีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเชิงพานิชย์แล้ว ประกอบกับประเทศไทยมีนโยบายเป็นศูนย์กลางการบินในภูมิภาค

ดังนั้น หากเกิดการพัฒนาศักยภาพและแนวทางการตั้งโรงงานผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ในประเทศไทยจะส่งผลต่อการพัฒนาความมั่งคงของประเทศในด้านพลังงาน เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ตามกรอบแนวคิดวิจัย (ภาพที่ 03 กรอบแนวคิดวิจัย)



สรุป

จากข้อมูลประเด็นทั้ง 6 หัวข้อ ที่ได้ทบทวน พบว่า ทั่วโลกรวมถึงประเทศไทยคาดว่าอุตสาหกรรมการบินหลังจากสถานการณ์โควิด มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยังเพิ่มขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตามทั่วโลกประสบกันปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างรุนแรงและต่อเนื่อง จึงเกิดการประชุมเพื่อหาทางออกในสาเหตุของการเกิด คณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ของสหประชาชาติ ผ่านที่ประชุมกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ COP รวมถึงประเทศไทยได้มอบสัตยาบันสารเข้าร่วมความตกลงปารีส และจากการประชุมมีมาตรการต่างๆ ออกมา ประเด็นที่สำคัญ คือ ทั่วโลกได้มีเป้าหมายความตกลงปารีส (Paris Agreement) ในการมุ่งสู่การปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์ ภายในปี 2593 โดยองค์กรการบินระหว่างประเทศ (ICAO) กำหนดนโยบายหนัก 2 ประเด็น 1) ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงร้อยละ 2 ต่อปี จนกระทั่งปี 2593 และ 2) รักษาเสถียรภาพการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ที่ระดับการปล่อย ปี 2563 ผ่าน 4

มาตรการโดยมาตรการ การใช้ชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เป็นหนึ่งในมาตรการที่สำคัญ ที่ทั่วโลกให้ความสนใจและมีการผลิตและทดสอบแล้วในภาคอุตสาหกรรมการบิน อย่างไรก็ตาม

สำหรับประเทศไทยแนวโน้มการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานพบว่า ประเทศไทยมีการขยายตัวของตลาดเส้นทางการบินระหว่างประเทศมากกว่าเส้นทางบินในประเทศ อย่างไรก็ตาม สำหรับประเทศไทยยังไม่มีการกำหนดมาตรการของภาคอุตสาหกรรมการบินอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยโดยสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย ในปี 2561 มีการกำหนดมาตรการจำนวน 5 มาตรการ โดยการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกเป็นหนึ่งในมาตรการที่นำเสนอ ดังนั้นประเด็นในมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกของภาคการบินในประเทศไทยเป็นประเด็นที่ต้องเร่งดำเนินการ

จากข้อมูล ผู้ศึกษาพบว่าประเทศไทยมีศักยภาพในการดำเนินการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (Sustainable Aviation Fuel) หรือ SAF นี้ เนื่องจากคาดว่าประเทศไทยมีวัตถุดิบเพียงพอจากภาคการเกษตร ที่เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตและสามารถส่งเสริมรายได้ให้กับเกษตรกรและประเทศไทยได้เป็นอย่างดี

บทที่ 3
สภาพการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนปัจจุบันและอนาคต

ในบทที่ 3 เป็นการศึกษาถึงสภาพการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในปัจจุบันและอนาคตเพื่อกำหนดสภาพการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนที่ต้องการเพื่อวิเคราะห์การผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ โดยจะทำการศึกษาตั้งแต่วัตถุดิบ กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ การรับรองคุณภาพ และการใช้งานของเชื้อเพลิง โดยมีหัวข้อหลัก ดังนี้

1. เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน
2. การรับรองเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในเชิงพาณิชย์
3. การใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน
4. ข้อมูลปริมาณคุณสมบัติและศักยภาพวัตถุดิบในประเทศไทย
5. ผลกระทบในมิติสังคมและสิ่งแวดล้อม
6. ความพร้อมของประเทศไทยในการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน
7. สรุป

เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน

เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตจากวัตถุดิบจากธรรมชาติ ไม่ได้ผลิตจากน้ำมันดิบหรืออนุพันธ์ของน้ำมันดิบ และมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงและสามารถใช้ทดแทนกันได้ เป็นพลังงานหมุนเวียนทางเลือกประเภทหนึ่งที่สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอุตสาหกรรมการบิน ตามมาตรฐาน ASTM D7566 (ASTM International, Online, 2566) รับรองเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนหรือสารพาราฟินเคโรซีนสังเคราะห์ (Synthesized Paraffinic Kerosine) เพื่อใช้ในเครื่องยนต์อากาศยานตามประเภทวัตถุดิบและเทคโนโลยีในการผลิต แบ่งเป็น 7 ประเภทดังนี้

1. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Fischer-tropsch Hydroprocessed (FT-SPK) เป็นกระบวนการผลิตที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Process) ที่มีคาร์บอนมอนออกไซด์ (Carbon Monoxide) และไฮโดรเจน (Hydrogen) เป็นสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้

สามารถผสมในน้ำมันอากาศยานได้ร้อยละ 50 มีขั้นตอนหลักอยู่ 4 ขั้นตอนดังแผนภาพที่ 3-1 (Kok Siew Ng, et al, 2021: 111502) คือ

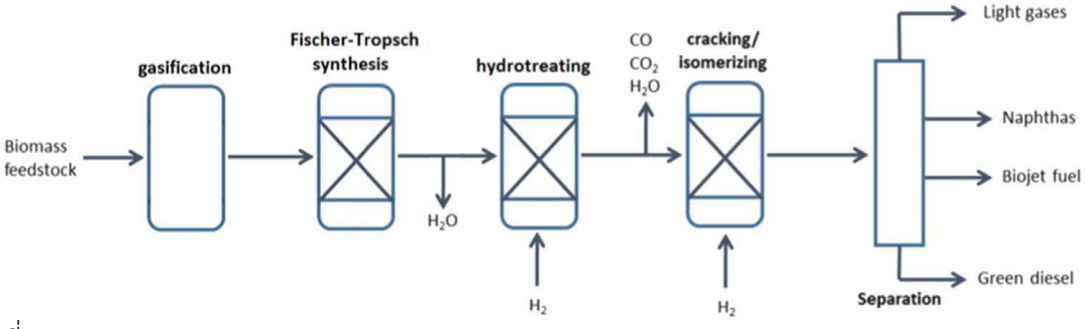
1.1 การผลิตก๊าซสังเคราะห์ (Syngas) ซึ่งเป็นส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนออกไซด์โดยผ่านกระบวนการก๊าซซิฟิเคชั่น (Gasification) ของไบโอแมส (Biomass)

1.2 การกำจัดสิ่งเจือปนออกจากก๊าซสังเคราห์ที่ได้จากขั้นตอนแรก อาทิ กำมะถันเป็นต้น

1.3 การเร่งปฏิกิริยาโดยใช้ตัวเร่งหรือเรียกว่ากระบวนการ Fisher-Tropsch Synthesis โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อสร้างพันธะให้เกิดการเปลี่ยนจากก๊าซไฮโดรคาร์บอนสายสั้น (Short Chain Hydrocarbons) เป็นไฮโดรคาร์บอนสายยาว (Long Chain Hydrocarbons) ชนิดของไฮโดรคาร์บอนสายยาวที่ได้ขึ้นอยู่กับตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิ ความดันและระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ได้แก่ ปฏิกิริยาการบำบัดด้วยไฮโดรเจน (Hydrotreating) ปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยไฮโดรเจน (Hydrocracking) หรือ ปฏิกิริยาการเปลี่ยนโครงสร้างไอโซเมอร์ด้วยไฮโดรเจน (Hydroisomerization)

1.4 การกลั่นแยกเพื่อให้ได้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ได้แก่ แก๊ส น้ำมันแนฟทา น้ำมันอากาศยานยั่งยืน กรีนดีเซล เป็นต้น ทั้งนี้สัดส่วนการผลิตน้ำมันประเภทต่างๆ สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามการออกแบบตัวเร่งปฏิกิริยา

แผนภาพที่ 3-1 กระบวนการผลิต Fischer-Tropsch



ที่มา: A review on the production processes of renewable jet fuel, 2017: 709-729

Hanaoka และคณะ (Toshiaki Hanaoka, et al, 2015: 778-800) ได้ทำการทดลองผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนด้วยกระบวนการ Fischer-tropsch Hydroprocessed ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแพลตินัม (Pt) ที่สัดส่วน 0.1 wt% บนตัวรองรับซีโอไลท์ (Zeolite) ที่อุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียส และความดัน 1.0 Mpa ได้สัดส่วนของน้ำมันอากาศยานยั่งยืนประมาณ 29.1 mol%

Kumabe และคณะ (Kazuhiro Kumabe, et al, 2010: 2088-2095) ได้ทำการทดลองผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนด้วยกระบวนการ Fischer-tropsch Hydroprocessed ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็ก (Fe) ที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส และความดัน 3.0 Mpa ได้สัดส่วนของน้ำมันอากาศยานยั่งยืนประมาณ 29.23 wt%

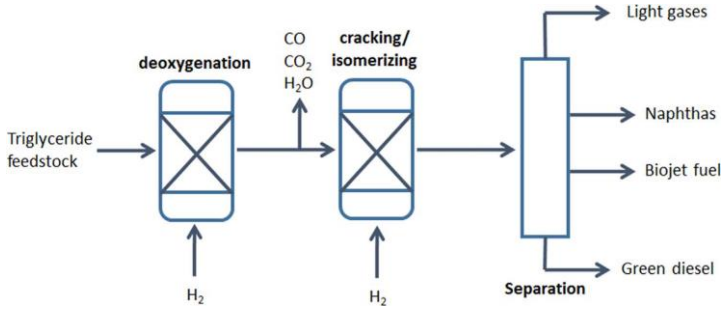
2. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid (HEFA-SPK) เป็นกระบวนการผลิตที่ใช้สารตั้งต้นที่เป็นกรดไขมันหรือน้ำมันจากพืช เช่น น้ำมันทำอาหารใช้แล้ว (Used Cooking Oil) น้ำมันปาล์ม (Palm Oil) น้ำมันถั่วเหลือง (Soybean Oil) เป็นต้น น้ำมันเหล่านี้มีองค์ประกอบของไตรกรีเซอรัล (Triglycerides) และกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) ซึ่งจะมีจำนวนคาร์บอนอะตอมแตกต่างกันไปแต่ละชนิด กระบวนการเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการ HEFA จะมีคุณสมบัติเทียบเท่ากับเชื้อเพลิงที่ได้จากปิโตรเลียม และมีข้อดีกว่าคือ ค่าซีเทนสูงกว่า สารอโรมาติกต่ำกว่า กามะถันต่ำกว่า และมีมลพิษทางสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้สามารถผสมในน้ำมันอากาศยานได้ร้อยละ 50 มีขั้นตอนหลักอยู่ 3 ขั้นตอน คือ (Kok Siew Ng, et al, 2021: 111502)

2.1 การกำจัดออกซิเจนด้วยไฮโดรเจน (Deoxygenation) เป็นขั้นตอนการทำปฏิกริยาระหว่างสารตั้งต้นไตรกรีเซอรัลและกรดไขมันอิสระกับไฮโดรเจน เพื่อกำจัดออกซิเจนออกจากโมเลกุลได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และมีผลิตภัณฑ์พลอยได้ (By-product) เป็น น้ำ แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

2.2 ปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยไฮโดรเจน (Hydrocracking) และปฏิกิริยาการเปลี่ยนโครงสร้างไอโซเมอร์ด้วยไฮโดรเจน (Hydroisomerization) เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนโครงสร้างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนให้มีขนาดโมเลกุลและคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันอากาศยาน

2.3 การกลั่นแยกเพื่อให้ได้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ได้แก่ แก๊ส น้ำมันแนฟทา น้ำมันอากาศยานยั่งยืน กรีนดีเซล เป็นต้น ทั้งนี้สัดส่วนการผลิตน้ำมันประเภทต่าง ๆ สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามการออกแบบตัวเร่งปฏิกิริยา

แผนภาพที่ 3-2 กระบวนการผลิต Hydroprocessed Esters and Fatty Acid (HEFA)



ที่มา: A review on the production processes of renewable jet fuel, 2017: 709-729

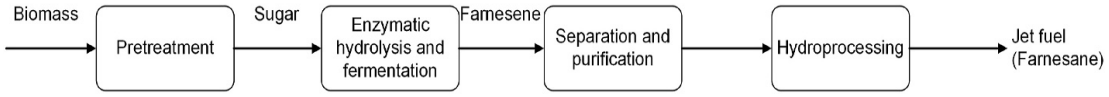
Bezergianni และคณะ (Stella Bezergianni and Aggeliki Kalogianni, 2009: 3927-3932) ได้ทำการทดลองผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนด้วยกระบวนการ Hydroprocessed Esters and Fatty Acid โดยใช้ Cooking Oil เป็นสารตั้งต้น เมื่อทำปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิประมาณ 370 องศาเซลเซียส และความดัน 13.8 Mpa ใช้แก๊สไฮโดรเจน 1068 Nm3/m Feed ได้สัดส่วนของน้ำมันอากาศยานยั่งยืนประมาณ 20 wt%

Zhang และคณะ (Zongwei Zhang, et al, 2019: 466) ได้ทำการทดลองผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนจากกระบวนการ Hydroprocessed Esters and Fatty Acid โดยมีน้ำมันทำอาหารใช้แล้วเป็นสารตั้งต้น เมื่อทำปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทนิกเกิลโมลิดินัม (NiMo) ที่อุณหภูมิประมาณ 380 องศาเซลเซียส และความดัน 3 Mpa ใช้แก๊สไฮโดรเจน 500 mL/mL ได้สัดส่วนของน้ำมันอากาศยานยั่งยืนประมาณ 37.3 wt%

บริษัท UOP ได้พัฒนาเทคโนโลยี Ecofining (Sierk de Jong, et al. 2015: 778-800) เพื่อการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน จากกระบวนการ Hydroprocessed Esters and Fatty Acid โดยได้สัดส่วนน้ำมันอากาศยานยั่งยืนสูงถึง 83 wt% ขึ้นอยู่กับการออกแบบกระบวนการผลิต นอกจากนี้ยังสามารถผลิตน้ำมันกรีนดีเซล สำหรับใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลซึ่งมีค่าซีเทนสูงอีกด้วย

3. <u>กระบวนการสังเคราะห์ไอโซพาราฟินด้วย Hydroprocessed Fermented Sugar (SIP from Hydroprocessed Fermented Sugars)</u> เป็นกระบวนการเปลี่ยนน้ำตาล ให้กลายเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหรือเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนโดยกระบวนการทางชีวภาพ (Direct Sugars To Hydrocarbon, DSHC) วัตถุดิบจะถูกปรับสภาพ (Pretreatment) โดยแยกน้ำตาลออกจากลิกนิน (lignin) เพื่อให้เหมาะสมก่อนจะเข้ากระบวนการหมักทางชีวภาพโดยใช้เอนไซน์ จากนั้นทำการแยกและเข้ากระบวนการปรับปรุงด้วยไฮโดรเจน เพื่อทำให้กลายเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานต่อไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้สามารถผสมในน้ำมันอากาศยานได้ร้อยละ 10

แผนภาพที่ 3-3 กระบวนการผลิต Hydroprocessed Fermented Sugar



ที่มา : Global biorenewable development strategies for sustainable aviation fuel production, 2021 : 111502

4. กระบวนการสังเคราะห์เคโรซีนที่มีอะโรแมติกจากสารตั้งต้นที่ไม่ได้ผลิตจากน้ำมันดิบด้วย Fischer-Tropsch hydroprocessed (FT-SPK/A) เป็นกระบวนการผลิตที่คล้ายกับข้อ 1 โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Process) และมีคาร์บอนมอนออกไซด์ (Carbon Monoxide) และไฮโดรเจน (Hydrogen) เป็นสารตั้งต้น แต่ได้ผลิตภัณฑ์เป็นโอเลฟินส์และสารเบนซิน และมีปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตเพิ่มเติม คือ ปฏิกิริยา Alkylation ทำให้เกิดสารอะโรแมติก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้สามารถผสมในน้ำมันอากาศยานได้ร้อยละ 50

5. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮอล์ (Alcohol to Jet Synthetic Paraffinic Kerosene, ATJ-SPK) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้กลายเป็นเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ

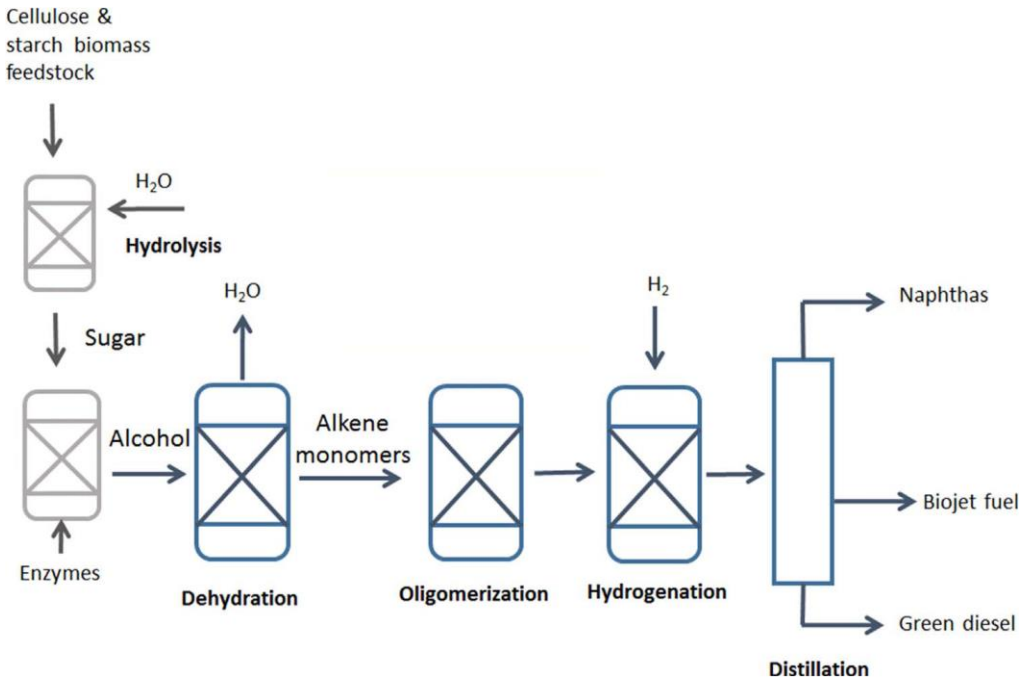
5.1 การกำจัดน้ำออกจากแอลกอฮอล์ เกิดเป็นสารโอลีฟิน (Olefins)

5.2 กระบวนการ Oligomerization ซึ่งเป็นการรวมสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้ความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้สาร Oligomers

5.3 กระบวนการเติมไฮโดรเจนเพื่อให้ได้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายยาว

5.4 การกลั่นแยกเพื่อให้ได้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน

แผนภาพที่ 3-4 กระบวนการผลิต Alcohol to Jet Synthetic Paraffinic Kerosene



ที่มา: A review on the production processes of renewable jet fuel, 2017: 709-729

Guo และคณะ (Xiaoyu Guoa, et al. 2021: 196-203) ได้ทำการทดลองผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนจากกระบวนการ Oligomerization โดยมี Isobutyl แอลกอฮอล์ เป็นสารตั้งต้น เมื่อทำปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทซีโอไลท์ สามารถเปลี่ยนสารตั้งต้นให้เป็นผลิตภัณฑ์ได้ 98 mol% มีสัดส่วนของน้ำมันอากาศยานยั่งยืน 59 mol% ที่อุณหภูมิประมาณ 240 องศาเซลเซียส และความดัน 1 Mpa

Panpian และคณะ (Pattreeya Panpian et al. 2021: 119831) ได้ทำการทดลองผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนจากกระบวนการ Oligomerization โดยมี Ethylene ซึ่งเป็น Alkene Monomer เป็นสารตั้งต้น เมื่อทำปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทนิกเกิล สามารถเปลี่ยนสารตั้งต้นให้เป็นผลิตภัณฑ์ได้ 95.97 wt% มีสัดส่วนของน้ำมันอากาศยานยั่งยืน 56.56 wt% ที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส และความดัน 20 bar

6. กระบวนการสังเคราะห์เคโรซีนจาก Hydrothermal (Catalytic Hydrothermolysis Jet (CHJ) Fatty Acid Esters and Fatty Acids ประกอบไปด้วยปฏิกิริยาหลายแบบ เพื่อเปลี่ยนไตรกรีเซอรัลให้กลายเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะวงกลม (Cycloparaffin) อะโรแมติก (Aromatic) สาขา (Isoparaffin) และเส้นตรง (Paraffin) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้สามารถผสมในน้ำมันอากาศยานได้ร้อยละ 50

Li และคณะ (Lixiong Li et al, 2009: 1305-1315) ได้ทำการทดลองผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนจากกระบวนการ Hydrothermal โดยมี Triglyceride เป็นสารตั้งต้น เมื่อทำปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทนิกเกิล สามารถเปลี่ยนสารตั้งต้นให้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันอากาศยานยั่งยืน ได้ 40 - 52 wt% โดยมีสารไฮโดรคาร์บอนประเภทอะโรแมติก 60 wt%

7. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid (HC-HEFAs) เป็นกระบวนการผลิตที่คล้ายกับข้อ 2 แต่มีน้ำมันสาหร่าย (Algal Oil) เป็นสารตั้งต้น ปฏิกิริยาประกอบด้วยการกำจัดออกซิเจนด้วยไฮโดรเจน (Deoxygenation) ปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยไฮโดรเจน (Hydrocracking) และปฏิกิริยาการเปลี่ยนโครงสร้างไอโซเมอร์ด้วยไฮโดรเจน (Hydroisomerization) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้สามารถผสมในน้ำมันอากาศยานได้ร้อยละ 10

ตารางที่ 3-1 สรุปคุณสมบัติของน้ำมันอากาศยานยั่งยืนตาม ASTM D7566

Materials	FT-SPK	HEFA-SPK	SIP-SPK	SPK/A	ATJ-SPK	CHJ-SPK	HC-HEFA SPK
Blending Volume, %vol.	50 x	50 x	10 x	50 x	50 x	50 x	10 x
Property Requirement							
Acidity, mgKOH/g		0.015 x	0.015 x	0.015 x	0.015 x	0.015 x	0.015 x
Aomatics, %vol.	-	-	-	20 x	-	-	-
Distillation, 10%rec.	205 x	205 x	250 x	205 x	205 x	205 x	205 x
Distillation, FBP	300 x	300 x	255 x	300 x	300 x	300 x	300 x
, %residue	1.5 x	1.5 x	1.5 x	1.5 x	1.5 x	1.5 x	1.5 x
, %loss	1.5 x	1.5 x	1.5 x	1.5 x	1.5 x	1.5 x	1.5 x
Flash Point, °C	38 n	38 n	-	38 n	38 n	38 n	38 n
Density at 15°C, kg/m^3	730 - 770	730 - 772	765 - 790	755 - 800	730 - 770	775 - 840	730 - 800
Freezing point, °C	-40 x	-40 x	-60 x	-40 x	-40 x	-40 x	-40 x
FAME, mg/kg	-	<5 x	-	-	-	<5 x	<5 x
Thermal Stability 2.5 h at 260°C	2.5 h at 325°C	2.5 h at 325°C	2.5 h at 355°C	2.5 h at 325°C	2.5 h at 325°C	2.5 h at 325°C	2.5 h at 325°C
Filter pressure drop, mm Hg	25 x	25 x	25 x	25 x	25 x	25 x	25 x
Tube rating, VTR Color code	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Annex A2 ITR or Annex A3 ETR, nm avg over area of 2.5 mm^2	85 x	85 x	85 x	85 x	85 x	85 x	85 x
Existent Gum, mg/100 ml	-	7 x	7 x	4 x	-	7 x	7 x
Microseparotmeter, w/o. additive	-	-	85 n	90 n	85 n	85 n	85 n
Antioxidants, mg/L	17 - 24	17 - 24	17 - 24	17 - 24	17 - 24	17 - 24	17 - 24
Cycloparaffins, %mass	15 x	15 x	15 x	15 x	15 x	report	50 x
Aromatics, %mass	0.5 x	0.5 x	0.5 x	20 x	0.5 x	8 - 20	0.5 x
Parraffins, %mass	report	report	98 n	report	report	report	report

ที่มา : ASTM International, Online, 2566

การรับรองเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในเชิงพาณิชย์

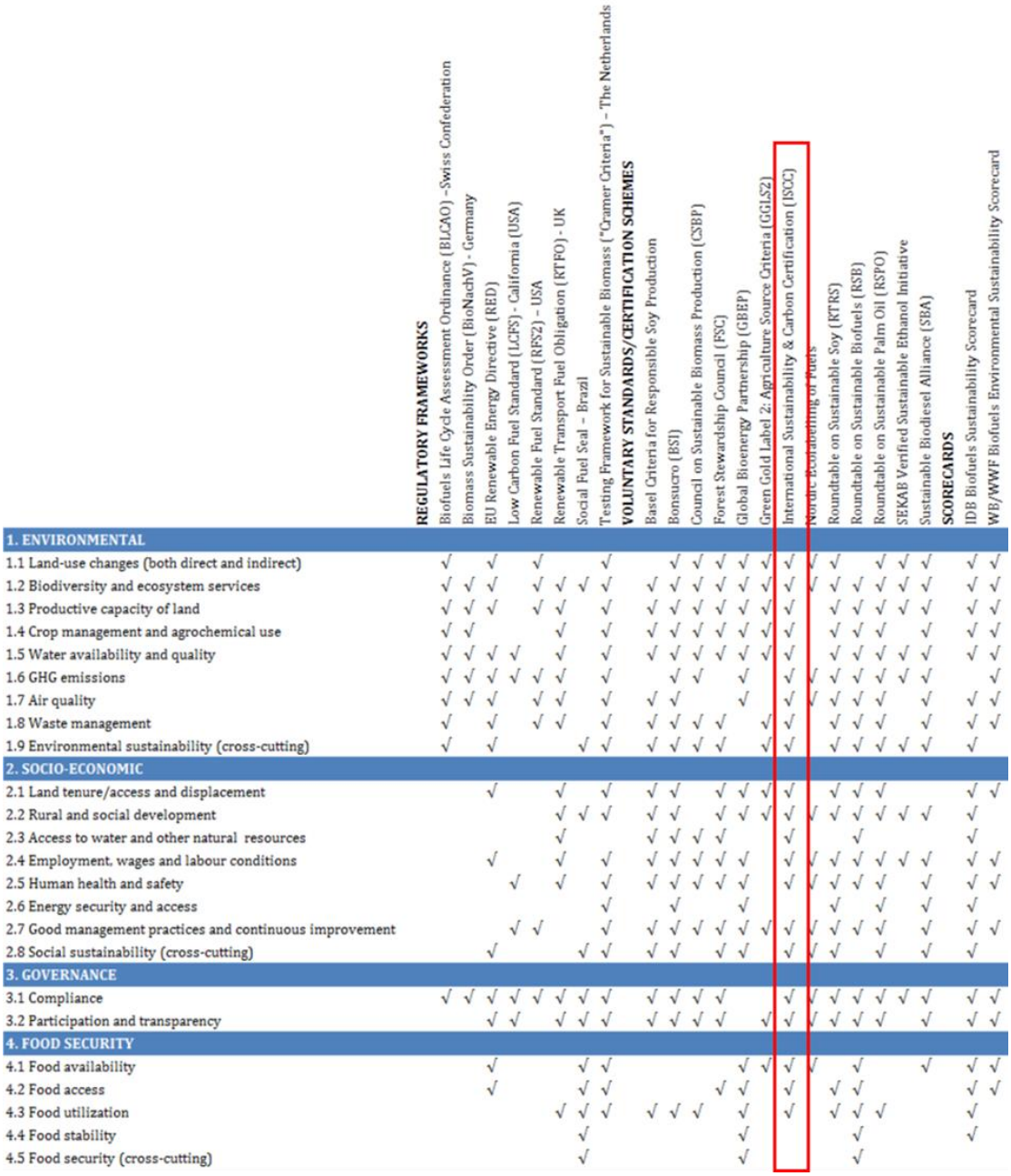
ด้วยองค์การการบินระหว่างประเทศ (The International Civil Aviation Organization : ICAO) และประเทศสมาชิกต่างก็มีการทำงานร่วมกันเพื่อที่จะวางแผนให้ประเทศของตนเองสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมการบินระหว่างประเทศ โดยประเทศสมาชิกที่เป็นประเทศกำลังพัฒนา และประเทศหมู่เกาะ ต่างก็มีการลงทุนเพื่อการพัฒนาแผนการดำเนินการ เพื่อให้การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นไปตามเป้าหมาย ซึ่งส่วนมากจะมีการกล่าวถึงในนโยบายหลักในการพัฒนาประเทศของตนเพื่อสนับสนุน และพัฒนาเทคโนโลยีในประเทศให้สามารถการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (ICAO Environment, 2561, Page iii)

โดยองค์การการบินระหว่างประเทศ (The International Civil Aviation Organization : ICAO) ได้มีการพัฒนาเอกสาร “Doc 9988” เป็นเอกสารคำแนะนเกี่ยวกับการพัฒนาของรัฐสมาชิก เพื่อแนะนำเกี่ยวกับแผนกิจกรรมในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งหนึ่งในทางเลือกสำคัญที่องค์การการบินระหว่างประเทศ (The International Civil Aviation Organization : ICAO) ได้แนะนำรัฐสมาชิกนั่นก็คือการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและคาร์บอนโดยการหันมาใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (Sustainable Aviation Fuels : SAF) (ICAO Environment, 2561, Page iii)

การใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนนี้ปฏิเสธไม่ได้ว่าการที่จะนำไปเติมในอากาศยานเพื่อใช้ในเชิงพานิชย์ เรื่องความปลอดภัย เรื่องคุณภาพของน้ำมันฯ และเรื่องความแท้จริงของการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นเรื่องสำคัญที่ต้องมีการรับรองจากหน่วยงานกลาง ที่ได้รับการยอมรับและเชื่อถือในทางสากล โดยในช่วงปี ค.ศ 2000 ได้เกิดการรับรองเกี่ยวกับความยั่งยืนสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายการจัดการทรัพยากรที่ดี และผู้ประกอบการที่มีความรับผิดชอบเพื่อเข้าถึงตลาดธุรกิจสีเขียว เรียกว่า Sustainability Certification Schemes (SCS) ซึ่งหากธุรกิจและผลิตภัณฑ์ใด ได้รับการรับรอง Sustainability Certification Schemes (SCS) จะสามารถจำหน่ายสินค้า หรือผลิตภัณฑ์ได้ในราคาที่สูงกว่าราคาโดยทั่วไปเพื่อเป็นการจูงใจให้ผู้ประกอบการหันมาผลิตสินค้าที่ยั่งยืนมากขึ้น (ICAO Environment, 2561, Page 32)

เมื่อปี ค.ศ. 2015 แนวคิดเกี่ยวกับการเกษตรภาคป่าไม้ และเชื้อเพลิงชีวภาพมีการขยายวงกว้าง จึงเกิดมีการรับรองเกี่ยวกับเชื้อเพลิงชีวภาพขึ้นมาภายใต้ขอบข่ายของ Sustainability Certification Schemes (SCS) เช่น The Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB) หรือ The International Sustainability and Carbon Certification (ISCC) โดยตารางด้านล่างนี้ เป็นตารางเปรียบเทียบจำนวนตัวชี้วัดมาตรฐานในด้านต่าง ๆ ระหว่างการรับรองในขอบข่ายของ Sustainability Certification Schemes (SCS) ด้วยกัน (ICAO Environment, 2561, Page 32)

แผนภาพที่ 3-5 เปรียบเทียบตัวชี้วัดมาตรฐานในด้านต่าง ๆ ระหว่างการรับรองในขอบข่ายของ Sustainability Certification Schemes (SCS) ด้วยกัน



REGULATORY FRAMEWORKS	Biofuels Life Cycle Assessment Ordinance (BLCAO) -Swiss Confederation	Biomass Sustainability Order (BioNachV) - Germany	EU Renewable Energy Directive (RED)	Low Carbon Fuel Standard (LCFS) - California (USA)	Renewable Fuel Standard (RFS2) – USA	Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO) - UK	Social Fuel Seal – Brazil	Testing Framework for Sustainable Biomass ("Cramer Criteria") - The Netherlands	VOLUNTARY STANDARDS/CERTIFICATION SCHEMES	Basel Criteria for Responsible Soy Production	Bonsucro (BSI)	Council on Sustainable Biomass Production (CSBP)	Forest Stewardship Council (FSC)	Global Bioenergy Partnership (GBEP)	Green Gold Label 2: Agriculture Source Criteria (GGLS2)	International Sustainability & Carbon Certification (ISCC)	Nordic Ecolabelling of Fuels	Roundtable on Sustainable Soy (RTRS)	Roundtable on Sustainable Biofuels (RSB)	Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO)	SEKAB Verified Sustainable Ethanol Initiative	Sustainable Biodiesel Alliance (SBA)	SCORECARDS	IDB Biofuels Sustainability Scorecard	WB/WWF Biofuels Environmental Sustainability Scorecard
1. ENVIRONMENTAL																									
1.1 Land-use changes (both direct and indirect)	√		√		√			√			√	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√		√	√
1.2 Biodiversity and ecosystem services	√	√	√		√	√	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√
1.3 Productive capacity of land	√	√	√		√	√		√		√	√	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√		√	√
1.4 Crop management and agrochemical use	√	√				√		√		√	√	√	√	√	√	√		√	√	√		√		√	√
1.5 Water availability and quality	√	√	√	√		√		√		√	√	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√		√	√
1.6 GHG emissions	√	√	√	√	√	√		√			√	√				√	√	√	√	√	√	√			√
1.7 Air quality	√	√	√		√	√		√		√	√			√		√	√	√	√	√		√		√	√
1.8 Waste management	√		√		√	√		√		√	√	√	√		√	√		√	√	√		√		√	√
1.9 Environmental sustainability (cross-cutting)	√		√				√	√		√	√	√	√		√	√		√	√	√	√	√		√	
2. SOCIO-ECONOMIC																									
2.1 Land tenure/access and displacement			√			√		√		√	√		√	√	√	√		√	√	√				√	√
2.2 Rural and social development						√	√	√		√	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√		√	
2.3 Access to water and other natural resources						√				√	√	√	√			√			√					√	
2.4 Employment, wages and labour conditions			√			√		√		√	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√	√		√	√
2.5 Human health and safety				√		√		√		√	√	√	√	√		√	√	√	√	√		√		√	√
2.6 Energy security and access								√			√			√					√		√		√		√	
2.7 Good management practices and continuous improvement				√	√			√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√		√		√	√
2.8 Social sustainability (cross-cutting)			√				√	√		√	√		√	√		√	√	√		√		√		√	
3. GOVERNANCE																									
3.1 Compliance	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√	√			√	√	√	√	√	√	√		√	√
3.2 Participation and transparency			√	√		√	√	√		√	√	√	√		√	√	√	√	√	√		√		√	√
4. FOOD SECURITY																									
4.1 Food availability			√				√	√						√	√	√	√		√			√		√	√
4.2 Food access			√				√	√					√	√		√		√	√					√	√
4.3 Food utilization						√	√	√		√	√	√		√		√		√	√	√				√	
4.4 Food stability							√							√					√					√	
4.5 Food security (cross-cutting)							√							√					√						

ที่มา : Sustainable Aviation Fuels Guide, ICAO Environment, Version2 December 2018, Page 33.

จากแผนภาพที่ 3-5 จะเห็นได้ว่าการรับรอง International Sustainability and Carbon Certification (ISCC) นี้ เป็นการรับรองที่มีตัวชี้วัดมาตรฐานในหลากหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งก็ประกอบไปด้วยหลายตัวชี้วัดด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น ความหลากหลายทาง

ชีวาพ การจัดการน้ำ การจัดการกากของเสีย หรือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นต้น อีกทั้งยังมีตัวชี้วัดมาตรฐานในด้านเศรษฐกิจ สังคม ธรรมาภิบาล และความมั่นคงทางด้านอาหารอีกด้วย และนอกจากตัวชี้วัดมาตรฐานตามแผนภาพที่ 3-5 แล้ว สำหรับการรับรอง Sustainable Aviation Fuels (SAF) ที่พิจารณาโดยสมาคมขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ (the International Air Transport Association : IATA) ยังมีหลักเกณฑ์อื่นเพิ่มเติมก่อนที่จะสามารถรับรอง International Sustainability and Carbon Certification (ISCC) อีกด้วย (ICAO Environment, 2561, Page 33-35)

หลักเกณฑ์ที่เพิ่มเติมโดยสมาคมขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ (The International Air Transport Association : IATA) มี 5 ประการ ดังต่อไปนี้ (ICAO Environment, 2561, Page 33-35)

1. การผลิตที่ยั่งยืน (Sustainable Production) เป็นการกำหนดให้วัตถุดิบสำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพต้องไม่มีที่มาจากป่าปฐมภูมิ หรือป่าที่ได้รับการคุ้มครอง หรือพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง และต้องมาจากแหล่งถูกกฎหมาย อีกทั้ง หากเป็นวัตถุดิบที่จะได้รับการรับรองจากสหภาพยุโรป (The European Union : EU) ก็จะต้องเป็นวัตถุดิบที่ได้จากการปลูกตามนโยบายการเกษตรทั่วไป หรือสอดคล้องกับหลักเกณฑ์ หรือแนวทางสำหรับการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนด้วย

2. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ (Other Environmental Impacts) เป็นเกณฑ์ที่กำหนดให้การผลิต หรือแม้แต่กระทั่งการขนส่ง ไม่นำไปสู่ผลกระทบในทางลบต่อคุณภาพดิน คุณภาพน้ำ และคุณภาพอากาศ

3. การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Efficient energy conversion) เป็นเกณฑ์ที่กำหนดให้ทั้งในส่วนของการผลิต และการขนส่งต้องใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

4. การปกป้องความหลากหลายทางชีวภาพ (Protection of biodiversity)

5. การมีส่วนร่วมในความเจริญรุ่งเรือง และสวัสดิการในท้องถิ่น (Contribute to local prosperity and welfare) เป็นเกณฑ์ที่กำหนดให้ต้องมีส่วนร่วมในความเป็นอยู่ที่ดีต่อสังคม สำหรับพนักงาน ท้องถิ่น และประชากร

การประชุมขององค์การการบินระหว่างประเทศ (The International Civil Aviation Organization : ICAO) ครั้งที่ 39 ในปี 2016 ได้มีการริเริ่มโครงการชดเชยและลดคาร์บอนสำหรับการบินระหว่างประเทศ (The Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation : CORSIA) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดการกับการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) ทั้งหมดจากภาคการบินระหว่างประเทศ (ICAO Environment, 2561, Page 33-35)

การใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน

เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานได้ถูกทดสอบนำไปใช้ในเครื่องบินอากาศยานกับสายการบินต่าง ๆ ตั้งแต่ช่วงปี 2551 - 2552 (Rahmes, T., et al. 2009) โดยสายการบิน Air New Zealand, Continental Airlines และ Japan Airlines ร่วมกับบริษัท UOP ซึ่งใช้เชื้อเพลิงจากเทคโนโลยี HEFA ผสมลงในเชื้อเพลิงเดิมในอัตราส่วนร้อยละ 50 ด้วยเครื่องบิน Boeing 747-400, 737-800 และ 747-300 ตามลำดับ โดยน้ำมันมีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานน้ำมัน JP A-1 และพบว่าเครื่องบินและเครื่องยนต์เดินเครื่องได้เป็นปกติ หลังจากนั้นมีการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานโดยสายการบินอื่นเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยี HEFA ตามการบันทึกของ ICAO มีสัญญาการซื้อขายน้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับสายการบินพานิชย์มากกว่า 94 รายการ โดยมีผู้ผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนรายสำคัญได้แก่ บริษัท Neste, Shell, World Energy, Eni ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 สัญญาการซื้อขายน้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับสายการบินพานิชย์

	Date	Fuel producer	Fuel User / Purchaser	total offtake volume (million liters)	Length of offtake agreement (years)
1	Jan 17, 2023	Raven SR	Japan Airlines	1561.6	10
2	Dec 8, 2022	OMV	VistaJet	0.4	1
3	Dec 6, 2022	Gevo	Virgin Atlantic	265	7
4	Dec 5, 2022	Total Energies	Air France - KLM	999.4	10
5	Dec 2, 2022	Fidelis New Energy	JetBlue	348.3	5
6	Dec 1, 2022	Shell	Ryanair	449.8	6
7	Nov 16, 2022	OMV	Wizz Air	231.1	8
8	Nov 2, 2022	Gevo	Iberia	113.6	5
9	Oct 25, 2022	Gevo	Qatar Airways	94.6	5
10	Oct 25, 2022	DG Fuels	Air France - KLM	749.6	10
11	Oct 25, 2022	Neste	Air France - KLM	1249.3	8
12	Oct 1, 2022	Shell	Korean Air Lines	N/A	5
13	Sep 27, 2022	Air Company	Undisclosed	526	1

ตารางที่ 3-2 (ต่อ) สัญญาการซื้อขายน้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับสายการบินพานิชย์

	Date	Fuel producer	Fuel User / Purchaser	total offtake volume (million liters)	Length of offtake agreement (years)
14	Sep 26, 2022	Sinopec	Airbus	N/A	N/A
15	Sep 23, 2022	Air Company	Virgin Atlantic	378.5	10
16	Sep 23, 2022	Air Company	JetBlue	94.6	6
17	Sep 20, 2022	Aemetis	Cathay Pacific	57.5	7
18	Sep 20, 2022	OMV	Ryanair	200.6	8
19	Sep 13, 2022	OMV	Lufthansa Group	999.4	8
20	Sep 8, 2022	DG fuels	Delta	1457.4	7
21	Aug 23, 2022	Aemetis	IAG	97.4	7
22	Aug 15, 2022	Gevo	Alaska Airlines	700.3	5
23	Aug 1, 2022	Shell	Lufthansa Group	2248.5	7
24	Jul 22, 2022	Gevo	American Airlines	1892.7	5
25	Jul 14, 2022	Gevo	Air Lingus	118.7	5
26	Jun 28, 2022	Phillips 66	IAG Cargo	1	1
27	Jun 21, 2022	Gevo	Finnair	132.5	5
28	Jun 15, 2022	Dimensional Energy	United Airlines	1135.6	20
29	Jun 8, 2022	Gevo	JAL	100.3	5
30	May 25, 2022	Aemetis	Alaska Airlines	19.7	7
31	May 23, 2022	Phillips 66	IAG Cargo	8	1
32	May 10, 2022	Neste	United Airlines	198.7	3
33	Apr 26, 2022	Aemetis	Jet Blue	189.3	10
34	Apr 22, 2022	Neste	Ryanair	N/A	N/A
35	Mar 25, 2022	Aemetis	Finnair	26.5	7

ตารางที่ 3-2 (ต่อ) สัญญาการซื้อขายน้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับสายการบินพานิชย์

	Date	Fuel producer	Fuel User / Purchaser	total offtake volume (million liters)	Length of offtake agreement (years)
36	Mar 22, 2022	Gevo	Delta	1987.3	7
37	Mar 21, 2022	Neste	DHL Express	798.7	5
38	Mar 20, 2022	Gevo	OneWorld	3785.4	5
39	Mar 16, 2022	Aemetis	Qantas	53	7
40	Feb 9, 2022	Neste	Singapore Airlines / Scoot	1.3	1
41	Feb 9, 2022	Neste	Virgin Atlantic	2.5	1
42	Feb 9, 2022	Eni	SEA Milan Airports	N/A	N/A
43	Feb 7, 2022	N.A.	Boeing	2.3	1
44	Dec 14, 2021	BP	Qantas	30	3
45	Dec 4, 2021	OMV	Austrian Airlines	1.9	1
46	Dec 2, 2021	Phillips 66	British Airways	N/A	N/A
47	Dec 1, 2021	Aemetis	oneworld	280.9	7
48	Dec 1, 2021	Aemetis	American Airlines	169.6	7
49	Nov 12, 2021	Neste	Deutsche Post DHL	N/A	N/A
50	Nov 10, 2021	Velocys	Southwest Airlines	829	15
51	Nov 10, 2021	Velocys	IAG	276.3	10
52	Oct 4, 2021	Atmosfair	Lufthansa Cargo / Kuehne + Nagel	0.1	5
53	Sep 30, 2021	Aemetis	Delta	378.5	10
54	Sep 14, 2021	Eni	ADR Rome Airport		
55	Sep 9, 2021	Alder Fuels	United Airlines	5678.1	20
56	Jul 20, 2021	World Energy	Jet Blue	5.1	3
57	Jul 16, 2021	Prometheus Fuels	American Airlines	37.9	N/A

ตารางที่ 3-2 (ต่อ) สัญญาการซื้อขายน้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับสายการบินพานิชย์

	Date	Fuel producer	Fuel User / Purchaser	total offtake volume (million liters)	Length of offtake agreement (years)
58	Jul 1, 2021	Neste	Delta	N/A	
59	Jul 1, 2021	Neste	Delta	1.1	3
60	Apr 22, 2021	Neste	Delta	N/A	N/A
61	Mar 4, 2021	Neste	American Airlines	34.1	3
62	Feb 22, 2021	Gevo	SAS	18.9	1
63	Feb 9, 2021	Lanzajet	British Airways	46.9	5
64	Feb 1, 2021	Wastefuel	Netjets	378.5	10
65	Jan 26, 2021	ECB Group	Shell	750.1	5
66	Jan 14, 2021	ECB Group	AirBP	300	N/A
67	Aug 13, 2020	Neste	Alaska Airlines	N/A	4
68	Jul 8, 2020	SAF+ consortium	Air Transat	408.8	15
69	Jul 8, 2020	World Energy	Amazon Air	6.8	1
70	Jun 20, 2020	Lanzajet	All Nippon Airways (ANA)	N/A	N/A
71	Feb 4, 2020	Northwest Advanced Bio-Fuels	Delta	N/A	N/A
72	Dec 10, 2019	Neste	KLM	N/A	N/A
73	Aug 14, 2019	Gevo	AirTotal	N/A	7
74	May 27, 2019	SkyNRG	KLM	937	10
75	May 22, 2019	World Energy	United Airlines	37.9	2
76	Dec 19, 2018	World Energy	Swedavia	N/A	N/A
77	Dec 11, 2018	World Energy	SAS, BRA, Kalmar Municipality	0.3	3
78	Sep 19, 2018	World Energy	Airbus / Jet Blue	N/A	1

ตารางที่ 3-2 (ต่อ) สัญญาการซื้อขายน้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับสายการบินพานิชย์

	Date	Fuel producer	Fuel User / Purchaser	total offtake volume (million liters)	Length of offtake agreement (years)
78	Sep 19, 2018	World Energy	Airbus / Jet Blue	N/A	1
79	Jul 13, 2018	Preem	SAS	N/A	N/A
80	Jun 1, 2018	World Energy	KLM	0.1	0.5
81	Dec 5, 2017	Air Total	Airbus / China Airlines	N/A	N/A
82	Oct 13, 2017	SG Preston	Qantas	151.4	10
83	Nov 1, 2016	Fulcrum	AirBP	1892.7	10
84	Sep 19, 2016	SG Preston	Jet Blue	374.8	10
85	Sep 8, 2016	World Energy	KLM	N/A	3
86	Sep 7, 2016	Gevo	Lufthansa	151.4	5
87	Jun 15, 2016	Amyris	Cathay Pacific / Airbus	N/A	2
88	May 23, 2016	World Energy	Gulfstream	N/A	3
89	Jul 21, 2015	RedRock	FedEx	79.5	7
90	Jun 30, 2015	Fulcrum	United Airlines	3406.9	10
91	Sep 24, 2014	RedRock	Southwest	79.5	7
92	Aug 7, 2014	Fulcrum	Cathay Pacific	1419.5	10
93	Jun 4, 2013	World Energy	United Airlines	56.8	3
94	Lufthansa		Varo Energy	N/A	N/A

ที่มา : SAF Offtake Agreements, Online, 2566

ข้อมูลปริมาณคุณสมบัติและศักยภาพวัตถุดิบในประเทศไทย

จากการศึกษาเทคโนโลยีการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 เทคโนโลยี โดยมุ่งเน้นการใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ ซึ่งแตกต่างกันสำหรับแต่ละเทคโนโลยีในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน ดังแสดงในตารางที่ 3-3

รวมถึงบางวัตถุดิบใช้เป็นวัตถุดิบได้มากกว่าหนึ่งเทคโนโลยี ทั้งนี้ในบางวัตถุดิบดังกล่าวอาจต้องการการเตรียมวัตถุดิบก่อนนำเข้ากระบวนการผลิต เช่น น้ำตาลในกระบวนการสังเคราะห์ไอโซพาราฟินด้วย Hydroprocessed Fermented Sugar (HFS-SIP) และสามารถนำน้ำตาลเพื่อผลิตแอลกอฮอล์และใช้ในกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮอล์ (Alcohol to Jet Synthetic Paraffinic Kerosene, ATJ-SPK) เป็นต้น

ตารางที่ 3-3 วัตถุดิบที่ใช้ในเทคโนโลยีต่าง ๆ

เทคโนโลยีการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน		**วัตถุดิบ**
1.กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Fischer-tropsch Hydroprocessed	FT-SPK	ถ่าน ก๊าซธรรมชาติ ชีวมวล
2. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid	HEFA-SPK	น้ำมันใช้แล้ว (Used Cooking Oil, UCO) กรดไขมันปาล์ม (PFAD) ไขมันสัตว์ น้ำมันจากพืช (น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง อื่นๆ)
3. กระบวนการสังเคราะห์ไอโซพาราฟินด้วย Hydroprocessed Fermented Sugar (SIP from Hydroprocessed Fermented Sugars)	HFS-SIP	น้ำตาลจากชีวมวล
4. กระบวนการสังเคราะห์เคโรซีนที่มีอะโรแมติกจากสารตั้งต้นที่ไม่ได้ผลิตจากน้ำมันดิบด้วย Fischer-Tropsch hydroprocessed	FT-SRK/A	ถ่าน ก๊าซธรรมชาติ ชีวมวล
5. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮอล์ (Alcohol to Jet Synthetic Paraffinic Kerosene)	ATJ-SPK	แอลกอฮอล์จากน้ำตาล แป้ง
6. กระบวนการสังเคราะห์เคโรซีนจาก Hydrothermal (Catalytic Hydrothermolysis Jet)	CHJ	ไตรกรีเซอรัล เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันสบู่ดำ น้ำมันคาเมลินา (Camelina Oil) น้ำมันตังอิ๊ว (Tung Oil) เป็นต้น
7. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid	HC-HEFAs	สาหร่าย

ที่มา: Sustainable Aviation Fuels Guide, ICAO Environment, Version2 December 2018, Page 38; Jane O’Malley, Nikita Pavlenko, Stephanie Searle, 2021

1. ข้อมูลปริมาณและต้นทุนของวัตถุดิบชนิดถ่านหินที่มีและนำเข้าในประเทศไทย

ราคาถ่านหินอ้างอิงราคานำเข้าจากรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทยประจำปี 2565 จะพบได้ว่ามีราคาที่ลดต่ำลงจนถึงปี 2563 เนื่องจากสภาวะโลกร้อนส่งผลให้การใช้ถ่านหินลดต่ำลงแต่เนื่องจากสถานการณ์สงครามระหว่างประเทศยูเครนและรัสเซียส่งผลให้ราคาถ่านหินกลับมาเพิ่มขึ้นอีกครั้งเนื่องจากการขาดแคลนพลังงานจากรัสเซียของสหภาพยุโรปหากสถารการณ์ดังกล่าวยังไม่คลี่คลายอาจส่งผลให้ราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่หากว่าสถานการณ์คลี่คลายแนวโน้มราคาถ่านหินอาจจะลดต่ำลงเนื่องด้วยสถานการณ์โลกในปัจจุบันที่มีนโยบายการลดใช้ถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, ออนไลน์, 2566)

สำหรับปริมาณของวัตถุดิบถ่านหินในประเทศไทยนั้น มีถ่านหินหลายชนิดที่สามารถค้นพบได้ ไม่ว่าจะเป็นถ่านหินที่อยู่ในระดับลิกไนต์ (Lignite), ซับบิทูมินัส (Sub-Bituminous),บิทูมินัส (Bituminous) หรือแอนทราไซต์ (Anthracite) โดยเมื่อรวมทั้งหมดแล้วประเทศไทยมีปริมาณถ่านหินสำรองในจำนวนมากกว่า 2,000 ล้านตัน หรือ 2,000,000,000,000 กิโลกรัม ซึ่งส่วนมากถูกค้นพบทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหลัก (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2566)

ในส่วนของการผลิตถ่านหินนั้น ช่วงปี 2564 การผลิตในประเทศทั้งหมดมาจากเหมืองของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ซึ่งก็คือเหมืองแม่เมาะในปริมาณทั้งสิ้นประมาณ 14 ล้านตัน หรือ 14,000,000,000 กิโลกรัม และเมื่อพิจารณาปริมาณจำนวนถ่านหินในประเทศไทย 5 ปีย้อนหลังเห็นได้ว่าปริมาณนั้นไม่แปรผันแตกต่างกันมากนัก แสดงตามตารางที่ 3-4 ด้านล่างนี้ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2565 : 82)

ตารางที่ 3-4 ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบชนิดถ่านหินของประเทศไทย 5 ปี ย้อนหลัง

ปี	ปริมาณถ่านหินในประเทศไทย (ตัน)
2560	16,288,921
2561	14,587,381
2562	13,994,449
2563	13,437,692
2564	14,522,665

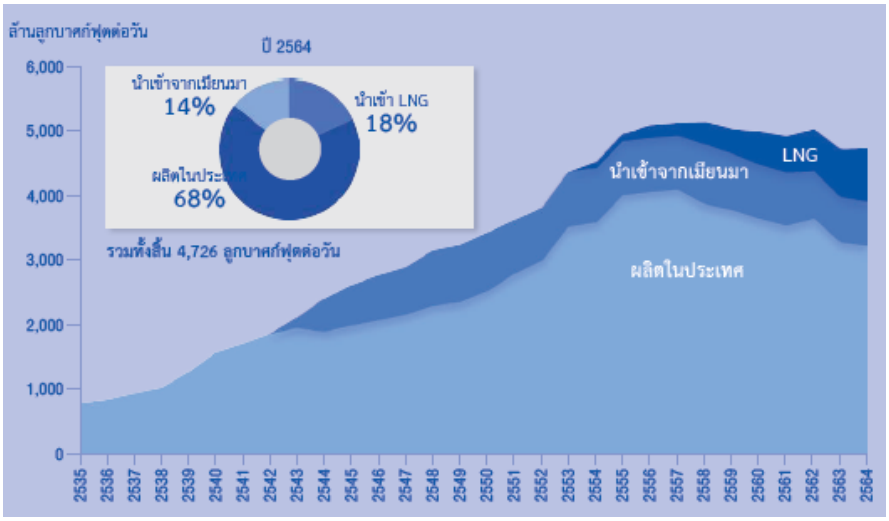
ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน “รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2565 (Energy Statistics of Thailand 2022) 2565

2. ข้อมูลปริมาณและต้นทุนของวัตถุดิบชนิดก๊าซธรรมชาติที่มีและนำเข้าในประเทศไทย

ราคาก๊าซธรรมชาติอ้างอิงราคาจากราคาก๊าซธรรมชาติจากบริษัทจัดจำหน่ายในประเทศจะพบได้ว่ามีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับราคาถ่านหินต่อมาเนื่องจากสถานการณ์สงครามระหว่างประเทศยูเครนและรัสเซียส่งผลให้ราคาก๊าซธรรมชาติในตลาดโลกดีดตัวขึ้นสูงอีกครั้งและยังส่งผลต่อเนื่องเช่นเดียวกับถ่านหินอีกทั้ง ประเทศไทยมีแหล่งก๊าซธรรมชาติ 2 แหล่ง คือ ในทะเลบริเวณอ่าวไทย และบนบก อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น เท่านั้นส่วนมาจึงต้องพึ่งพบการนำเข้าก๊าซธรรมชาติเหลวจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากอาจส่งผลให้ราคาเพิ่มสูงขึ้นในอนาคตเช่นเดียวกัน (บริษัท บางจากคอร์ปอเรชั่น, 2566)

การจัดหาก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยมาจากแหล่งผลิตจากในประเทศเป็นหลักโดยอยู่ที่แหล่งบงกชซึ่งอยู่ห่างจากชายฝั่งของจังหวัดสงขลาออกไปประมาน 200 กิโลเมตร และแหล่งเอราวัณ ซึ่งอยู่บริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราช และเมื่อดูสถิติการจัดหาก๊าซธรรมชาติย้อนหลังตามแผนภาพที่ 3-6 ก็จะพบว่าการจัดหาก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ และในส่วนของช่วงปี 2563 ถึง 2564 นั้น ลดลงก็เป็นผลอันเนื่องมาจากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่ทำให้การใช้ NG ประเทศลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญ

แผนภาพที่ 3-6 ปริมาณการจัดหาก๊าซธรรมชาติของประเทศไทยตั้งแต่ ปี 2535 ถึง 2564

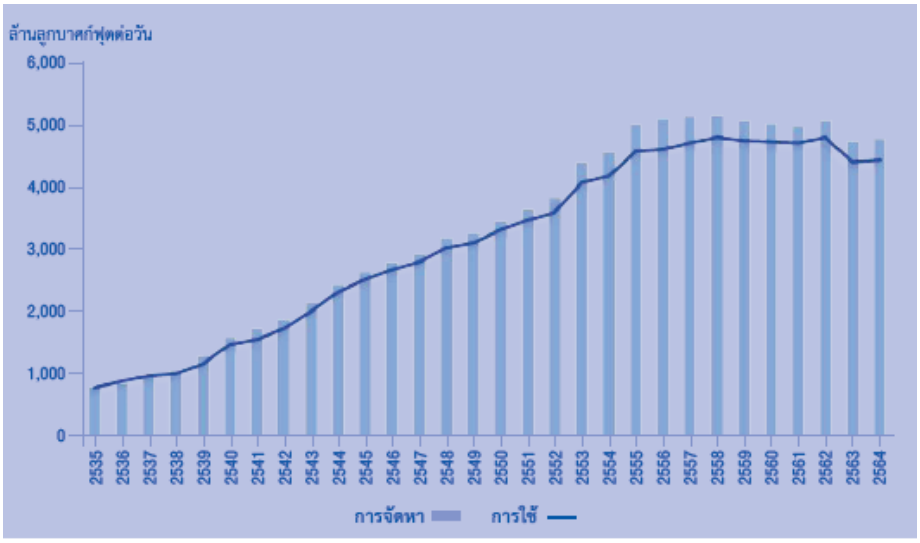


ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน “รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2565 (Energy Statistics of Thailand 2022) 2565

ในส่วนของการใช้ก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยนั้นจากสถิติตามแผนภาพที่ 3-7 แสดงให้เห็นว่าการจัดหาก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยมีปริมาณเกินกว่าการใช้งานอยู่ประมาน 500 – 1,000

ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน ซึ่งในปริมาณส่วนเกินดังกล่าวนี้ อาจนำมาใช้เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในวัตถุดิบของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนได้

แผนภาพที่ 3-7 ปริมาณการจัดหาเปรียบเทียบปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ ตั้งแต่ปี 2535 - 2564



ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน “รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2565 (Energy Statistics of Thailand 2022) 2565

3. ข้อมูลปริมาณและต้นทุนของวัตถุดิบชนิดชีวมวล ข้าวเจ้าเปลือกและทะลายปาล์มในประเทศไทย

ข้าวเจ้าเปลือกในประเทศไทยอ้างอิงราคาข้าวเจ้าเปลือก ความชื้นร้อยละ 15 มีความผันผวนของราคาปรับตัวขึ้นและลดลงไม่สามารถคาดการณ์ได้แต่มีแนวโนม้การปรับตัวที่ไม่สูงมากแต่เมื่อจากสถานการณ์ภายนอกเช่นประเทศเวียดนามที่มีการส่งออกข้าวมากขึ้นมีแนวโน้มส่งผลให้ราคาข้าวในประเทศไทยลดต่ำลงได้ (ฐานเศรษฐกิจ, ออนไลน์, 2566: กรมการค้าภายใน, ออนไลน์, 2565)

ทะลายปาล์มประเทศไทยอ้างอิงที่คุณภาพน้ำมันร้อยละ 18 พบว่าราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2562 และสูงขึ้นมากถึงเท่าตัวในปี 2564 ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอีกในปี 2565 หากดูแนวโน้มทิศทางอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสำหรับปี 2566-2567 อุตสาหกรรมมีทิศทางขยายตัวตามความต้องการทั้งในและต่างประเทศทำให้มีอุปทานมีทิศทางเพิ่มสูงอาจทำให้ราคาเพิ่มตัวสูงขึ้นหรือคงที่ในราคาที่สูงได้ (Chaiwat Sowcharoensuk, ออนไลน์, 2566: กรมการค้าภายใน, ออนไลน์, 2565)

ทั้งข้าวเจ้าเปลือก และทะลายปาล์ม ในช่วงระยะเวลา 5 ปีย้อนหลังนับตั้งแต่ปี 2564 นั้นจะพบว่าปริมาณของข้าวเจ้าเปลือก และทะลายปาล์มในประเทศไทยมีปริมาณเฉลี่ยอยู่ที่ประมาน 18 ล้านตันต่อปี และปริมาณคงที่มาโดยตลอดในระดับ 15 – 20 ล้านตันต่อปี ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกรณี

ที่ปริมาณวัตถุดิบ 5 ปี ย้อนหลังมีความผันผวนไม่มากนัก จึงอาจเหมาะสมหากนำวัตถุดิบประเภทนี้มาเป็นส่วนหนึ่งของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เนื่องจากว่าผู้ประกอบการสามารถประมานการกำลังการผลิตได้อย่างคงที่ และแม่นยำ ดังแสดงในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบชนิดชีวมวลของประเทศไทย 5 ปี ย้อนหลัง

ปี	ปริมาณวัตถุดิบชนิดชีวมวลของประเทศไทย (ตัน)	
	ข้าวเจ้าเปลือก	ทะลายปาล์ม
2560	19,003,323	14,452,284
2561	25,177,856	15,483,534
2562	18,586,074	16,422,852
2563	20,166,081	16,221,918
2564	20,524,414	16,725,473

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2565 และสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566, ออนไลน์

4. ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบชนิดน้ำยางพาราในประเทศไทย

สำหรับวัตถุดิบชนิดน้ำยางพารานั้น ประเทศไทยในภาคใต้ถือเป็นแหล่งยางพาราที่สำคัญของภูมิภาค ส่งผลให้ปริมาณของวัตถุดิบน้ำยางพารานี้มีปริมาณมากอยู่ในระดับที่คง 5 ปี ย้อนหลัง (2560 ถึง 2564) อยู่ที่ประมาน 5 ล้านตันต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 3-6 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566, ออนไลน์)

ตารางที่ 3-6 ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบชนิดน้ำยางพาราในประเทศไทย

ปี	ปริมาณผลผลิตยางพาราในประเทศไทย (ตัน)
2560	4,503,101
2561	4,922,650
2562	4,848,620
2563	4,859,666
2564	4,892,451

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ออนไลน์, 2566

5. ข้อมูลปริมาณและต้นทุนของวัตถุดิบชนิดข้าวโพดในประเทศไทย

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ความชื้นร้อยละ 14.5 พบว่าช่วงปี 2560 -2563 พบว่าราคามีความผันผวนปรับเพิ่มขึ้นและลดลงไม่สามารถคาดการแนวโน้มราคาได้แต่ในปี 2564 พบว่าราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีการเพิ่มตัวสูงขึ้นจากปี 2563 มากถึงร้อยละ 12 มีผลมาจากผลกระทบจากอุทกภัยใน

ปี 2564 จึงส่งผลให้บางพื้นที่มีน้ำท่วมขังส่งผลต่อคุณภาพของข้าวโพด โดยคาดการณ์แนวโน้มราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ยังคงอยู่ในราคาสูงเนื่องจากราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ในตลาดโลกยังมีราคาอยู่ในระดับสูง (กรมการค้าภายใน, ออนไลน์, 2565)

ข้าวโพดถือเป็นเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยที่มีการใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออกมาอย่างยาวนาน โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ซึ่งช่วยสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร โดยแต่ละปีไทยมีการส่งออกอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ หากมีการนำข้าวโพดมาเพิ่มมูลค่าสำหรับการเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนก็จะทำให้เกษตรกรในประเทศได้ประโยชน์มากขึ้นอีกด้วย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566, ออนไลน์) โดยมีปริมาณข้าวโพดในประเทศไทย ดังแสดงในตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบชนิดข้าวโพดของประเทศไทย 5 ปี ย้อนหลัง

ปี	ปริมาณข้าวโพดในประเทศไทย (ตัน)
2560	502,711
2561	537,487
2562	501,202
2563	498,699
2564	494,108

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566, ออนไลน์

6. ข้อมูลต้นทุนของวัตถุดิบชนิดน้ำมันใช้แล้วในประเทศไทย

น้ำมันพืชใช้แล้วนั้นไม่มีราคาการรับซื้อที่เป็นมาตรฐานหรือราคากลางจึงใช้ข้อมูลการรับซื้อน้ำมันพืชใช้แล้วจากบริษัท บางจากฯ จากโครงการรับซื้อน้ำมันพืชใช้แล้วจากชุมชนรอบพื้นที่โรงกลั่นซึ่งเป็นราคาคงที่ ทั้งนี้หากในอนาคตนั้นน้ำมันพืชใช้แล้วสามารถใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้คาดว่าจะมีการปรับตัวสูงขึ้นแต่ไม่มากเนื่องจากวัตถุดิบดังกล่าวเป็นวัตุดิบเหลือใช้ในการอุปโภคและบริโภคของประชาชนทั่วไป (บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น, 2566)

7. ข้อมูลปริมาณและต้นทุนของวัตถุดิบชนิดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย

น้ำมันปาล์มมีราคาที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโคโรน่า 2019 ผู้บริโภคมีการใช้จ่ายเพื่อบริโภคโดยเฉพาะสินค้าที่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานมีการกักตุนสินค้าส่งผลให้อุปทานเพิ่มตัวอย่างมากส่งจึงส่งผลต่อราคาน้ำมันปาล์ม อีกทั้งผลจากอุปทานของโลกโดยเฉพาะจากอินโดนีเซีย มาเลเซียที่ลดลง ประกอบกับสต๊อกของประเทศไทยปรับตัวลดลงจึงคาดว่าน้ำมันปาล์มยังคงราคาสูงอย่างต่อเนื่อง (Chaiwat Sowcharoensuk, ออนไลน์, 2566: กรมการค้าภายใน, ออนไลน์, 2565)

ส่วนปริมาณน้ำมันปาล์มในประเทศไทยนั้น เมื่อพิจารณาจากปริมาณน้ำมันปาล์มที่ผลิตได้จากในประเทศย้อนหลัง 5 ปี พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นต่อเนื่อง โดยสูงสุดในปี 2564 อยู่ที่ 3.1 ล้านตันต่อปี (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2565 : 2)

8. ข้อมูลปริมาณและต้นทุนของวัตถุดิบชนิดอ้อยมีในประเทศไทย

ราคาอ้อยของประเทศไทยนั้นมีการปรับตัวที่ผันผวนคล้ายกับข้าวโพดและได้รับผลกระทบจากอุทกภัยในปี 2564 เช่นเดียวกันส่งผลให้ปี 2564 ราคามีการปรับตัวสูงมากขึ้นถึงร้อยละ 35 เมื่อเทียบกับปี 2563 อีกทั้งสถานการณ์ฝุ่น PM 2.5 ที่หนึ่งในสาเหตุมาจากการเผาไหม้ในที่โล่งพื้นที่เกษตรกรรมอย่างอ้อยที่เป็นหลักซึ่งทางรัฐบาลมีนโยบายในการควบคุมการเผาไร่อ้อยในกิจกรรมเก็บเกี่ยวอาจส่งผลให้เกิดการคงตัวหรือการเพิ่มขึ้นของราคาอ้อยเพื่อลดการซื้ออ้อยในกรณีอ้อยสดที่ผ่านการเผา (ผู้จัดการออนไลน์, ออนไลน์, 2566: กรมการค้าภายใน, ออนไลน์, 2565)

ปริมาณของอ้อยในประเทศไทยนั้น ส่วนมากมาจากพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณอ้อยย้อนหลัง 5 ปี พบว่าแนวโน้มมีเกณฑ์ลดลง แต่ทั้งนี้ก็ยังคงมากกว่าปริมาณวัตถุดิบชนิดอื่น ดังแสดงในตารางที่ 3-8 (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564 : 15)

ตารางที่ 3-8 ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบอ้อยของประเทศไทย 5 ปี ย้อนหลัง

ปี	ปริมาณอ้อยในประเทศไทย (ล้านตัน)
2560	90.95
2561	134.93
2562	130.97
2563	74.89
2564	66.66

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564 : 15

9. ข้อมูลปริมาณและต้นทุนของวัตถุดิบชนิดมันสำปะหลังในประเทศไทย

มันสำปะหลังในช่วงปี 2560 – 2564 มีราคาที่ค่อนข้างผันผวนแต่อยู่ในช่วงที่ไม่สูง แต่ในอนาคตอุตสาหกรรมมันสำปะหลังอย่างเอทานอลมีทิศทางที่เพิ่มการใช้งานตั้งแต่สถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโคโรน่า 2019 ความต้องการของแอลกอฮอล์ยังมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับการใช้พลังงาน และอาหารสัตว์ ความต้องการกักตุนสินค้าเพื่อความมั่นคงทางอาหารและพลังงานในตลาดส่งออกคาดว่ายังมีแนวโน้มสูงจากความขัดแย้งระหว่างรัสเซีย-ยูเครนที่มีแนวโน้มยืดเยื้ออาจส่งผลให้แนวโน้มราคายังคงปรับตัวสูงต่อเนื่อง (Chaiwat Sowcharoensuk, ออนไลน์, 2566: กรมการค้าภายใน, ออนไลน์, 2565) ในส่วนของปริมาณมันสำปะหลังทั้งปริมาณที่หาได้จาก

ในประเทศ และปริมาณที่มีการนำเข้าก็มีแนวโน้มผันผวนเช่นกัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566, ออนไลน์) ดังแสดงในตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบมันสำปะหลังของประเทศไทย 5 ปี ย้อนหลัง

ปี	ปริมาณมันสำปะหลังในประเทศไทย (ตัน)	ปริมาณมันสำปะหลังนำเข้า (กิโลกรัม)
2560	30,495,190	2,909,494,719
2561	29,368,185	2,137,464,095
2562	31,079,966	2,173,922,808
2563	28,999,122	3,034,075,185
2564	35,094,485	2,872,986,783

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566, ออนไลน์

10. ข้อมูลต้นทุนของวัตถุดิบชนิดน้ำตาลในประเทศไทย

ราคาน้ำตาลภายในและภายนอกประเทศมีการปรับตัวที่สูงขึ้นตั้งแต่ปี 2560 – 2564 จากการฟื้นตัวของเศรษฐกิจโลก ปริมาณการผลิตน้ำตาลในประเทศที่กลับมาสูงขึ้น ขณะที่สถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโคโรน่า 2019 ทำให้ความต้องการใช้น้ำตาลเพื่อทำแอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น รวมถึงความต้องการเอทานอลในภาคขนส่งที่จะเพิ่มขึ้นตามการฟื้นตัวของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ และมาตรการภาครัฐที่สนับสนุนการนำเอทานอลไปใช้เป็นส่วนผสมในน้ำมันแก๊สโซฮอล์ แต่ทั้งนี้ในอนาคตมีปัจจัยที่ไม่แน่นอนซึ่งมีผลต่อโอกาสการปรับตัวลดลงของราคาน้ำตาล เช่น น้ำตาลส่วนเกินในตลาดโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การปรับขึ้นภาษีความหวานในเครื่องดื่มในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทยทำให้ความต้องการใช้น้ำตาลในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มลดลง (Chaiwat Sowcharoensuk, ออนไลน์, 2566: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม, ออนไลน์, 2565: ผู้จัดการออนไลน์, ออนไลน์, 2565)

11. ข้อมูลต้นทุนของวัตถุดิบชนิดน้ำมันถั่วเหลืองของประเทศไทย

ราคาน้ำมันถั่วเหลืองอ้างอิงจากน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ บรรจุขวด 1 ลิตร หน้าโรงงานตราองุ่น ในช่วงปี 2562 -2564 มีการปรับตัวขึ้นสูงอย่างต่อเนื่องและปี 2564 มีอัตราการเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 18 และมีแนวโน้มเพิ่มตัวสูงขึ้นเนื่องจากการระงับการส่งออกน้ำมันปาล์มจากประเทศอินโดนิเซีย โดยอินโดนีเซียเป็นผู้ผลิตและส่งออกน้ำมันปาล์มรายใหญ่สุดของโลก และจากราคาถั่วเหลืองปรับตัวสูงขึ้นจากภัยแล้งในทวีปอเมริกาใต้และจากสงครามยูเครนและรัสเซียจึงคาดว่าราคาน้ำมันถั่วเหลืองจะมีแนวโน้มคงตัวสูงอยู่ (สุรเมธี มณีสุโข, ออนไลน์, 2566: กรมการค้าภายใน, ออนไลน์, 2565)

12. ราคาน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil: CPO)

จากข้อมูลราคาน้ำมันปาล์มดิบพบว่ามีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้นต่อเนื่องร้อยละ 54.2 และ 35.2 จากปี 2562 เทียบกับปี 2563 และปี 2563 เทียบกับปี 2564 ตามลำดับเนื่องจากปี 2564 อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มไทยได้แรงหนุนจากการปรับลดลงของอุปทานในประเทศคู่แข่งและสต๊อกน้ำมันปาล์มโลกที่ลดลง ส่งผลให้ราคาน้ำมันปาล์มโลกปรับสูงขึ้นต่อเนื่องถึงแม้ว่าความต้องการใช้น้ำมันปาล์มดิบจากกลุ่มอุตสาหกรรมไบโอดีเซลในภาคขนส่งลดลงจากมาตรการ Lockdown ของทางการและการทำงานที่บ้านเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดไวรัสโคโรน่า 2019 แต่ในภาคอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีการปรับตัวที่สูงขึ้นจากการกักตุนสินค้าน้ำมันปาล์ม และเนื่องจากการแพร่ระบาดไวรัสโคโรน่า 2019 ทำให้มาเลเซียขาดแคลนแรงงานเก็บเกี่ยวผลผลิต สต๊อกจึงลดลงและต้องนำเข้าจากไทยทดแทนส่งผลให้ราคาน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มสูงขึ้นซึ่งคาดว่ายังมีการปรับตัวสูงขึ้นต่อเนื่องในอนาคตอันใกล้ (Chaiwat Sowcharoensuk, ออนไลน์, 2566:บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น, 2566)

13. ราคากรดปาล์ม (Palm Fatty Acid Distillate: PFAD)

กรดปาล์มคือผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปาล์มดิบเพื่อให้ได้กรดไขมันปาล์ม ซึ่งลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลอ่อน ดังนั้นแนวโน้มราคาของกรดปาล์มจะแปรผันตามราคาน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มบริสุทธิเพียงตีราคาจะต่ำกว่าทั้ง 2 รายการซึ่งตามที่วิเคราะห์ราคาน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มบริสุทธิมีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้นแล้วราคากรดปาล์มจึงมีทิศทางปรับตัวสูงมากขึ้นเช่นเดียวกัน (Chaiwat Sowcharoensuk, ออนไลน์, 2566:บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น, 2566)

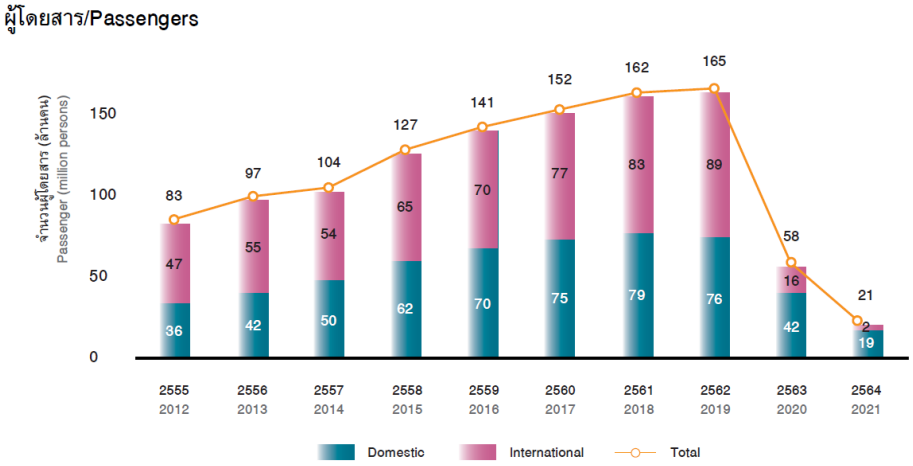
14. ราคาเอทานอล (Ethanol)

ราคาเอทานอล (Ethanol) มีช่วงปรับตัวลดลงจากสถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโคโรน่า 2019 แต่หลังจากการฟื้นตัวอุตสาหกรรมเอทานอลมีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่องในทิศทางเดียวกับความต้องการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ โดยมีปัจจัยหนุนจากการส่งเสริมการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ที่มีสัดส่วนเอทานอลสูงขึ้นภายใต้แผนสนับสนุนอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีนโยบายการเพิ่มการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล อีกทั้งเอทานอลนั้นมีต้นทุนการผลิตแปลผันตามวัตถุดิบทางการเกษตรเช่นพืชจำพวกแป้ง น้ำตาลและพืชผลเกษตร ได้แก่ อ้อย ข้าว ข้าวฟ่าง ข้าวโพด และมันสำปะหลัง ซึ่งวัตถุดิบทางการเกษตรมีแนวโน้มในการปรับตัวขึ้นจึงคาดการว่าราคาเอทานอลนั้นมีแนวโนมปรับตัวสูงขึ้นเช่นกัน (Chaiwat Sowcharoensuk, ออนไลน์, 2566: สมาคมการค้าผู้ผลิตเอทานอลไทย, ออนไลน์, 2566)

ผลกระทบในมิติสังคมและสิ่งแวดล้อม

จากข้อมูลการขนส่งทางอากาศของประเทศไทย (Thailand's Air Transport) พบว่าสถิติจำนวนผู้โดยสารภาพรวมทั่วประเทศในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (ปี พ.ศ. 2555 - 2564) พบว่าในช่วงสถานการณ์ปกติปี 2555 – 2564 จำนวนผู้โดยสารทางอากาศมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งหากคิดเป็นอัตราการเติบโตเฉลี่ย (Compound Annual Growth Rate : CAGR) อยู่ที่ร้อยละ 10.24 ต่อปี แต่ต่อมาตั้งแต่ปี 2563 นั้นเกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรน่า 2019 และส่งผลต่อเนื่องถึงปี 2564 ซึ่งเกิดการแพร่ระบาดอย่างต่อเนื่องไม่ว่าจะเป็นการแพร่ระบาดไวรัสโคโรน่า 2019 ทั้งสายพันธุ์อัลฟ่า เบต้า เดลต้าและโอมิครอนส่งผลกระทบต่อการขนส่งทั่วโลกและการเดินทางทางอากาศยานก็ได้ผลกระทบเช่นเดียวกันทั้งการเดินทางภายในประเทศและต่างประเทศตามแผนภาพที่ 3-8 (สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศ, 2565, 107)

แผนภาพที่ 3-8 จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการการขนส่งทางอากาศยานทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ



ที่มา: บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน), กรมท่าอากาศยาน, การท่าอากาศยานอู่ตะเภา และบริษัท การบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)
วิเคราะห์โดยกองเศรษฐกิจการบิน
Sources: Airports of Thailand Public Company Limited, Department of Airports, U-Tapao Airport Authority, and Bangkok Airways Public Company Limited.
Data analysis by the Aviation Economy Division.

ที่มา : รายงานประจำปี 2564 สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศ, 107

แต่ทั้งนี้ตามที่ประชุมคณะกรรมการการบินพลเรือน (กบร.) ครั้งที่ 4/2565 ได้มีมติรับร่าง Roadmap แผนการฟื้นฟูอุตสาหกรรมการบินปี 2565 – 2568 เพื่อเป็นแนวทางที่สำคัญอย่างมากต่อการช่วยฟื้นฟูอุตสาหกรรมการบิน และเศรษฐกิจของไทย ตลอดจนส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมการบินอย่างยั่งยืน สามารถแข่งขันได้ในระดับสากล ทั้งนี้การเติบโตในภาคอุตสาหกรรมการบินจำเป็นจะต้องควบคู่ไปกับแนวโน้มของโลกในเรื่องของการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

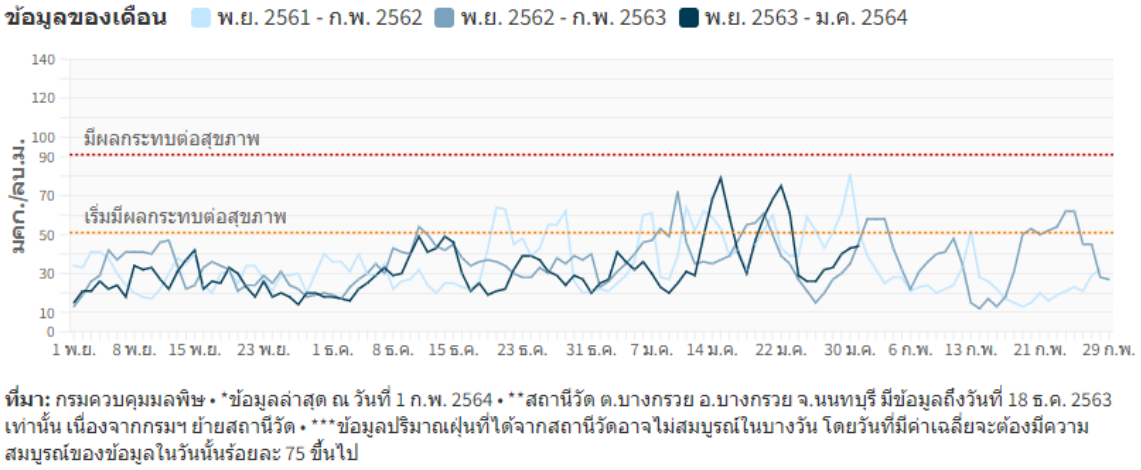
ตามความตกลงปารีส (Paris Agreement) จากการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหระชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ 21 หรือ Conference of the Parties (COP 21) และการแจ้งความประสงค์การมุ่งเข้าสู่การปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์สุทธิในภาคการบินนั้นองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization, ICAO) ได้มีแนวทางการลดการปล่อยมลพิษซึ่งหนึ่งในมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้แก่ การใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน(Sustainable Aviation Fuels) ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากถึงร้อยละ 70 - 80 หากคำนวนตลอดทั้งวัฏจักรเมื่อเทียบกับน้ำมันอากาศยานแบบดั้งเดิม (แผนฟื้นฟูอุตสาหกรรมการบิน ปี 2565-2568, ออนไลน์, 2565 : Tom Otley, ออนไลน์, 2565)

ด้วยประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และพบว่าประเทศไทยมีจำนวนประชากรในภาคการเกษตรมากกว่า 25 ล้านคนหรือคิดเป็นร้อนละ 40 ของประชากรทั้งหมดของประเทศ ดังนั้นการพัฒนาการเกษตรจึงเป็นการพัฒนาที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะจะส่งผลให้ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศมีรายได้สูงขึ้นและมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น โดยมีผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญ อาทิ ข้าว ยางพารา อ้อย มันสำปะหลัง และปาล์มน้ำมัน ที่เป็นสินค้าเกษตรและมีมูลค่าการส่งออก ซึ่งสิ้นค่าการเกษตรข้างต้นนั้นสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนได้ซึ่งสามารถเพิ่มโอกาสในการค้าขายวัตถุดิบทางการเกษตรได้เป็นทางเลือกเพิ่มเติม (นายบุญทวี ดวงนิราช, ออนไลน์, 2566)

นอกจากนี้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 เป็นต้นมาประเทศไทยพบว่าฝุ่นละอองขนาดน้อยกว่า 2.5 ไมครอนหรือ PM 2.5 เกินค่ามาตนฐาน (50 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) มาตลอด ตามภาพ 3-9 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มค่าฝุ่น PM 2.5 มีทิศทางเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงฤดูหนาว (เดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์) (นายพสิษฐ์ คงคุณากรกุล, ออนไลน์, 2564)

ซึ่งจากการศึกษาโดย Prof Nguyen Thi Kim Oanh จากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (2550) พบว่าสัดส่วนแหล่งที่มาของฝุ่น PM 2.5 จากตัวอย่างฝุ่นที่เก็บที่เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร ร้อยละ 52 เกิดจากการเผาไหมของเชื้อเพลิงคมนาคม (ไอเสียเชื้อเพลิงดีเซล) ตามมาด้วยร้อยละ 35 เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวล และร้อยละ 8, 4, 1 เกิดจากฝุ่นทุติยภูมิ โรงงานอุตสาหกรรมและดิน ตามลำดับ ตามแผนภาพที่ 3-10 (นายพสิษฐ์ คงคุณากรกุล, ออนไลน์, 2564)

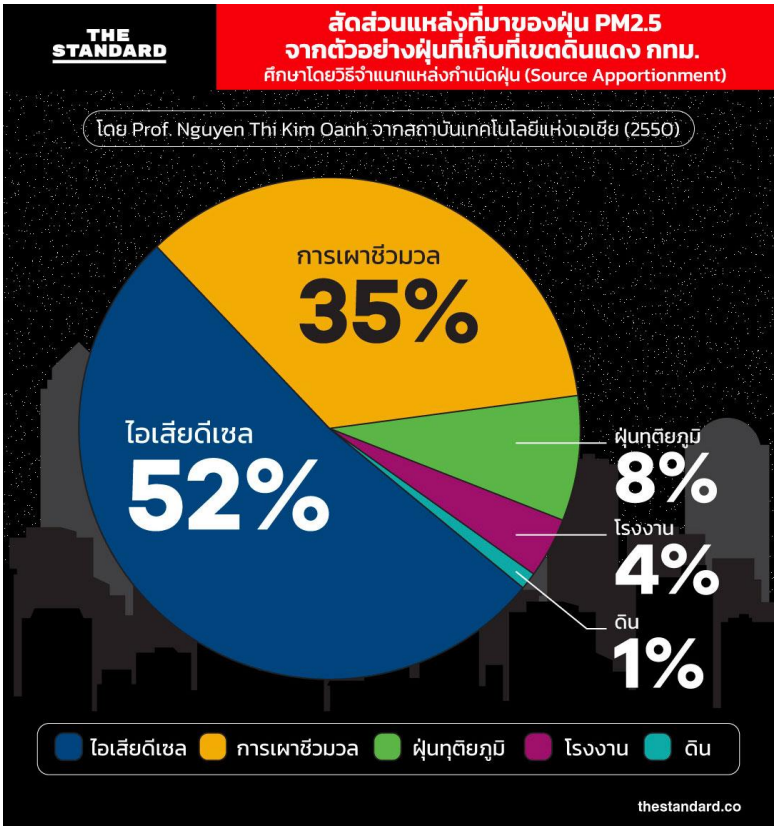
แผนภาพที่ 3-9 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ณ เวลา 00.00 น. สถานีเขตดินแดง



ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ • *ข้อมูลล่าสุด ณ วันที่ 1 ก.พ. 2564 • **สถานีวัด ต.บางกรวย อ.บางกรวย จ.นนทบุรี มีข้อมูลถึงวันที่ 18 ธ.ค. 2563 เท่านั้น เนื่องจากกรมฯ ย้ายสถานีวัด • ***ข้อมูลปริมาณฝุ่นที่ได้จากสถานีวัดอาจไม่สมบูรณ์ในบางวัน โดยวันที่มีค่าเฉลี่ยจะต้องมีความสมบูรณ์ของข้อมูลในวันนั้นร้อยละ 75 ขึ้นไป

ที่มา : เจาะลึกฝุ่น PM2.5 ด้วยข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี ฝุ่นมาจากไหน เรารู้อะไรบ้าง, The Standard, ออนไลน์, 2566

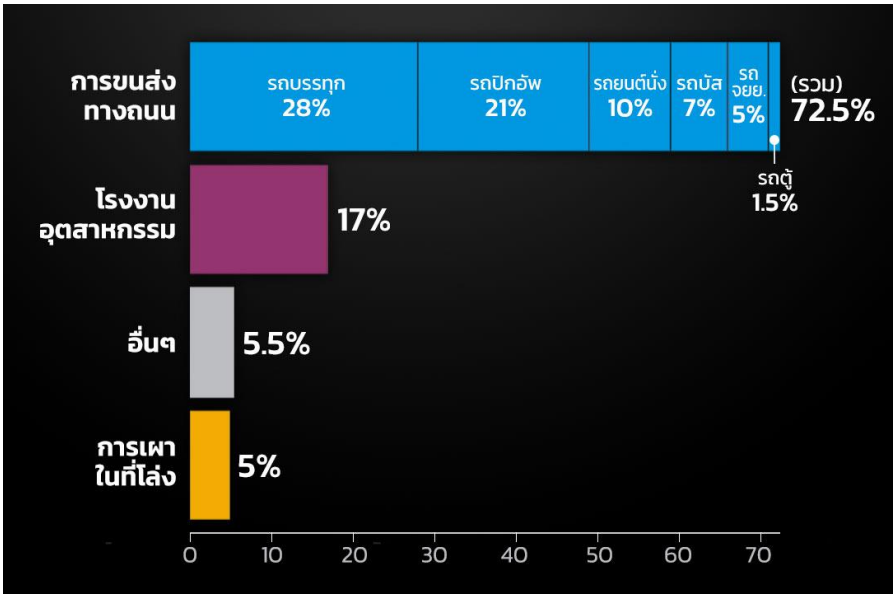
แผนภาพที่ 3-10 สัดส่วนแหล่งที่มาของฝุ่น PM 2.5 ที่เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร



ที่มา : เจาะลึกฝุ่น PM2.5 ด้วยข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี ฝุ่นมาจากไหน เรารู้อะไรบ้าง, The Standard, ออนไลน์, 2566

ซึ่งจากการศึกษาโดยกรมควบคุมมลพิษร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (Asian Institute of Technology : AIT) เมื่อปี 2561 พบว่าสัดส่วนการระบายฝุ่น PM 2.5 จากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลจากการบำบัญชีการระบายสารมลพิษ ร้อยละ 72.5 ของฝุ่นเกิดจากกิจกรรมการขนส่งทางถนน ร้อยละ 17 เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ร้อยละ 5 เกิดจากการเผาไหม้ในพื้นที่โล่ง และร้อยละ 5.5 เกิดจากกิจกรรมอื่นๆ ตามแผนภาพที่ 3-11 (นายพสิษฐ์ คงคุณากรกุล, ออนไลน์, 2564)

แผนภาพที่ 3-11 สัดส่วนแหล่งที่มาของฝุ่น PM 2.5 จากแหล่งกำเนิดพื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

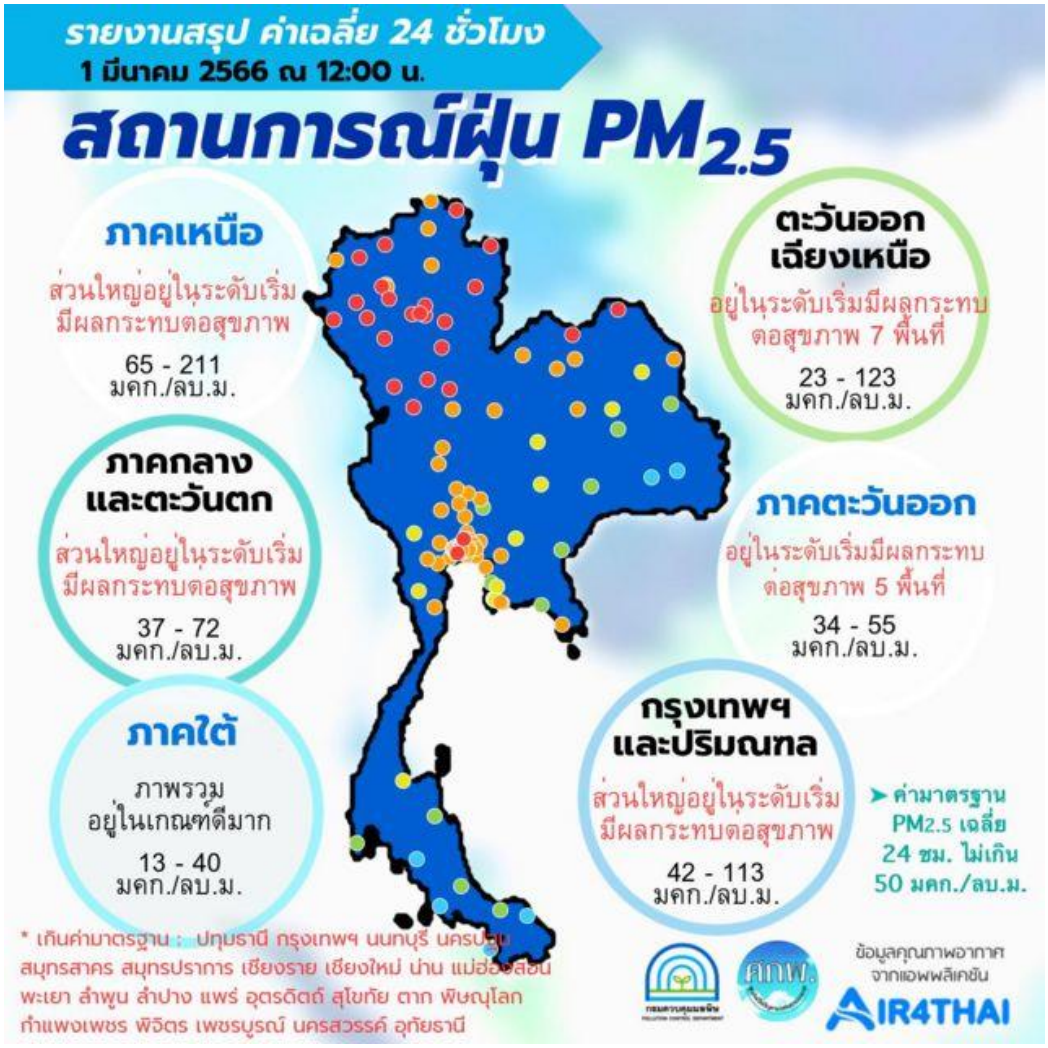


ที่มา : เจาะลึกฝุ่น PM2.5 ด้วยข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี ฝุ่นมาจากไหน เรารู้อะไรบ้าง, The Standard, ออนไลน์, 2566

การเผาไหม้ในที่โล่งนั้นหนึ่งในกิจกรรมที่พบเป็นประจำคือการเผาไร่อ้อย เป็นการเผาเพื่อเก็บเกี่ยวอ้อยส่งโรงงานน้ำตาล เพราะมีต้นทุนที่น้อยกว่าการใช้แรงงานคนหรือเครื่องจักร การเผาจำนวนมากนี้เป็นเหตุให้เกิดฝุ่นพิษในช่วงอย่างน้อย 5 ปีก่อนหน้านี้ที่ประเทศไทยเริ่มตระหนักถึงปัญหาฝุ่นพิษ ซึ่งพบว่าโดยในช่วงเดือน ธ.ค. - เม.ย. ของทุกปี จะเกิดปัญหา PM2.5 ในหลายพื้นที่ของประเทศ และเป็นช่วงเวลาที่ตรงกับฤดูเก็บเกี่ยวอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลทั่วประเทศตรวจพบพื้นที่ปลูกอ้อยที่มีไฟไหม้ ซ้ำซาก ยังคงมีอยู่ในบริเวณรอยต่อระหว่างจังหวัดชัยภูมิ นครราชสีมา และบริเวณรอยต่อ จ. ขอนแก่น อุดรธานี กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม ทั้งนี้หากการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบทางการเกษตรดังกล่าวอาจจะเป็นการเพิ่มต้นทุนให้แก่เกษตรกรซึ่งจะสามารถช่วยเหลือเกษตรให้มีทรัพยากรทางการเงินจ้างแรงงานหรือเครื่องจักรในการจัดเก็บอ้อยได้

แทนการเผาซึ่งก่อให้เกิดปัญหาฝุ่นละออง PM 2.5 (BBC NEWS ไทย, ออนไลน์, 2566) ตามแผนภาพที่ 3-12

แผนภาพที่ 3-12 ค่าฝุ่นพิษ PM 2.5 ของประเทศไทยวันที่ 1 มีนาคม 2566



ที่มา : ฝุ่น PM 2.5 : ไทยพบจุดความร้อนสูงสุดนับตั้งแต่ปี 2566, BBC NEWS ไทย, ออนไลน์, 2566

อีกทั้งปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งเสริมนโยบายเศรษฐกิจชีวภาพ-เศรษฐกิจหมุนเวียน-เศรษฐกิจสีเขียว (Bio-Circular-Green Economy : BCG Model) เป็นการส่งเสริมจุดแข็งของประเทศไทยคือ ความหลากหลายทางชีวภาพ และความหลากหลายทางวัฒนธรรม เป็นการเชื่อมโยงหลักคิดเศรษฐกิจพอเพียง (SEP) สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ที่มีกิจกรรมหลักภายใน BCG Model ประกอบด้วย (ข่าวคณะโฆษก รัฐบาลไทย, ออนไลน์, 2564)

1. อนุรักษ์ ฟื้นฟู พัฒนา เพิ่มพูนทรัพยากร ความหลากหลายทางชีวภาพและวัฒนธรรม
2. บริหารจัดการ การใช้ประโยชน์และบริโภค อย่างยั่งยืน

3. ลดและใช้ประโยชน์ของทิ้งจากกระบวนการผลิตสินค้าและบริการ

4. สร้างมูลค่าเพิ่ม ตลอดห่วงโซ่มูลค่า ตั้งแต่ภาคเกษตรที่เป็นต้นน้ำ จนถึงภาคการผลิตและบริการ

5. สร้างภูมิคุ้มกัน พึ่งพาตนเอง และเพิ่มสมรรถนะในการฟื้นตัวอย่างรวดเร็ว

นอกจากนี้ทางคณะกรรมการบริหารนโยบายเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียวได้อนุมัติแผนยุทธศาสตร์การขับเคลื่อนการพัฒนาโมเดลเศรษฐกิจ B C G พ.ศ. 2564-2569 ซึ่งประกอบด้วย 4 ยุทธศาสตร์ ได้แก่

ยุทธศาสตร์ที่ 1 : สร้างความยั่งยืนของฐานทรัพยากรและความหลากหลายทางชีวภาพด้วยการจัดสมดุลระหว่างการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ มุ่งเน้นการนำทรัพยากรกลับมาใช้ซ้ำตามหลักการหมุนเวียน

ยุทธศาสตร์ที่ 2 : การพัฒนาชุมชนและเศรษฐกิจฐานรากให้เข้มแข็งด้วยทุนทรัพยากรอัตลักษณ์ ความคิดสร้างสรรค์ และเทคโนโลยีสมัยใหม่ มุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพและความหลากหลายทางวัฒนธรรมมายกระดับมูลค่า

ยุทธศาสตร์ที่ 3 : ยกระดับการพัฒนาอุตสาหกรรมภายใต้เศรษฐกิจ BCG ให้สามารถแข่งขันได้อย่างยั่งยืนมุ่งเน้นนำความรู้ เทคโนโลยี และนวัตกรรมมาเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การหมุนเวียนทรัพยากรกลับมาใช้ หรือการนำไปสร้างมูลค่าเพิ่มตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ยกระดับมาตรฐานและให้ความสำคัญกับระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ยุทธศาสตร์ที่ 4 : เสริมสร้างความสามารถในการตอบสนองต่อกระแสการเปลี่ยนแปลงของโลก มุ่งเน้นการสร้างความรู้ ด้วยการนำวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมไปเพิ่มศักยภาพของชุมชน ผู้ประกอบการ ปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิต/บริการ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของตลาด สร้างการเติบโตอย่างมีคุณภาพ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อนำไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำ

จากข้อมูลยุทธศาตร์ทั้ง 4 ของโมเดลเศรษฐกิจ BCG จะเห็นได้ว่าการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานจะสามารถเป็นโครงการหนึ่งที่ส่งผลต่อการใช้งานทรัพยากรหมุนเวียผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกทั้งยังสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อนำไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำได้อีกด้วย (ข่าวคณะโฆษก รัฐบาลไทย, ออนไลน์, 2564) ตามแผนภาพที่ 3-13

แผนภาพที่ 3-13 แผนยุทธศาสตร์การขับเคลื่อนการพัฒนาโมเดลเศรษฐกิจ BCG

ที่มา : BCG Economy นโยบายกระตุกเศรษฐกิจที่ภาคปศุสัตว์ ทั้งระบบต้องขับเคลื่อน, ออนไลน์, 2566

ความพร้อมของประเทศไทยในการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน

1. การผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนในปัจจุบัน

ปัจจุบันทั่วโลกมีโรงงานผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนที่ใช้กระบวนการผลิตตามมาตรฐาน ASTM D7566 ประมาณ 10 แห่ง (Argusmedia, ออนไลน์, 2565) โดยแบ่งเป็นผู้ผลิตด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid (HEFA-SPK) จำนวน 8 แห่ง ตั้งอยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา ยุโรป และจีน และผู้ผลิตด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Fischer-tropsch Hydroprocessed (FT-SPK) อีก 2 แห่ง (Argusmedia, ออนไลน์, 2566) ตามตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 ข้อมูลโรงงานผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน

ชื่อผู้ผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน	กระบวนการผลิต	กำลังการผลิต (ตันต่อปี)
1. บริษัท World Energy ที่ตั้ง California, USA	HEFA-SPK	100,000
2. บริษัท Neste ที่ตั้ง Porvoo, Finland	HEFA-SPK	100,000
3. บริษัท Total ที่ตั้ง La Mede, France	HEFA-SPK	100,000
4. บริษัท Sinopec ที่ตั้ง Zhejiang, China	HEFA-SPK	80,000
5. บริษัท ECO Environmental ที่ตั้ง Jiangsu, China	HEFA-SPK	50,000
6. บริษัท ENI ที่ตั้ง Livorno, Italy	HEFA-SPK	10,000
7. บริษัท Repsol ที่ตั้ง Petronor, Spain	HEFA-SPK	N/A
8. บริษัท Phillips 66 ที่ตั้ง Humber, UK	HEFA-SPK	N/A
9. บริษัท Fulcrum ที่ตั้ง Reno, Nevada (Sierra Biofuels Plant)	FT-SPK	33,000
10. บริษัท Atmosfair ที่ตั้ง Werlte, Germany	FT-SPK	365

ที่มา: Argusmedia, Online, 2022

จากข้อมูลปัจจุบันพบว่ากระบวนการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid (HEFA-SPK) เป็นที่นิยมในการลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน เนื่องด้วยกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนและใกล้เคียงกับกระบวนการผลิตน้ำมันน้ำมันเครื่องบิน หรือที่เรียกว่าหน่วยกำจัดกำมะถัน (Hydrodesulfurization) ในโรงกลั่นน้ำมันทั่วไป สามารถนำหน่วยผลิตกำจัดกำมะถันในน้ำมันดีเซลที่ไม่ใช้งานแล้วมาปรับปรุงเพื่อใช้สำหรับผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนได้

นอกจากนี้ผู้ผลิตประกาศเริ่มออกแบบและเตรียมก่อสร้างโรงงานภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกในพื้นที่เมืองที่เป็นศูนย์กลางการบินในภูมิภาค (Aviation Hub) ต่าง ๆ เช่น ประเทศจีน เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น สิงคโปร์ อินโดนีเซีย ออสเตรเลีย เป็นต้น ซึ่งมีทั้งผลิตด้วยกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

1. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid ซึ่งมีบริษัทเจ้าของเทคโนโลยีที่สำคัญ ได้แก่ เทคโนโลยี Ecofining™ ของบริษัท Honeywell UOP (Honeywell UOP, ออนไลน์, 2566) เทคโนโลยี Vegan® ของบริษัท Axens (Axens, ออนไลน์, 2566) เทคโนโลยี HydroFlex™ ของบริษัท Topsoe (Topsoe, ออนไลน์, 2566) เทคโนโลยี ISOCONVERSION ของบริษัท Chevronlummus (Chevronlummus, ออนไลน์, 2566) เป็นต้น

2. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮอล์ ซึ่งมีบริษัทเจ้าของเทคโนโลยีที่สำคัญ ได้แก่ เทคโนโลยี LanzaJet ของบริษัท LanzaJet (LanzaJet, ออนไลน์, 2566)

เทคโนโลยี Jetanol™ ของบริษัท Axens (Axens, ออนไลน์, 2566) เทคโนโลยี ETJ ของบริษัท Honeywell UOP (Honeywell UOP, ออนไลน์, 2566) เป็นต้น

3. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Fischer-tropsch Hydroprocessed ซึ่งมีบริษัทเจ้าของเทคโนโลยีที่สำคัญ ได้แก่ เทคโนโลยี G2L™ ของบริษัท Topsoe (Topsoe, ออนไลน์, 2566) เทคโนโลยี HyCOgen™ และ FT CANS™ ของบริษัท Johnson Matthey (Johnson Matthey, ออนไลน์, 2566) เป็นต้น

2. ความพร้อมในภาพรวมของประเทศไทย

การใช้งานเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนยังต้องเตรียมความพร้อมในหลากหลายด้านในประเทศไทย ทั้งความเพียงพอของวัตถุดิบ การผลิต การจัดเก็บและจัดจำหน่าย รวมถึงผู้ใช้เชื้อเพลิง เช่น สายการบินต่าง ๆเนื่องจากยังมีปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องทางด้านราคาของเชื้อเพลิง

ซึ่งในปัจจุบันนั้นเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนมีราคาสูงกว่า 1.5 - 6 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ดังนั้นนโยบายและแรงจูงใจจากรัฐบาลยังเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงควบคู่ไปกับเศรษฐกิจได้ เช่น ภาษีคาร์บอนจะช่วยลดความแตกต่างระหว่างราคาของน้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ เป็นการผลักดันด้านเศรษฐกิจให้เกิดการใช้งาน (European Union Aviation Safety Agency (EASA), Online, 2023) รวมถึงเป็นกุญแจสำคัญในช่วงแรกที่มีความต้องการจากภาคเอกชนในการสนับสนุนต่าง ๆ (World Economic Forum, Online, 2023)

3. ความพร้อมด้านวัตถุดิบและการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม การเปลี่ยนผ่านพลังงานมาใช้วัตถุดิบจากชีวมวล ทำให้ประเทศไทยได้เปรียบทางด้านการจัดหาวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนผลิตต่าง ๆ เช่น หากนำข้อมูลปริมาณอ้อย ข้าวโพด และมันสำปะหลัง ภายในประเทศมาผลิตเป็นเอทานอลทั้งหมด โดยคิดจากปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอล ดังแสดงในตารางที่ 3-11 ประเทศไทยจะสามารถผลิตเอทานอลอยู่ที่ประมาณ 11,900 ล้านลิตรต่อปี

หากเทียบจากข้อมูลปริมาณวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน การผลิตของวัตถุดิบในประเทศไทยนั้นมีการผลิตภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่และมีการนำเข้าบางส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับวัตถุดิบประเภทชีวมวลจากการเกษตรต่าง ๆ ซึ่งได้เปรียบกับประเทศอื่น ๆ ที่ขาดแคลนวัตถุดิบเหล่านั้น ซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง (S&P Global, Online, 2023)

ทั้งนี้ประเทศไทยมีความพร้อมในการจัดหาวัตถุดิบด้วยลักษณะภูมิประเทศที่เหมาะแก่การทำเกษตรกรรมแล้วนั้น ยังต้องการนโยบายเพื่อส่งเสริมทางด้านการเกษตร ในการตอบสนองต่อความต้องการใช้วัตถุดิบต่าง ๆ ควบคู่กันไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อไม่ให้มีผลกระทบกับภาคอาหาร ซึ่งมีวัตถุดิบประเภทชีวมวลต่าง ๆ นั้นยังเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเช่นกัน

ตารางที่ 3-11 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอล 1 ลิตร

ชนิดของวัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอล 1 ลิตร
อ้อย	12.7 - 14.3
กากน้ำตาล	4 - 6
ข้าวฟ่างหวาน	14
หัวบีท	10.3
มันสำปะหลัง	6.50 - 5.45
มันฝรั่ง	8.5
ข้าวโพดโดยกระบวนการโม่เปียก	3.68
ข้าวโพดโดยกระบวนการโม่แห้ง	2.58
ข้าวสาลี	2.6
ข้างฟ่าง	2.3
ข้าวเปลือก	2.25
ไม้	3.85

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559

นอกจากนี้การผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนนั้นจำเป็นต้นใช้เงินทุนจำนวนมาก ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ราคาสูงกว่าน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล และมีทั้งค่าต้นทุนของวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต เช่น การผลิตน้ำมันเครื่องบินจากวัตถุดิบประเภทชีวมวลจากการเกษตรกรรมในปริมาณ 4.5 ล้านแกลลอน ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายในกระบวนผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนราว 1,155 ล้านดอลลาร์สหรัฐ แบ่งออกเป็นค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต 773 ล้านดอลลาร์สหรัฐ และค่าใช้จ่ายสำหรับต้นทุนผู้ผลิตวัตถุดิบราว 382 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Bijay P Sharma, et al., 2021: 775389) ดังแสดงในตารางที่ 3-12 หรือ การผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนจากอ้อยในปริมาณ 30 ล้านลิตรต่อปี จะต้องใช้เงินลงทุนราว 320 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Abid H Tanzil, et al., 2022: 123992)

โดยในปัจจุบันมีการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนในระดับอุตสาหกรรมด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid และกระบวนการกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮออล์ (Alcohol to Jet Synthetic Paraffinic Kerosene) เท่านั้น ส่วนกระบวนการอื่น ๆ นั้นอยู่ระหว่างการศึกษา

หากเทียบกับความต้องการใช้น้ำมันอากาศยานในประเทศนั้น การลงทุนในกระบวนการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนต้องใช้เงินทุนจำนวนมาก ดังนั้นนโยบายการส่งเสริมเพื่อให้เกิดการลงทุนดังกล่าวจึงเป็นสิ่งสำคัญในการผลักดันด้านเศรษฐกิจอีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 3-12 ค่าใช้จ่ายรายปีสำหรับการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน

ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน	**ค่าใช้จ่าย (ล้านดอลลาร์)**
อุปกรณ์ในกระบวนการผลิต	175.32
ต้นทุนการจัดหาวัตถุดิบ	381.72
ต้นทุนการแปรรูปวัตถุดิบ	73.75
ต้นทุนการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน	514.95
ค่าขนส่ง	9.60
ต้นทุนผู้ผลิตวัตถุดิบ	**ค่าใช้จ่าย (ล้านดอลลาร์)**
ค่าเสียโอกาสการใช้ที่ดิน	39.88
ต้นทุนการสร้างวัตถุดิบ	46.26
ค่าบำรุงรักษาวัตถุดิบ	34.35
ค่าเก็บเกี่ยววัตถุดิบ	113.65
ค่าจัดเก็บวัตถุดิบ	23.97
ค่าขนส่งวัตถุดิบ	106.73

ที่มา: Bijay P Sharma, et al., 2021: 775389

4. ความพร้อมในการจัดจำหน่ายน้ำมันอากาศยานยั่งยืน

ตามข้อกำหนดชนิดของถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง โดยน้ำมันอากาศยานยั่งยืนมีจุดวาบไฟที่ 38 องศาเซลเซียส ซึ่งจัดเป็นน้ำมันชนิดไวไฟปานกลางเช่นเดียวกับน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (กฎกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขเกี่ยวกับการแจ้ง การอนุญาต และอัตราค่าธรรมเนียมเกี่ยวกับการประกอบกิจการน้ำมันเชื้อเพลิง, ๒๕๕๖)

ดังนั้น น้ำมันอากาศยานยั่งยืนสามารถใช้สถานที่เก็บรักษาน้ำมันสามารถใช้ ระบบขนส่งเชื้อเพลิงทั้งทางรถบรรทุก รถไฟ และทางท่อ ที่ใช้สำหรับเชื้อเพลิงอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ โดยไม่ต้องปรับปรุงอุปกรณ์เพิ่มเติม (IATA, 2015)

รวมถึงการจัดจำหน่าย การจัดส่ง และการจัดเก็บน้ำมันอากาศยานยั่งยืนสามารถทำได้หลากหลายรูปแบบ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 แนวทาง ได้แก่

1. ผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนและน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในคลังน้ำมัน
2. ผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนและน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในโรงกลั่น
3. ผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนและน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลโดยมีผลดีผลเสีย และข้อจำกัดที่แตกต่างกันในแต่ละวิธี ดังแสดงในตารางที่ 3-13 ถึง 3-15

ตารางที่ 3-13 ผลดี ผลเสีย และข้อจำกัดผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนและน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในคลังน้ำมัน

ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัด
1. สามารถผสมในปริมาณมากกว่าที่สนามบิน 2. มีประสบการณ์ในการจัดการเชื้อเพลิงชีวภาพ 3. มีโครงสร้างพื้นฐานในการเปลี่ยนถ่ายเชื้อเพลิง 4. สามารถใช้โครงสร้างพื้นฐานด้านปลายน้ำทั้งหมดไปยังสนามบินสามารถคงอยู่ตามเดิม 5. การดำเนินงานด้านอุตสาหกรรมมีพื้นที่เหมาะสมกว่าสนามบิน 6. สามารถจัดส่งไปยังสนามบินต่าง ๆ ได้จากคลังน้ำมันเดียวกัน 7. มีประสบการณ์ในการผสมเชื้อเพลิง	1. ต้องการโครงสร้างพื้นฐานการจ่ายเชื้อเพลิงเฉพาะของ SAF ไปยังคลังเชื้อเพลิง	1. พื้นที่และความจุจำกัดสำหรับความคาดหวังของน้ำมันอากาศยานยั่งยืนภายในปี 2593 2. จำเป็นต้องมีระบบบัญชีที่มีประสิทธิภาพและโปร่งใสในการติดตามเชื้อเพลิงไปยังสนามบินต่างๆ

ที่มา: Airports Council International (ACI), Online, 2023

ตารางที่ 3-14 ผลดี ผลเสีย และข้อจำกัดผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนและน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในโรงกลั่นน้ำมัน

ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัด
1. มีความเชี่ยวชาญในการจัดการผลิตภัณฑ์ไฮโดรคาร์บอนต่างๆ รวมถึงเชื้อเพลิงชีวภาพ 2. มีความเชี่ยวชาญในการจัดการเชื้อเพลิงอากาศยาน 3. มีโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งที่ยืดหยุ่น (ท่อ ท่าเรือ ทางรถไฟ)	1. เหมาะสำหรับการผสมในปริมาณมากเท่านั้น	1. เหมาะสำหรับการผสมปริมาณมาก ไม่เหมาะสำหรับการผสมในปริมาณน้อย 2. อาจอยู่ห่างจากสิ่งอำนวยความสะดวกของน้ำมันอากาศยานยั่งยืนมากขึ้น 3. อาจต้องขนส่ง SAF ในปริมาณมาก และอาจต้องใช้โครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งเพิ่มเติม

ที่มา: Airports Council International (ACI), Online, 2023

ตารางที่ 3-15 ผลดี ผลเสีย และข้อจำกัดผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนและน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในท่าอากาศยาน

ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัด
1. ต้องการรถบรรทุกน้อยลงสำหรับน้ำมันอากาศยานยั่งยืน (รถบรรทุก 1 คันที่มีน้ำมันอากาศยานยั่งยืน 100% เทียบกับ 3 คันที่ผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนร้อยละ 30 2. ลดต้นทุนการขนส่ง	1. จำเป็นต้องมีโครงสร้างพื้นฐานของสนามบินในการรับจัดเก็บ และผสมเชื้อเพลิง 2. ต้องมีการทำซ้ำของห่วงโซ่อุปทานเชื้อเพลิงตลอดทางจนถึงสนามบิน	1. รถบรรทุกที่จำเป็นสำหรับการขนส่งน้ำมันอากาศยานยั่งยืน หากไม่อนุญาตให้ใช้น้ำมันอากาศยานยั่งยืน 100% ในท่อ (ในกรณีนี้) การจำกัดปริมาณการจัดส่ง 2. ความจุถังน้ำมันของสนามบินมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับที่อื่น

ตารางที่ 3-15 (ต่อ) ผลดี ผลเสีย และข้อจำกัดผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนและน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในท่าอากาศยาน

ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัด
3. เพิ่มการมองเห็นและการมีอยู่ของอากาศยานยั่งยืนต่อเจ้าหน้าที่สนามบิน	3. การรับรองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเป็นต้องดำเนินการในสถานที่ 4. การจราจรติดขัด	3. จำเป็นต้องมีข้อบังคับสำหรับการผสมที่ไซต์งาน – การขาดความเชี่ยวชาญในข้อกำหนดการรับรอง 4. สามารถขนถ่ายเชื้อเพลิงที่มีจำกัดได้โดยใช้ชั้นวางขนถ่ายที่มีอยู่ 5. ขาดกรอบทางกฎหมายในการขนส่ง SAF 100% ในบางประเทศ

ที่มา: Airports Council International (ACI), Online, 2023

5. ความพร้อมของสายการบินในประเทศไทย

ปี 2562 ประเทศไทยมีความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานทั้งหมดประมาณ 19.6 ล้านลิตรต่อวัน แบ่งเป็นความต้องการสำหรับการบินภายในประเทศ 7.15 ล้านลิตรต่อวัน และความต้องการสำหรับการบินระหว่างประเทศ 12.44 ล้านลิตรต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 3-16

ตารางที่ 3-16 ความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานของประเทศไทย

ปี	ความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานทั้งหมด[1/]	ความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานของการบินระหว่างประเทศ[2/]	ความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานของการบินภายในประเทศ
2553	12.91	9.43	3.48
2554	13.91	9.81	4.09
2555	13.91	9.80	4.11
2556	15.24	9.47	5.77
2557	15.10	8.91	6.20
2558	16.53	10.39	6.14
2559	17.67	9.96	7.71
2560	18.47	11.36	7.11
2561	19.44	11.64	7.79
2562	19.60	12.44	7.15

ที่มา: [1/] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2565

[2/] THAILAND’s Action Plan to Reduce Aviation Emissions version 2021, State Action Plans Submitted to ICAO, 2022

ซึ่งสายการบินในประเทศไทยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1. สายการบินในประเทศไทย 2. สายการบินระหว่างประเทศ โดยการบินภายในประเทศไทยมีสายการบินให้บริการ

จำนวน 7 ราย ได้แก่ 1. การบินไทย 2. บางกอกแอร์เวยส์ 3. ไทยสมายล์ 4. สายการบินนกแอร์ 5. ไทยแอร์เอเชีย 6. ไทยไลอ้อนแอร์ 7. ไทยเวียตเจ็ท และมีสายการบินต่างชาติที่ให้บริการระหว่างสนามบินสุวรรณภูมิและสนามบินภูเก็ตเพิ่มขึ้นในปี 2565 จำนวน 3 ราย ได้แก่ 1. สายการบินเอมิเรตส์ 2. สายการบินเอทิฮัด 3. สายการบินแอล อัล อิสราเอล (สำนักงานนโยบายและบริหารยุทธศาสตร์, 2565)

การบินระหว่างประเทศมีสายการบินให้บริการในประเทศไทยมากกว่า 125 ราย (สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย, ออนไลน์, 2566) โดยสถิติปริมาณเที่ยวบินระหว่างประเทศสะสมใน 10 อันดับแรก ได้แก่ 1. การบินไทย 2. สายการบินเอมิเรตส์ 3. ไทยแอร์เอเชีย 4. สายการบินกาตาร์ 5. สิงคโปร์แอร์ไลน์ 6. ออล นิปปอน แอร์เวย์ 7. เค-ไมล์ แอร์ 8. เคแอลเอ็ม โรยัลดัตช์ แอร์ไลน์ 9. สายการบินคาร์โกลักซ์ 10. สายการบินสกู๊ต (สำนักงานนโยบายและบริหารยุทธศาสตร์, 2565)

ด้วยการคุณสมบัติของน้ำมันอากาศยานยั่งยืนที่เหมือนกับน้ำมันอากาศยาน เจ็ท เอ-1 ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการบินพาณิชย์ในปัจจุบัน (IATA, Online, 2023) จึงทำให้สายการบินต่าง ๆ สามารถปรับเปลี่ยนไปใช้น้ำมันอากาศยานยั่งยืนได้ง่าย โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีของเครื่องบินในปัจจุบัน

อีกทั้งสายการบินต่าง ๆ มีการตั้งเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์สุทธิภายในปี 2593 ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของ ICAO โดยมีเป้าหมายการดำเนินงานที่แตกต่างกัน เช่น สายการบินกาตาร์มีเป้าหมายการใช้น้ำมันอากาศยานยั่งยืนในสัดส่วนร้อยละ 10 ในปี 2573 (Qatar Airways, Online, 2023) รวมถึงสายการบินเอมิเรตส์ได้ทำการทดสอบใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนร้อยละ 100 ในหนึ่งเครื่องยนต์ของเครื่องบิน โบอิ้ง 777-300ER (Emirates, 2023)

รวมถึงนานาชาติที่มีนโยบายของแต่ละประเทศในการกำหนดสัดส่วนการผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น สหภาพยุโรป ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา เป็นต้น ซึ่งหากเทียบความต้องการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานของการบินระหว่างประเทศในปี 2562 จะคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 63.5 ของความต้องการน้ำมันอากาศยานในประเทศไทย

และจากการคาดการณ์ความต้องการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานของการบินระหว่างประเทศจะเพิ่มขึ้นไปยัง 28.46 ล้านลิตรต่อวัน (THAILAND’s Action Plan to Reduce Aviation Emissions version 2021, State Action Plans Submitted to ICAO, 2022) ดังนั้นสายการบินอาจมีความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเพื่อใช้ในภาคการบินระหว่างประเทศ 19.35 ล้านลิตรต่อวัน หากเทียบกับเป้าหมายสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในปี 2593 ของสหภาพยุโรป

สรุป

จากการศึกษาข้อมูลประกอบด้านปริมาณ ราคาของวัตถุดิบในประเทศ ตามความต้องการของเทคโนโลยีที่ได้รับการรับรองจาก องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) พบว่า วัตถุดิบประเภทที่ได้จากผลผลิตทางการเกษตรและของเสียในประเทศไทยค่อนข้างมีความเป็นไปได้ทั้งด้านปริมาณและราคาที่จะเป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยต้องการทำการศึกษาเพิ่มเติมในเชิงเศรษฐศาสตร์ และความคุ้มทุนในการลงทุน รวมถึงผลกระทบในเชิงบวกที่จะเกิดขึ้นกับประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกร ตลอดห่วงโซ่อุปทานของการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนในอนาคต

นอกจากนี้ในประเด็นด้านยุทธศาสตร์การขับเคลื่อนประเทศด้วยโมเดล BCG ในส่วนของการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ยังไม่มีความชัดเจนมากนัก จำเป็นต้องมีการสนับสนุนด้านนโยบายการสนับสนุนที่ชัดเจน อย่างไรก็ตามในภาคการบิน (อากาศยาน) รวมถึงสายการบินมีการประกาศนโยบายอย่างชัดเจน ที่มีความเกี่ยวข้องกับประเด็นการลดก๊าซเรือนกระจก ผ่านการผลักดันให้เกิดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพ

ดังนั้นในการศึกษาโดยภาพรวมเกี่ยวกับสภาพการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในปัจจุบันและในอนาคตเพื่อกำหนดสภาพการผลิตที่ต้องการเพื่อวิเคราะห์การผลิตและจำหน่ายในเชิงพานิชย์ พบว่า ประเทศมีความพร้อมในการเป็นแหล่งผลิตเมื่อพิจารณาด้านปริมาณ ต้นทุนของวัตถุดิบ และเทคโนโลยีที่มีการใช้งานในเชิงพานิชย์ รวมถึงองค์ความรู้และการนำไปใช้งานของภาคการบิน แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาในประเด็นของนโยบายภาครัฐยังไม่พบความชัดเจนในการส่งเสริมสนับสนุน ในระดับผู้ผลิตเพื่อเชิงพานิชย์ และต้องในการศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นความคุ้มทุนและผลที่ได้จากการเป็นผู้ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนต่อไป

บทที่ 4
วิเคราะห์แนวทางในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานในประเทศ (กรณีศึกษา)

ในบทที่ 4 นี้จะเป็นการศึกษากรณีการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานในประเทศ เพื่อนำเสนอเป็นโครงการต้นแบบในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนมาช่วงแก้ปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการบินของประเทศ รวมถึงการสร้างรายได้เพิ่มเติมจากผลผลิตทางการเกษตร โดยกรณีศึกษามีหัวข้อการศึกษาดังนี้

1. ข้อมูลวัตถุดิบสำหรับผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทย
2. ความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานในประเทศ
3. การวิเคราะห์เทคโนโลยีและต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย
4. การวิเคราะห์ศักยภาพในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน
5. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคของการพัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทย
6. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงสิ่งแวดล้อม และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการบินของการพัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทย
7. สรุป

ข้อมูลวัตถุดิบสำหรับผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทย

จากการศึกษาเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่สามารถผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนและสามารถส่งเสริมการใช้วัตถุดิบจากภาคการเกษตรกรรมในประเทศไทย ประกอบด้วย 2 เทคโนโลยี ได้แก่ กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮออล์ (Alcohol to Jet Synthetic Paraffinic Kerosene, ATJ-SPK) ที่ใช้ เอทานอลเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต และกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid ที่สามารถใช้น้ำมันดิบปาล์ม (Crude Palm Oil: CPO) เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตโดยอ้างอิงวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอล

ในประเทศไทย สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนด้วยกระบวนการ ATJ-SPK ซึ่งมีวัตถุดิบหลัก 2 ชนิดได้แก่ อ้อย และมันสำปะหลัง

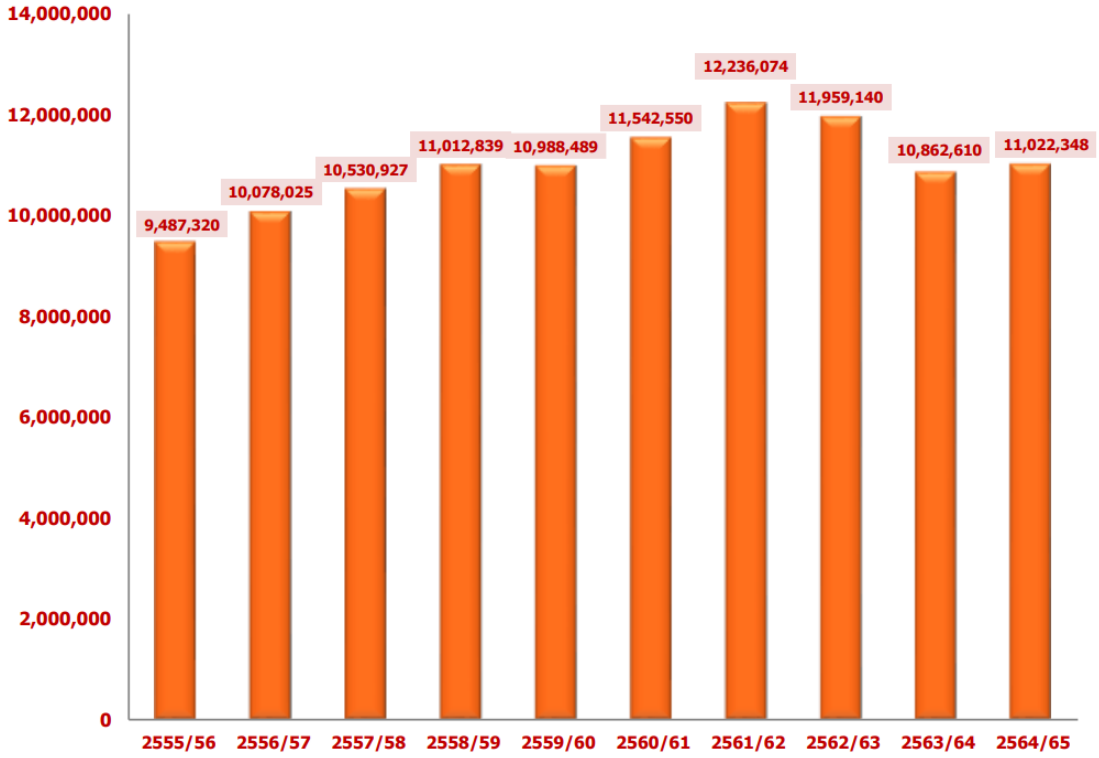
1. ข้อมูลปริมาณ พื้นที่เพาะปลูก และราคาของอ้อยในประเทศไทย

การเพาะปลูกอ้อยในประเทศไทยสามารถแบ่งผลผลิตได้ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ปลูกอ้อยเพื่อส่งโรงงาน และปลูกอ้อยทำพันธุ์ โดยในปรงบประมาณ 2564/65 มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยในประเทศไทยรวมทั้งสิ้น 11,022,348 ไร่ แบ่งออกเป็น อ้อยส่งโรงงาน 9,531,689 ไร่ และปลูกอ้อยทำพันธุ์ 1,490,659 ไร่ (กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2565)

ซึ่งในประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยรวมทั้งประเทศอยู่ในช่วงระหว่าง 9-11 ล้านไร่ ในช่วงปีการผลิต 2555/56 ถึง ปีการผลิต 2564/65 โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยประมาณ 10 ล้านไร่ต่อปีการผลิต ดังแสดงในแผนภาพที่ 4-1

โดยมีพื้นที่เพาะปลูกใหญ่ของประเทศไทยด้วยกัน 4 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ 9 จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 20 จังหวัด ภาคตะวันออก 6 จังหวัด และภาคกลาง 12 จังหวัด ซึ่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการปลูกอ้อยมากที่สุดในประเทศไทย และสามารถให้ผลผลิตเฉลี่ย 9.61 ตันต่อไร่ ดังแสดงในตารางที่ 4-1 และมีโรงงานกระจายอยู่ในพื้นที่ปลูกอ้อยทั่วประเทศ ดังแสดงในแผนภาพที่ 4-2

แผนภาพที่ 4-1 เปรียบเทียบพื้นที่ปลูกอ้อยรวมทั้งประเทศ (ไร่) แปลจากภาพถ่ายดาวเทียม 10 ปีย้อนหลัง



ที่มา : กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร “รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2564/65”, 2565

ตารางที่ 4-1 พื้นที่ปลูกอ้อย ปริมาณอ้อยทั้งหมด พื้นที่เก็บเกี่ยว และปริมาณอ้อยส่งโรงงาน ปีการผลิต 2564/65

ภูมิภาค	พื้นที่ปลูกอ้อย (ไร่)	ปริมาณอ้อยทั้งหมด (ตัน)	พื้นที่เก็บเกี่ยวอ้อยส่งโรงงาน (ไร่)	ปริมาณอ้อยส่งโรงงาน (ตัน)
เหนือ	2,705,943	22,762,550	2,351,312	19,781,480
ตะวันออกเฉียงเหนือ	4,661,795	50,264,480	4,274,571	46,186,045
ตะวันออก	663,278	6,615,248	447,321	4,461,356
กลาง	2,991,332	26,302,076	2,458,485	21,620,578
รวม	**11,022,348**	**105,944,354**	**9,531,689**	**92,049,459**

ที่มา: กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร “รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2564/65”, 2565

นอกจากนี้อ้อยส่งโรงงานยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ อ้อยสด และอ้อยไฟไหม้ โดยมีสัดส่วนปริมาณอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ในแต่ละภูมิภาค ซึ่งมีปริมาณอ้อยสดส่งโรงงานทั้งประเทศไทย 66,930,810 ตัน และปริมาณอ้อยไฟไหม้ส่งโรงงานในประเทศไทย

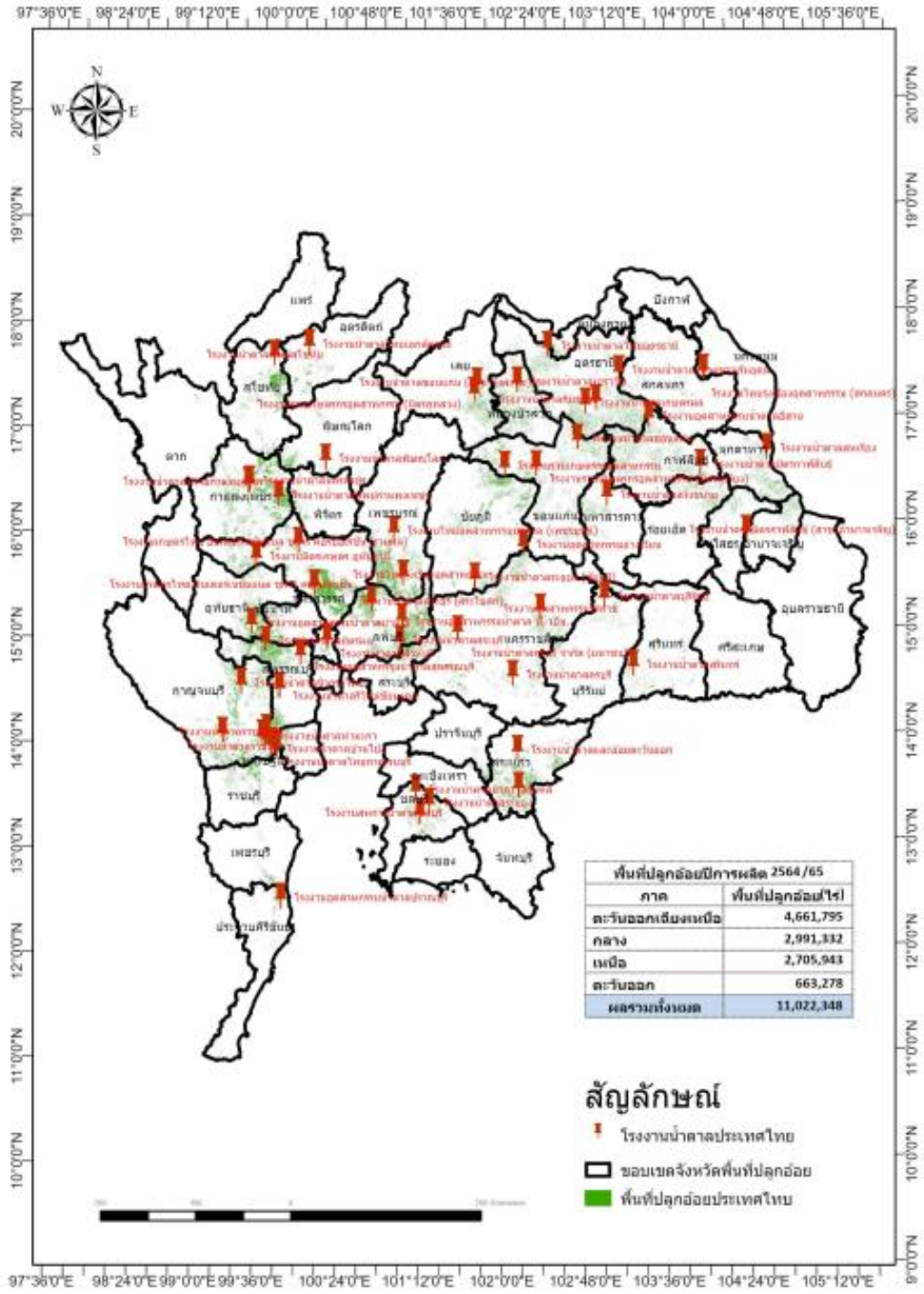
25,099,124 ตัน ดังแสดงในตารางที่ 4-2 อีกทั้งราคาอ้อยขั้นต้นอยู่ในช่วง 0.7-1.11 บาทต่อกิโลกรัม อ้างอิงข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี โดยมีราคาเฉลี่ยราคาอ้อยขั้นต้นอยู่ที่ 0.89 บาทต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 4-2 ปริมาณอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ของแต่ละภูมิภาคในประเทศไทย

ภูมิภาค	อ้อยสด (ตัน)	อ้อยไฟไหม้ (ตัน)
เหนือ	16,609,713	3,168,183
ตะวันออกเฉียงเหนือ	30,064,536	1,858,889
ตะวันออก	2,598,387	3,951,153
กลาง	17,658,173	16,120,898
รวม	66,930,810	25,099,124

ที่มา : กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร “รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2564/65”, 2565

แผนภาพที่ 4-2 แผนที่พื้นที่ปลูกอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาลประเทศไทยปีการผลิต 2564/65



ที่มา: กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร “รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2564/65”, 2565

2. ข้อมูลปริมาณ พื้นที่เพาะปลูก และราคาของมันสำปะหลังในประเทศไทย

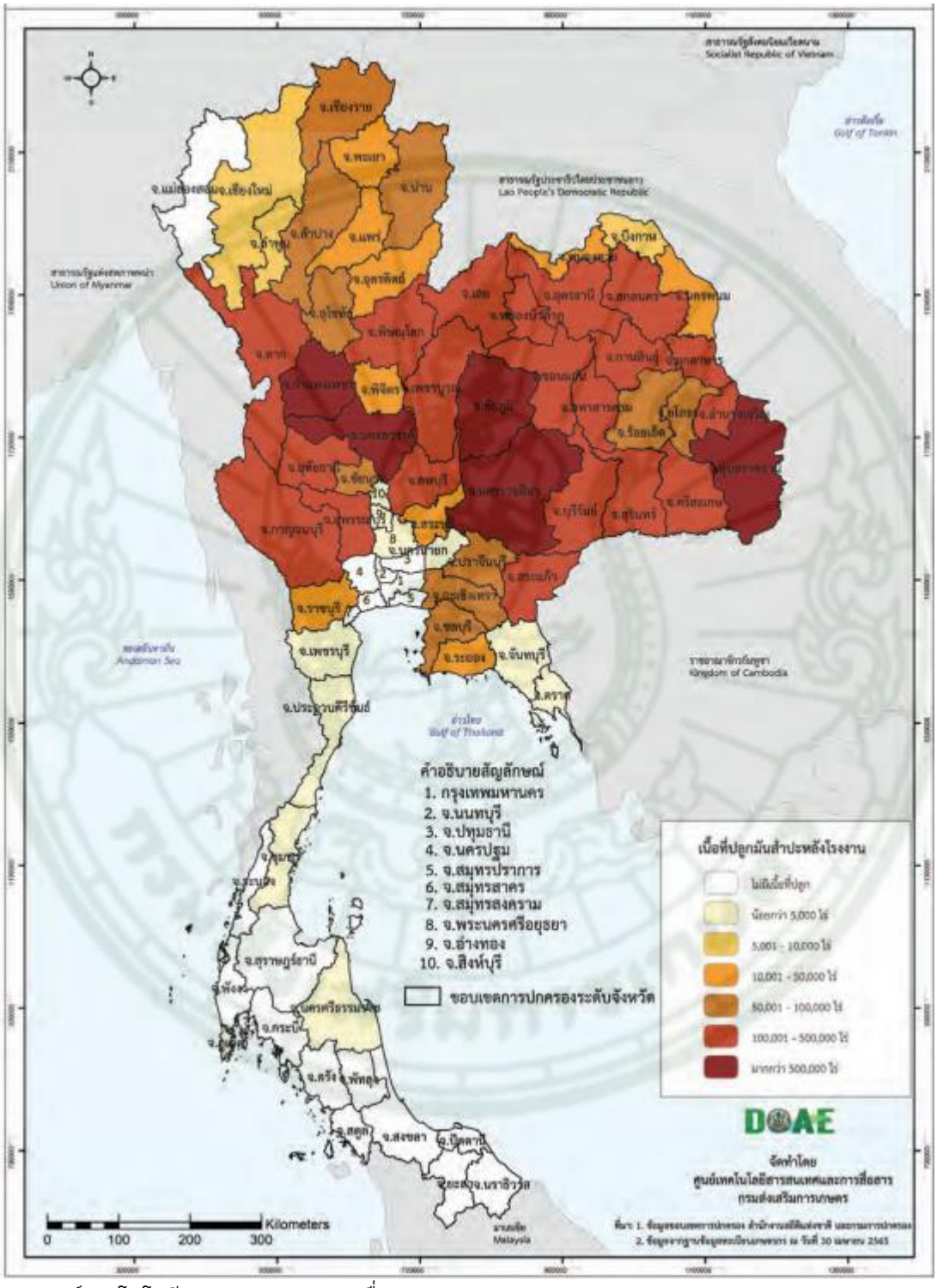
มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบหนึ่งที่สามารถนำมาผลิตเอทานอลในประเทศไทย ซึ่งในประเทศไทยมีการเพาะปลูกพื้นที่ใหญ่ใน 3 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง โดยมีพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยในปี 2564 พื้นที่เพาะปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนืออยู่ที่ 6,080,383 ไร่ รองลงมาเป็นพื้นที่ภาคเหนือ 2,687,567 ไร่ และพื้นที่ภาคกลาง 2,151,064 ไร่ รวมพื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทย 10,919,014 ไร่ และมีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 10,406,314 ไร่ สามารถให้ผลผลิต 35,094,485 ตัน ซึ่งมีอัตราผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกระหว่างปี 2561 ถึง 2564 อยู่ที่ 3.25-3.37 ตันต่อไร่ หากคิดค่าเฉลี่ยของอัตราผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกจะอยู่ที่ราว 3.43 ตันต่อไร่ ดังแสดงในตารางที่ 4-3 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ออนไลน์, 2566) จากแผนภาพที่ 4-3 จะเห็นได้ว่าพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังโรงงานมีพื้นที่เพาะปลูกมากกว่า 500,000 ไร่ อยู่ใน 5 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดกำแพงเพชร นครสวรรค์ ขัยภูมิ นครราชสีมา และอุบลราชธานี

ตารางที่ 4-3 เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตของมันสำปะหลัง ระหว่างปี 2561 ถึง 2564

ปี	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
2564	10,919,014	10,406,314	35,094,485
2563	9,439,009	8,918,250	28,999,122
2562	8,823,412	8,666,596	31,079,966
2561	8,624,284	8,327,370	29,368,185

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ออนไลน์, 2566

แผนภาพที่ 4-3 แผนที่เนื้อที่เพาะปลูกมันสำปะหลังโรงงานในประเทศไทย ปี 2564/65



ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2566

3. ข้อมูลปริมาณ พื้นที่เพาะปลูก และราคาของปาล์มในประเทศไทย

ปาล์มน้ำมันเป็นอีกหนึ่งพลังงานทางเลือกที่มีการใช้ในปัจจุบันในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งสามารถนำมาผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนได้เช่นเดียวกัน โดยการนำไปแปรรูปเป็นน้ำมันปาล์มดิบ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนต่อไป

ในปี 2565 ประเทศไทยมีการเพาะปลูกหลักใน 4 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ โดยแหล่งเพาะปลูกที่ใหญ่ที่สุดของประเทศไทยอยู่ในภาคใต้ มีพื้นที่เพาะปลูก 5,280,179 ไร่ จากพื้นที่โดยรวมในประเทศ 6,150,373 ไร่ คิดเป็นร้อย 86 ของพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ดังแสดงในตารางที่ 4-4 และแผนภาพที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 พื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตปาล์มน้ำมันในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย ในปี 2565

ภูมิภาค	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
เหนือ	87,685	107,223
ตะวันออกเฉียงเหนือ	243,908	358,421
กลาง	538,601	1,336,624
ใต้	5,280,179	16,613,445
รวม	6,150,373	18,415,713

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มทั้งระบบ, ออนไลน์, 2566

หากอ้างอิงข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี ในประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกระหว่างปี 2561-2565 ที่ 5.3-6.1 ล้านไร่ และมีผลผลิตอยู่ที่ 15-18 ล้านตัน หากคิดเป็นค่าเฉลี่ยประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ราว 5.8 ล้านไร่ และมีผลผลิตเฉลี่ย 16.7 ล้านตัน โดยหากคิดเป็นอัตราผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกระหว่างปี 2561-2565 จะอยู่ที่ 2.76-2.99 ตันต่อไร่ และมีค่าเฉลี่ยของอัตราผลผลิตที่ 2.87 ตันต่อไร่ ทั้งนี้ ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ซึ่งราคาปาล์มน้ำมันระหว่างปี 2561-2565 นั้นมีความผันผวนเป้นอย่างมาโดยมีราคาอยู่ที่ 2.2-10.49 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นค่าเฉลี่ย 5.21 บาทต่อกิโลกรัม (กรมการค้าภายใน, ออนไลน์, 2566)

แผนภาพที่ 4-4 แผนที่เนื้อที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ปี 2564

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2566

ตารางที่ 4-5 พื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตปาล์มน้ำมันของประเทศไทย ในปี 2561-2565

ปี	เนื้อที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
2561	5,335,814.00	15,483,534.00
2562	5,673,565.00	16,422,852.00
2563	5,870,772.00	16,221,974.00
2564	6,033,736.00	16,903,728.00
2565	6,150,373.00	18,415,713.00

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มทั้งระบบ, ออนไลน์, 2566

4. ข้อมูลการผลิตเอทานอลในประเทศไทย

สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนด้วยเทคโนโลยี ATJ-SRK ใช้เอทานอลเป็นวัตถุดิบ ซึ่งในประเทศไทยมีการผลิตเฉลี่ยในปี 2563, 2564 และ2565 อยู่ที่ 4.04, 3.64 และ 3.94 ล้านลิตรต่อวัน ตามลำดับ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2566) โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยของประเทศไทยจากย้อนหลัง 3 ปี ซึ่งสามารถผลิตเอทานอลได้ 3.87 ล้านตันต่อปี

ในกระบวนการผลิตเอทานอลในประเทศไทยจะใช้วัตถุดิบหลัก 2 ประเภท ได้แก่ น้ำตาล และแป้ง ซึ่งปัจจุบันมีโรงงานเอทานอลในประเทศไทยจำนวน 27 แห่ง ประกอบด้วย โรงงานเอทานอลจากวัตถุดิบกากน้ำตาล โรงงานเอทานอลจากวัตถุดิบน้ำอ้อยและกากน้ำตาล โรงงานเอทานอลจากวัตถุดิบมันสำปะหลังและกากน้ำตาล และโรงงานเอทานอลจากวัตถุดิบมันสำปะหลัง โดยมีกำลังการผลิตรวม 6,570,000 ลิตรต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 4-6

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกำลังการผลิตเอทานอลต่อปริมาณวัตถุดิบนั้น ต้องการใช้วัตถุดิบอ้อยปริมาณ 14.3 กิโลกรัมต่อการผลิตเอทานอล 1 ลิตร และมันสำปะหลัง 6 กิโลกรัมต่อการผลิตเอทานอล 1 ลิตร (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, ออนไลน์, 2566)อีกทั้งราคาอ้างอิงเอทานอลเฉลี่ยในปี 2561-2565 อยู่ที่ 23.70, 23.70, 23.21, 25.48 และ 27.40 บาทต่อลิตร ตามลำดับ โดยมีราคาเฉลี่ยจากราคาอ้างอิง 5 ปีย้อนหลังอยู่ที่ 24.70 บาทต่อลิตร (สมาคมการค้าผู้ผลิตเอทานอลไทย, ออนไลน์, 2566)

ตารางที่ 4-6 โรงงานเอทานอลในประเทศไทย

ผู้ประกอบการ	จังหวัด	วัตถุดิบ	กำลังการผลิตที่จดทะเบียนกับกรมสรรพสามิต (ลิตร/วัน)	กำลังการผลิตติดตั้งจริง (ลิตร/วัน)
วัตถุดิบกากน้ำตาล				
บจก.เคทิส ไบโอเอทานอล	นครสวรรค์	กากน้ำตาล	230,000	230,000
บจก.น้ำตาลไทยเอทานอล	กาญจนบุรี	กากน้ำตาล	200,000	200,000
บจก.มิตรผลไบโอฟูเอล	ชัยภูมิ	กากน้ำตาล	500,000	500,000
บจก.มิตรผลไบโอฟูเอล	กาฬสินธุ์	กากน้ำตาล	230,000	230,000
บจก.มิตรผล ไบโอฟูเอล (กุฉินารายณ์)	กาฬสินธุ์	กากน้ำตาล	320,000	320,000
บจก.เคไอเอทานอล	นครราชสีมา	กากน้ำตาล	250,000	200,000
บมจ.เคเอสแอล กรีน อินโนเวชั่น	ขอนแก่น	กากน้ำตาล	150,000	150,000
บจก.ไทยรุ่งเรืองพลังงาน	สระบุรี	กากน้ำตาล	300,000	270,000
บจก.มิตรผลไบโอฟูเอล	สุพรรณบุรี	กากน้ำตาล	230,000	200,000
บมจ.เคเอสแอล กรีน อินโนเวชั่น	กาญจนบุรี	กากน้ำตาล	300,000	300,000
บจก.จีจีซี เคทิส ไบโออินดัสเทรียล	นครสวรรค์	กากน้ำตาล	600,000	600,000
รวม			3,310,000	3,200,000
วัตถุดิบน้ำอ้อย + กากน้ำตาล				
บจก.แม่สอดพลังงานสะอาด	ตาก	น้ำอ้อย	230,000	230,000

ตารางที่ 4-6 โรงงานเอทานอลในประเทศไทย (ต่อ)

ผู้ประกอบการ	จังหวัด	วัตถุดิบ	กำลังการผลิตที่จดทะเบียนกับกรมสรรพสามิต (ลิตร/วัน)	กำลังการผลิตติดตั้งจริง (ลิตร/วัน)
วัตถุดิบน้ำมันสำปะหลัง + กากน้ำตาล				
บจก.ราชบุรีเอทานอล	ราชบุรี	มันเส้น/กากน้ำตาล	150,000	150,000
บจก.อีเอส เพาเวอร์	สระแก้ว	มันเส้น/กากน้ำตาล	150,000	150,000
บมจ.ไทยแอลกอฮอล์	นครปฐม	มันเส้น/กากน้ำตาล	200,000	200,000
บมจ.ไทยอะโกร เอนเนอร์ยี่	สุพรรณบุรี	มันเส้น/กากน้ำตาล	350,000	350,000
บจก.อิมเพรส เอทานอล	ฉะเชิงเทรา	มันสด/มันเส้น/กากน้ำตาล	200,000	200,000
รวม			1,050,000	1,050,000
วัตถุดิบน้ำมันสำปะหลัง				
บจก.ทรัพย์ทิพย์	ลพบุรี	มันเส้น	200,000	200,000
บมจ.ไทยเอทานอล พาวเวอร	ขอนแก่น	มันสด	130,000	80,000
บจก.ไท่ผิงเอทานอล	สระแก้ว	มันสด	300,000	300,000
บมจ.พี.เอส.ซี.สตาร์ช โปรดักส	ชลบุรี	มันเส้น	150,000	150,000
บจก.อี85	ปราจีนบุรี	มันสด/น้ำแป้ง	500,000	385,000
บจก.อุบล ไบโอ เอทานอล	อุบลราชธานี	มันสด/ มันเส้น	400,000	400,000
บจก.บางจากไบโอเอทานอล (ฉะเชิงเทรา)	ฉะเชิงเทรา	มันสด / มันเส้น	150,000	150,000
บจก.อัพเวนเจอร์ (เฟส 1)	นครราชสีมา	มันเส้น	340,000	340,000
บจก.ฟ้าขวัญทิพย์	ปราจีนบุรี	มันสด	120,000	60,000
บจก. พรวิไล อินเตอร์เนชั่นแนล กรุพ เทรดดิ้ง	พระนครศรีอยุธยา	มันสำปะหลัง	25,000	25,000
รวม			2,315,000	2,090,000
<u>รวมทั้งหมด</u>			<u>6,905,000</u>	<u>6,570,000</u>

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ออนไลน์, 2566

5. ข้อมูลการผลิตน้ำมันดิบปาล์มในประเทศไทย

การผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนต้องการน้ำมันดิบปาล์มไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid (HEFA) สามารถใช้น้ำมันดิบปาล์มเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน

ปัจจุบันประเทศไทยมีการแปรรูปปาล์มน้ำมันไปเป็นไบโอดีเซลและใช้เป็นพลังงานทางเลือกอีกอย่างหนึ่ง โดยจะมุ่งเน้นไปยังโรงงานสกัดเพื่อแปรรูปนผลปาล์มน้ำมันไปเป็นน้ำมันดิบปาล์ม ซึ่งโรงสกัดส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคใต้และภาคกลางของประเทศไทย และในภาคใต้เป็นแหล่งผลิตใหญ่ โดยมี 3 จังหวัดที่มีโรงงานสกัดสูงสุด ได้แก่ สุราษฎร์ธานี กระบี่ และชุมพร ดังแสดงในตารางที่ 4-7

ประเทศไทยมีการผลิตน้ำมันดิบปาล์มในปี 2561 อยู่ที่ 2,671,078 ตัน ปี 2562 อยู่ที่ 2,929,886 ตัน ปี 2563 อยู่ที่ 2,584,628 ตัน ปี 2564 อยู่ที่ 2,872,210 ตัน และปี 2565 อยู่ที่ 3,278,554 ตัน โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยของประเทศไทยจากข้อมูลย้อนหลัง 5 ปีสามารถผลิตน้ำมันดิบปาล์มประมาณ 2.87 ล้านตันต่อปี และคิดเป็นสัดส่วนผลผลิตน้ำมันดิบปาล์มต่อปาล์มน้ำมันที่ใช้ในปี 2561-2565 อยู่ในช่วงร้อยละ 17.52 – 17.96 คิดเป็นค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนในการผลิตน้ำมันดิบปาล์มจากผลปาล์มน้ำมันได้ร้อยละ 17.69 ดังแสดงในตารางที่ 4-8

อีกทั้งน้ำมันดิบปาล์มมีราคาอยู่ในช่วง 14.76-56.52 บาทต่อกิโลกรัม โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ย 29.57 บาทต่อกิโลกรัม (กรมการค้าภายใน, ออนไลน์, 2566)

ตารางที่ 4-7 จำนวนผู้ประกอบการปาล์มน้ำมันแต่ละประเภทรายจังหวัดในประเทศไทย

จังหวัด	ลานเท	โรงงานสกัด	โรงกลั่น	คลังรับฝาก	ผู้ผลิตไบโอดีเซล	โอเลโอเคมิคอล
สุราษฎร์ธานี	680	28	1	3	1	-
กระบี่	495	26	-	-	-	-
ชุมพร	255	33	2	3	1	-
นครศรีธรรมราช	317	8	-	-	-	-
ตรัง	133	6	-	-	1	-
พังงา	90	4	-	-	-	-
ระนอง	62	3	-	-	-	-
ประจวบศีรีขันธ์	51	9	3	1	1	-
สตูล	65	5	-	-	-	-
ชลบุรี	-	3	3	2	2	1
พัทลุง	42	3	-	-	-	-
สงขลา	14	2	-	-	-	-
ตราด	8	3	-	-	-	-

ตารางที่ 4-7 (ต่อ) จำนวนผู้ประกอบการปาล์มน้ำมันแต่ละประเภทรายจังหวัดในประเทศไทย (ต่อ)

จังหวัด	ลานเท	โรงงานสกัด	โรงกลั่น	คลังรับฝาก	ผู้ผลิตไบโอดีเซล	โอเลโอเคมิคอล
นราธิวาส	15	1	-	-	-	-
ฉะเชิงเทรา	5	1	1	1	-	-
ระยอง	3	-	1	1	2	1
ปัตตานี	1	1	-	-	-	-
เลย	13	1	-	-	-	-
ปราจีนบุรี	2	-	-	-	1	-
หนองคาย	11	1	-	-	-	-
กาญจนบุรี	4	1	-	-	-	-
ปทุมธานี	3	-	1	1	2	-
สกลนคร	6	3	-	-	-	-
เพชรบุรี	4	1	1	-	-	-
เพชรบูรณ์	-	1	-	-	-	-
นครราชสีมา	3	-	-	-	1	-
ราชบุรี	-	-	-	-	-	-
เชียงราย	4	3	-	-	-	-
อุทัยธานี	3	1	-	-	-	-
ลพบุรี	-	-	-	-	-	-
นครสวรรค์	-	1	-	-	-	-
พระนครศรีอยุธยา	-	-	-	-	2	-
นครปฐม	-	-	1	-	-	-
สมุทรปราการ	-	-	6	1	-	-
สมุทรสาคร	-	-	2	-	2	-
สมุทรสงคราม	-	-	-	-	-	-
อื่น ๆ (39 จ.)	78	-	-	-	-	-
รวมทั้งประเทศ	**2,227**	**149**	**22**	**13**	**16**	**2**

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มทั้งระบบ, ออนไลน์, 2566

ตารางที่ 4-8 ผลผลิตและอัตราส่วนน้ำมันที่ได้จากผลปาล์มระหว่างปี 2561-2565

ปี	2565	2564	2563	2562	2561
ผลผลิต-น้ำมันปาล์มดิบ (CPO)	3,278,554	2,872,210	2,584,628	2,929,886	2,671,078
%น้ำมันที่ได้จากผลปาล์ม	17.56	17.67	17.52	17.96	17.76

ที่มา: กรมการค้าภายใน, ออนไลน์, 2566

ความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศ

ข้อมูลการขนส่งทางอากาศของประเทศไทยพบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 จนถึงปี 2562 นั้น มีความต้องการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากนโยบายการผลักดันของประเทศที่มีความมุ่งเน้นในการเป็นฐานการบิน (Aviation hub) และเป็นฐานซ่อมบำรุงอากาศยาน แต่หลังจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 ส่งผลให้จำนวนเที่ยวบินและปริมาณเชื้อเพลิงอากาศยานลดต่ำลงแต่อย่างไรก็ตามด้วยสถานการปัจจุบันได้มีการกำหนดเป้าหมายให้ธุรกิจการบินกลับมาเป็นปกติและคาดการว่าจะส่งผลให้ความต้องการปริมาณเชื้อเพลิงอากาศเพิ่มสูงขึ้นไปเทียบเท่าหรือมากกว่าในช่วงเวลาก่อนการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 ตามข้อมูลของ บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ ตามตารางที่ 4-9 (รายงานประจำปี บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด, ออนไลน์, 2566)

ตารางที่ 4-9 จำนวนเที่ยวบินและปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานที่ใช้งานในประเทศไทย

ปี พ.ศ.	2560	2561	2562	2563	2564	2565
ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ						
เที่ยวบินภายในประเทศ						
จำนวนเที่ยวบิน (เที่ยว)	44,812.00	44,765.00	42,341.00	29,960.00	44,340.00	22,496.00
ปริมาณน้ำมัน (ล้านลิตร/ปี)	347.60	346.60	326.50	208.30	337.00	153.70
เที่ยวบินภายนอกประเทศ						
จำนวนเที่ยวบิน (เที่ยว)	118,874.00	127,681.00	135,893.00	41,464.00	66,819.00	33,703.00
ปริมาณน้ำมัน (ล้านลิตร/ปี)	3,736.90	3,872.00	3,909.90	1,395.00	2,225.50	1,298.40
ท่าอากาศยานดอนเมือง						
เที่ยวบินภายในประเทศ						
จำนวนเที่ยวบิน (เที่ยว)	80,081.00	82,021.00	74,339.00	55,702.00	50,148.00	25,214.00
ปริมาณน้ำมัน (ล้านลิตร/ปี)	491.10	501.30	451.10	345.00	331.70	151.70
เที่ยวบินภายนอกประเทศ						
จำนวนเที่ยวบิน (เที่ยว)	43,934.00	49,053.00	54,611.00	10,610.00	11,087.00	1,710.00
ปริมาณน้ำมัน (ล้านลิตร/ปี)	631.50	738.40	925.20	174.70	95.80	34.30

ที่มา: บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด, 2561; บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด, 2563; บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด, 2565

เมื่อเทียบกับข้อมูลความต้องการของเชื้อเพลิงอากาศยานในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก(Asia Pacific) ได้แก่ประเทศจีน ประเทศญี่ปุ่น ประเทศฮ่องกง ประเทศเกาหลีใต้ ประเทศอินเดีย ประเทศสิงคโปและประเทศออสเตรเลียซึ่งเป็นประเทศผู้นำด้านการขนส่งทางอากาศยานพบว่าข้อมูลมีความสอดคล้องในการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานมีความต้องการเพิ่มตัวสูงขึ้นในช่วงปีก่อนการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 ตามตารางที่ 4-10 (Helgi Library, ออนไลน์, 2566)

ตารางที่ 4-10 ปริมาณความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก

ประเทศ	2554		2555		2556		2557	
	พันบาร์เรล/ปี	ล้านลิตร/ปี	พันบาร์เรล/ปี	ล้านลิตร/ปี	พันบาร์เรล/ปี	ล้านลิตร/ปี	พันบาร์เรล/ปี	ล้านลิตร/ปี
จีน	129,210.0	20,542.8	141,620.0	22,515.8	187,245.0	29,769.6	187,245.0	29,769.6
ญี่ปุ่น	71,175.0	11,315.9	73,730.0	11,722.1	79,935.0	12,708.7	79,935.0	12,708.7
ฮ่องกง	43,800.0	6,963.6	41,975.0	6,673.5	44,165.0	7,021.7	44,165.0	7,021.7
เกาหลีใต้	37,595.0	5,977.1	39,785.0	6,325.3	40,515.0	6,441.4	40,515.0	6,441.7
อินเดีย	42,340.0	6,731.5	42,705.0	6,789.6	43,070.0	6,847.6	43,070.0	6,847.6
สิงคโปร์	45,990.0	7,311.8	51,100.0	8,124.3	53,290.0	8,472.4	53,290.0	8,472.4
ออสเตรเลีย	43,800.0	6,963.6	45,625.0	7,253.8	50,735.0	8,066.2	50,735.0	8,066.2

ที่มา: Helgi Library, ออนไลน์, 2023

การวิเคราะห์เทคโนโลยีและต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

จากการพิจารณาเทคโนโลยีในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนที่เหมาะสมในการลงทุนก่อสร้างโรงงาน ประกอบกับข้อมูลแหล่งวัตถุดิบการเกษตรในประเทศไทย พบว่าสามารถนำมาพิจารณาวิเคราะห์การก่อสร้างโรงงานผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทย ดังนี้

1. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮอล์ เป็นกระบวนการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้กลายเป็นเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน โดยในประเทศไทยมีผลผลิตเอทานอลที่ผลิตจากอ้อยและมันสำปะหลัง สามารถใช้เป็นสารตั้งต้น (Feed Stock) ในกระบวนการผลิต ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนได้แก่ การกำจัดน้ำออกจากแอลกอฮอล์ (Dehydration) เกิดเป็นสารโอลีฟิน การรวม

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้ความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้สาร Oligomers การเติมไฮโดรเจนเพื่อให้ได้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายยาว และการกลั่นแยกเพื่อให้ได้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน Scott Geleynse และคณะได้ประเมินต้นทุนในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid มีรายละเอียดตามตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ต้นทุนในการผลิตด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮอล์

	รายการค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่ายต่อตันแอลกอฮอล์	
		เหรียญสหรัฐต่อตันแอลกอฮอล์	บาทต่อตันแอลกอฮอล์
1.	ค่าก่อสร้าง (Capital)	37.40	1,311.23
2.	ค่าสาธารณูปการ (Utilities)	44.42	1,557.71
3.	ค่าตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst)	8.23	288.46
4.	ค่าไฮโดรเจน (Hydrogen)	8.23	288.46
5.	ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed OpEx)	47.72	1,673.09
รวม		**146**	**5,118.95**

ที่มา: Scott Geleynse, etc., 2018

2. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid (HEFA-SPK) เป็นกระบวนการผลิตที่ใช้สารตั้งต้นที่เป็นกรดไขมันหรือน้ำมันจากพืช โดยในประเทศไทยมีผลผลิตน้ำมันปาล์ม (Palm Oil) ซึ่งมีองค์ประกอบของไตรกรีเซอรัล (Triglycerides) และกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) สามารถใช้เป็นสารตั้งต้น (Feed Stock) ในกระบวนการผลิต Sierk de Jong และคณะได้ประเมินต้นทุนในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid มีรายละเอียดตามตารางที่ 4.-12

ตารางที่ 4-12 ต้นทุนในการผลิตด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid

	รายการค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่ายต่อตันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน	
		เหรียญสหรัฐต่อตันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน	บาทต่อตันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน
1.	ค่าก่อสร้าง (Capital)	138.35	4,850.65
2.	ค่าสาธารณูปการ (Utilities)	92.23	3,233.77
3.	ค่าซ่อมบำรุง (Maintenance and Repairs)	69.17	2,425.33
4.	ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed OpEx)	115.29	4,042.21
รวม		**415.04**	**14,551.96**

ที่มา: Sierk de Jong, etc., 2015

การวิเคราะห์ศักยภาพในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน

จากการศึกษาข้อมูลที่ผ่านมาพบว่า แม้ประเทศไทยในฐานะที่เป็นสมาชิกขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) อีกทั้งยังมีการเข้าร่วมโครงการ Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) ส่งผลให้ประเทศไทยมีหน้าที่ต้องปฏิบัติตามพันธกรณีในการรักษาระดับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิของภาคการบินพลเรือนระหว่างประเทศไม่ให้เกินกว่าระดับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิของปี 2563 และต้องส่งแผนปฏิบัติการเพื่อลดการปล่อยมลพิษทางอากาศจากอุตสาหกรรมการบินให้กับองค์การการบินระหว่างประเทศเป็นประจำทุกปี เมื่อเข้าไปศึกษารายละเอียดในแผนปฏิบัติการดังกล่าวของประเทศไทย ฉบับปี 2565 รายละเอียดดังแผนภาพที่ 4-5 Assessment results of mitigation measures with the potential to reduce fuel consumption and CO2 emissions during 2021 – 2025 กลับพบว่าประเทศไทยมีแนวทางการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมการบินที่หลากหลาย แต่ยังไม่มีการกล่าวถึงทางเลือกในการหันมาผลักดันสายการบินให้มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนแต่อย่างใด (สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย, 2565)

แผนภาพที่ 4-5 Assessment results of mitigation measures with the potential to reduce fuel consumption and CO2 emissions during 2021 – 2025

Groups	Mitigation Measures	Current execution status before 2021	Inclusion of measures in assessment	Measure execution potential, Year 2021 - 2025
I (New Measures)	Expansion Aircraft Fleet with New Aircraft Measure	0%	×	100%
	Purchase of New Aircraft to Replace the Old Aircraft Measure	0%	×	100%
	Construction of Runways and/or Taxiways Measure	0%	×	100%
II (Already Implemented but not Completed Measures)	PACK OFF - Take Off Phase Measure	<100%	O	5%
	Optimum Flap/ Reduce Flap Measure	<100%	O	5%
	Reduce Reverse / Idle Reverse Thrust Measure	<100%	O	5%
	Single Engine Taxi Measure	<100%	O	5%
	Minimizing Weight Measure	<100%	O	5%
	Engine Wash Measure	<100%	O	5%
III Completed Measures)	iDEP Measure	100%	✓	0%
	Ground Delay Program (GDP) Measure	100%	✓	0%
	Parallel Route/ Uni-directional Route/ CDR Route Measure	100%	✓	0%
	Route Improvements by ETOPS Measure	100%	✓	0%

Remark :
× The results of the implementation of the measures were not included in the evaluation of the baseline data.
O Some of the results from the implementation of the measures were included in the evaluation of baseline data.
✓ Some of the results from the measure implementation were included in the evaluation of baseline data.

ที่มา: THAILAND's Action Plan to Reduce Aviation Emissions version 2021, สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย, หน้า 48.

ทั้งนี้ สาเหตุที่ยังไม่มีการระบุทางเลือกของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเข้าไปในแผนการปฏิบัติการเพื่อลดการปล่อยมลพิษทางอากาศจากอุตสาหกรรมการบินดังกล่าว อาจมาจากหลายปัจจัยด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของความกังวลเกี่ยวกับระบบเทคโนโลยีของเครื่องยนต์ หรืออาจเป็นในเรื่องของปริมาณความเพียงพอของวัตถุดิบในประเทศที่จะนำมาผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนได้ ดังนั้น การวิเคราะห์ศักยภาพเพื่อค้นหาจุดอ่อน จุดแข็ง และค้นหาปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อการสนับสนุนการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนให้เกิดขึ้นในเชิงพานิชย์ และเป็นส่วนช่วยในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมการบินได้จึงเป็นสิ่งที่สำคัญเพื่อให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกกลุ่มสามารถเล็งเห็นจุดอ่อน จุดแข็งของกลุ่มตนเองและสามารถจัดทำแผนยุทธศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์ศักยภาพนั้น จัดทำโดยใช้เครื่องมือในการประเมินสภาพแวดล้อมเพื่อการจัดการเชิงกลยุทธ์ในรูปแบบการวิเคราะห์ SWOT : S = Strengths (จุดแข็ง), W = Weakness (จุดอ่อน), O = Opportunities (โอกาส) และ T = Threats (ข้อจำกัด) เพื่อการจัดทำแผนกลยุทธ์แบบ TOWS Matrix โดยแบ่งการประเมินออกได้ดังต่อไปนี้

1. การประเมินสภาพแวดล้อมภายใน

- S : Strengths (จุดแข็ง) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาจุดแข็งของความสามารถในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนของประเทศไทย ยกตัวอย่างเช่น ปริมาณและความหลากหลายของวัตถุดิบในประเทศที่มีปริมาณมากพอที่จะนำมาผลิตได้ หรือแม้กระทั่งราคาของวัตถุดิบในประเทศก็เป็นราคาที่ผู้ประกอบการสามารถใช้เพื่อผลิตในเชิงพานิชย์และแข่งขันได้ในตลาดโลก เป็นต้น และในส่วนของ

- W : Weakness (จุดอ่อน) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาจุดอ่อนของความสามารถในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนของประเทศไทย ยกตัวอย่างเช่น การที่ประเทศไทยยังขาดนโยบายด้านการส่งเสริมการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนอย่างเป็นรูปธรรม แต่กลับไปมุ่งเน้นในการสนับสนุนให้ใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบอื่นแทน

2. การประเมินสภาพแวดล้อมภายนอก

- O : Opportunities (โอกาส) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาโอกาสในการสนับสนุนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ยกตัวอย่างเช่น เมื่อประเทศต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นในภูมิภาคเดียวกันกับประเทศไทย หรือในภูมิภาคอื่น เริ่มมีการหันมาสนใจการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในเชิงพานิชย์มากขึ้น ย่อมส่งผลโดยตรงกับประเทศไทยให้สายการบินในประเทศมีความต้องการใช้เช่นกัน จึงเป็นการเพิ่มความต้องการของผู้ใช้ และยังเป็นการยืนยันว่ามีกลุ่มลูกค้าที่ชัดเจนมากขึ้นอีกด้วย สุดท้ายนี้ในส่วนของ

- T : Threats (ข้อจำกัด) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาข้อจำกัดในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ยกตัวอย่างเช่น เรื่องของต้นทุนในการศึกษาและนำเข้าเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพจากต่างประเทศ

1. ตารางการวิเคราะห์ SWOT

ผลการวิเคราะห์	ด้านการวิจัยและเทคโนโลยี	ด้านเศรษฐกิจและสังคม	ด้านนโยบายและภาครัฐ
S : Strengths (จุดแข็ง)	- มีนักวิจัยที่มีความสนใจและมีความรู้ความสามารถในการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน - มีหน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชนเริ่มหันมาสนใจและให้การสนับสนุนงานวิจัยที่เกี่ยวเนื่องกับการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน	- ประเทศไทยมีวัตถุดิบที่หลากหลายที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนได้ - นอกจากจะมีวัตถุดิบที่หลากหลายแล้ว ยังมีปริมาณที่มากเพียงพอที่จะนำมาผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนได้ อีกทั้ง ยังเป็นการเพิ่มทางเลือกในการค้าขายผลผลิตและเพิ่มรายได้ให้กับภาคการเกษตรของประเทศไทยอีกด้วย	- ประเทศไทยมีการระบุถึงแนวทางการสนับสนุนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกเพื่อเป็นส่วนช่วยในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ นั่นแสดงให้เห็นว่าหน่วยงานภาครัฐของประเทศไทยที่มีอำนาจหน้าที่ในระดับนโยบายได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาประเทศโดยสอดคล้องกับการพัฒนาด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
W : Weakness (จุดอ่อน) W : Weakness (จุดอ่อน) (ต่อ)	- แม้มีการสนับสนุนจากทางภาครัฐแต่ก็ยังไม่มากเพียงพอที่จะทำให้การวิจัยในห้องปฏิบัติการพัฒนาขยายผลมาใช้ในเชิงพานิชย์ได้ - เทคโนโลยีในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนที่ได้รับการรับรองต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งใช้เงินลงทุนสูง	- แม้วัตถุดิบในประเทศจะมีทั้งความหลากหลายและปริมาณที่มากเพียงพอ แต่ตัวเกษตรกรเองอาจยังขาดความรู้ความเข้าใจในการจัดการวัตถุดิบที่จะนำมาเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน - ความแปรผันของปริมาณวัตถุดิบที่อาจมีการขึ้นลงผันผวน เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับสภาพอากาศ	- เนื่องจากการผลิตและการส่งเสริมให้เกิดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ต้องได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานภาครัฐในหลายส่วนงาน เช่น กรมโรงงานอุตสาหกรรม ในด้านการตั้งโรงงานผลิตฯ, กรมควบคุมมลพิษ และสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติสิ่งแวดล้อม ใน

ผลการวิเคราะห์	ด้านการวิจัยและเทคโนโลยี	ด้านเศรษฐกิจและสังคม	ด้านนโยบายและภาครัฐ
	- เนื่องด้วยในประเทศไทยเองยังไม่มีการออกมาตรฐานด้านคุณาภาพความปลอดภัยของน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนออกมาเป็นกฎหมายภายใน จึงส่งผลให้ยังไม่มีผู้ประกอบการสายการบินในประเทศทำการทดลองเดินเครื่องอากาศยานด้วยน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน	ราคาของวัตถุดิบทางการเกษตรของประเทศไทยอาจไม่ได้ขึ้นอยู่กับฤดูกาลและปริมาณความต้องการของตลาดเท่านั้น แต่อาจมีกลไกการแทรกแซงราคาผลผลิตทางการเกษตรจากภาครัฐเกิดขึ้นได้	ด้านของการควบคุมด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการผลิต, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานในด้านการออกนโยบายส่งเสริมให้ผู้ประกอบการเกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (เช่น การสนับสนุนเงินอุดหนุนในช่วงต้นของการประกอบกิจการ อย่างเช่นกรณีศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ เป็นต้น), กรมธุรกิจพลังงานในด้านของการประกาศมาตรฐานของคุณภาพน้ำมันฯ หรือแม้แต่กระทั่ง กรมสรรพสามิต และกรมศุลกากร ที่มีความรับผิดชอบในการคำนวนภาษีการขายและภาษีการส่งออกของน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น จะเห็นได้ว่าหน่วยงานต่าง ๆ ยังไม่มีการออกนโยบาย หรือกฎหมายที่ชัดเจน เป็นการเฉพาะเจาะจงเพื่อรองรับการเกิดขึ้นของธุรกิจน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทย

ผลการวิเคราะห์	ด้านการวิจัยและเทคโนโลยี	ด้านเศรษฐกิจและสังคม	ด้านนโยบายและภาครัฐ
O : Opportunities (โอกาส)	- ในทางสากลมีเทคโนโลยีที่หลากหลายที่ได้รับการรับรองจากองค์การระหว่างประเทศว่าสามารถใช้ในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการเพิ่มทางเลือกให้ประเทศไทยสามารถศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับปัจจัยภายในประเทศเพื่อให้การผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ	- ในต่างประเทศ เช่น ในกลุ่มประเทศ EU มีการออกมาตรการทางกฎหมายอย่างชัดเจนบังคับให้ประเทศในกลุ่มของตนใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ซึ่งประเทศไทยสามารถนำมาเป็นแบบอย่างและปรับใช้ให้เข้ากับบริบทของประเทศไทยได้ - ในต่างประเทศมีการวิจัยที่ได้รับการยืนยันแล้วว่าวัตถุดิบชีวภาพหลายชนิดสามารถนำมาผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนได้ - ในต่างประเทศได้มีการทดลองนำน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเติมใช้อากาศยานเพื่อขึ้นบินจริง และมีการทำสรุปการทดลองเผยแพร่ออกสู่สาธารณะ ประเทศไทยจึงสามารถนำมาศึกษาเพื่อเป็นแนวทางได้	- ประเทศไทยในฐานะที่ได้เข้าร่วมเป็นสมาชิกโครงการ CORSIA ย่อมได้รับโอกาสในการนำร่องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน - เนื่องด้วยประเทศไทยมีสายการบินในเส้นทางการบินระหว่างประเทศ ย่อมสามารถศึกษาและเรียนรู้มาตรการที่ต่างประเทศมีการใช้บังคับกันในระดับสากล

ผลการวิเคราะห์	ด้านการวิจัยและเทคโนโลยี	ด้านเศรษฐกิจและสังคม	ด้านนโยบายและภาครัฐ
T : Threats (ข้อจำกัด)	- เนื่องจากประเทศไทยไม่ได้เป็นประเทศเจ้าของเทคโนโลยี จึงอาจทำให้เกิดความท้าทายในการจัดการต้นทุนการตั้งโรงงานผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน - การรับรองผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเป็นการรับรองจากมาตรฐานสากล ซึ่งผู้ให้การรับรองยังมีน้อยราย	- เนื่องจากแนวโน้มราคาของน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในตลาดสากลยังมีความไม่แน่นอน และขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย จึงอาจส่งผลให้ผู้ประกอบการในไทยยากที่จะคำนวนความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่จะเกิดขึ้นจากการประกอบธุรกิจการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อแข่งขันในเชิงพานิชย์ได้	- แม้ ICAO จะออกคู่มือเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ประเทศสมาชิกใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเป็นทางเลือกในการช่วยลดการปล่อยมลพิษจากภาคอุตสาหกรรมการบิน แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น การประกาศของ ICAO ก็ไม่ได้มีสภาพบังคับ ถึงขึ้นมีบทลงโทษ ที่ชัดเจนให้รัฐสมาชิกต้องปฏิบัติตาม

2. ผลการวิเคราะห์ TOWS Matrix

1. กลยุทธ์เชิงรุก (SO) เป็นการนำจุดแข็งจากปัจจัยภายในมาวิเคราะห์ร่วมกันกับโอกาสจากปัจจัยภายนอก เพื่อกำหนดแผนกลยุทธ์ให้มีทิศทางที่แน่ชัดนำไปสู่โอกาสในความสำเร็จ

ดังนั้น ในด้านการวิจัยและเทคโนโลยี ควรเร่งส่งเสริมให้นักวิจัยไทยที่มีความรู้ความสามารถ และมีความสนใจในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ศึกษาเทคโนโลยีต่าง ๆ จากต่างประเทศที่ได้รับการรับรอง ส่วนด้านเศรษฐกิจและสังคม ควรเร่งให้ความรู้เกษตรกรไทยในการจัดการวัตถุดิบอย่างไรให้ได้มาตรฐานการรับรองตาม ICAO และสุดท้ายด้านนโยบายและภาครัฐควรระบุเรื่องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเป็นพลังงานทางเลือกลงในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ เพื่อช่วยให้ประเทศลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ได้ตามเป้าหมายที่มีต่อประชาคมโลก

2. กลยุทธ์เชิงแก้ไข (WO) เป็นการนำจุดอ่อนจากปัจจัยภายในมาวิเคราะห์ร่วมกันกับโอกาสจากปัจจัยภายนอก เพื่อพัฒนาและปิดช่องว่างของจุดอ่อนให้ได้

ดังนั้น ในด้านการวิจัยและเทคโนโลยี ควรมีหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรงในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเชื้อเพลิงพลังงานทดแทน ด้านเศรษฐกิจและสังคม รวมถึงด้านนโยบายและภาครัฐ รัฐควรแก้ไขปัญหาเรื่องความผันผวนของราคาพืชผลทางการเกษตรเพื่อเตรียมพร้อมกับธุรกิจน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนที่จะใช้ผลผลิตทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตนั่นเอง

3. กลยุทธ์เชิงป้องกัน (ST) เป็นการนำจุดแข็งจากปัจจัยภายในมาวิเคราะห์ร่วมกันกับข้อจำกัดจากปัจจัยภายนอก เพื่อเป็นการหากลยุทธ์ในการป้องกันไม่ให้ข้อจำกัดจากปัจจัยภายนอกเข้ามากระทบจุดแข็งที่มีอยู่เดิม

ดังนั้น ในด้านเศรษฐกิจและสังคม รวมถึงด้านนโยบายและภาครัฐ รัฐควรส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้ประกอบการธุรกิจน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนที่จะเกิดขึ้นมาช่องทางการจำหน่าย และสามารถขยายกลุ่มลูกค้าได้ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

4. กลยุทธ์เชิงรับ (WT) เป็นการนำจุดอ่อนจากปัจจัยภายในมาวิเคราะห์ร่วมกันกับข้อจำกัดจากปัจจัยภายนอก เพื่อเป็นการตั้งรับ และลดการเกิดปัจจัยเสี่ยงให้มากที่สุด

ดังนั้น ด้านนโยบายและภาครัฐ รัฐควรเริ่มเตรียมความพร้อมตั้งแต่ในระดับการออกนโยบาย และการบูรณาการการทำงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดขึ้นของธุรกิจน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทย เพื่อให้หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องทั้งหมดได้เห็นภาพรวมเป็นภาพเดียวกัน และจะส่งผลให้การพัฒนานโยบายและกฎหมายเกี่ยวกับเรื่องนี้ เป็นไปอย่างรวดเร็วและใช้บังคับได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคของการพัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทย

จากความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืนในแต่ละสัดส่วนที่นำมาผสมกับน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยอ้างอิงสัดส่วนการผสมเช่นเดียวกันกับสัดส่วนในสหภาพยุโรป โดยคำนวณจากสมการความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืน ดังแสดงในตารางที่ 4-13 โดยมีความต้องการที่แตกต่างกันในแต่ละสัดส่วนการผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืน และจำแนกประเภทวัตถุดิบตามกระบวนการผลิตของน้ำมันอากาศยานยั่งยืน ได้แก่ เอทานอลที่ใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮออล์ และน้ำมันดิบปาล์มที่ใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid

<u>ความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืน</u>

สมการน้ำมันอากาศยานยั่งยืน ได้แก่

$$Demand_{SAF} = \text{Jet fuel consumption} \times \rho_{SAF} \times \%blending$$

โดย

$Demand_{SAF}$ คือ ความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืน

Jet fuel consumption คือ ความต้องการน้ำมันอากาศยาน (14.87 ล้านลิตรต่อวัน โดยอ้างอิงข้อมูล ย้อนหลัง 3 ปี (2560-2562))

ρ_{SAF} คือ ความหนาแน่นของน้ำมันอากาศยานยั่งยืน (755 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

%blending คือ สัดส่วนการผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืน

ตารางที่ 4-13 ความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืนในแต่ละสัดส่วนผสม

สัดส่วนผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืน	ความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืน (ตันต่อปี)
2%	81,933.10
5%	204,832.76
20%	819,331.03
32%	1,310,929.65
38%	1,556,728.96
63%	2,580,892.76

1. ความต้องการอ้อยที่ใช้เป็นวัตถุดิบในแปรรูปเป็นเอทานอลเพื่อใช้ในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนจากกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮออล์

จากความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนซึ่งสามารถผลิตโดยใช้เอทานอลเป็นวัตถุดิบ ทำให้สามารถประเมินความต้องการของอ้อย ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นเอทานอลในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน และสามารถคำนวณได้ดังสมการคำนวณหาความต้องการเอทานอล สมการคำนวณความต้องการอ้อย และสมการคำนวณความต้องการพื้นที่ปลูกอ้อย โดยมีความต้องการอ้อย พื้นที่ปลูกอ้อย และรายได้ของเกษตรกรจากการขายอ้อย ดังแสดงในตารางที่ 4-14

<u>สมการคำนวณความต้องการเอทานอล</u>

$$Demand_{ethanol} = Demand_{SAF} \times Y_{ethanol}$$

โดย

$Demand_{ethanol}$ คือ ความต้องการเอทานอล

$Demand_{SAF}$ คือ ความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืน

$Y_{ethanol}$ คือ สัดส่วนที่ผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนจากเอทานอลโดยน้ำหนัก (60%)

<u>สมการคำนวณความต้องการอ้อย</u>

$$Demand_{sugar\ cane} = Demand_{ethanol} \times Y_{sugar\ cane}$$

โดย

$Demand_{sugar\ cane}$ คือ ความต้องการอ้อย

$Demand_{ethanol}$ คือ ความต้องการเอทานอล

$Y_{sugar\ cane}$ คือ สัดส่วนที่ผลิตเอทานอลจากอ้อย (18.12%)

<u>สมการคำนวณความต้องการพื้นที่ปลูกอ้อย</u>

$$Area_{sugar\ cane} = Demand_{sugar\ cane} \times Y_{sugar\ cane\ area}$$

โดย

$Area_{sugar\ cane}$ คือ ความต้องการพื้นที่ปลูกอ้อย

$Demand_{sugar\ cane}$ คือ ความต้องการอ้อย

$Y_{sugar\ cane\ area}$ คือ สัดส่วนผลผลิตอ้อยต่อไร่ (9.61 ตันต่อไร่)

ตารางที่ 4-14 การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮอออล์ มีอ้อยเป็นวัตถุดิบ

รายการ	สัดส่วนการผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับน้ำมันเครื่องบิน						หมายเหตุ
	2%	5%	20%	32%	38%	63%	
ความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืน (ตัน/ปี)	81,933.10	204,832.76	819,331.03	1,310,929.65	1,556,728.96	2,580,892.76	
รายได้จากการขายน้ำมันอากาศยานยั่งยืน (ล้านบาทต่อปี)	6,628.01	16,570.03	66,280.12	106,048.20	125,932.24	208,782.39	ราคาน้ำมันอากาศยานยั่งยืน 2,307.25 บาทต่อตัน
ความต้องการใช้เอทานอล ในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน (ตัน/ปี)	136,555.17	341,387.93	1,365,551.72	2,184,882.76	2,594,548.27	4,301,487.93	สัดส่วนการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนต่อเอทานอล 60% โดยน้ำหนัก
รายได้จากการใช้เอทานอล (ล้านบาทต่อปี)	4,274.55	10,686.37	42,745.46	68,392.74	81,216.38	134,648.20	ราคาเอทานอล 24.7 บาทต่อลิตร
ความต้องการใช้อ้อย ในการผลิตเอทานอล (ตัน/ปี)	2,474,954.33	6,187,385.81	24,749,543.25	39,599,269.21	47,024,132.18	77,961,061.25	สัดส่วนการผลิตเอทานอลต่ออ้อย 18.12% โดยน้ำหนัก
พื้นที่ที่ต้องการใช้ในการปลูกอ้อย (ไร่)	257,491.85	643,729.63	2,574,918.51	4,119,869.62	4,892,345.18	8,110,993.32	สัดส่วนผลผลิตอ้อยต่อไร่ 9.61 ตันต่อไร่
รายได้เกษตรกรจากการขายอ้อย (ล้านบาทต่อปี)	1,955.21	4,888.03	19,552.14	31,283.42	37,149.06	61,589.24	ราคาอ้อย 0.79 บาทต่อกิโลกรัม

2. ความต้องการมันสำปะหลังที่ใช้เป็นวัตถุดิบในแปรรูปเป็นเอทานอลเพื่อใช้ในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนจากกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮออล์

จากความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนซึ่งสามารถผลิตโดยใช้เอทานอลเป็นวัตถุดิบ ทำให้สามารถประเมินความต้องการของมันสำปะหลัง ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นเอทานอลในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน และสามารถคำนวณได้ดังสมการคำนวณหาความต้องการเอทานอล สมการคำนวณความต้องการมันสำปะหลัง และสมการคำนวณความต้องการพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง โดยมีความต้องการมันสำปะหลัง พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง และรายได้ของเกษตรกรจากการขายมันสำปะหลัง ดังแสดงในตารางที่ 4-15

<u>สมการคำนวณความต้องการเอทานอล</u>

$$Demand_{ethanol} = Demand_{SAF} \times Y_{ethanol}$$

โดย

$Demand_{ethanol}$ คือ ความต้องการเอทานอล

$Demand_{SAF}$ คือ ความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืน

$Y_{ethanol}$ คือ สัดส่วนที่ผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนจากเอทานอลโดยน้ำหนัก (60%)

<u>สมการคำนวณความต้องการมันสำปะหลัง</u>

$$Demand_{cassava} = Demand_{ethanol} \times Y_{cassava}$$

โดย

$Demand_{cassava}$ คือ ความต้องการมันสำปะหลัง

$Demand_{ethanol}$ คือ ความต้องการเอทานอล

$Y_{cassava}$ คือ สัดส่วนที่ผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง (7.6%)

<u>สมการคำนวณความต้องการพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง</u>

$$Area_{cassava} = Demand_{cassava} \times Y_{cassava\ area}$$

โดย

$Area_{cassava}$ คือ ความต้องการพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง

$Demand_{cassava}$ คือ ความต้องการมันสำปะหลัง

$Y_{cassava\ area}$ คือ สัดส่วนผลผลิตมันสำปะหลัง ต่อไร่ (3.43 ตันต่อไร่)

ตารางที่ 4-15 การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮอออล์ มีมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ

รายการ	สัดส่วนการผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับน้ำมันเครื่องบิน						
	2%	5%	20%	32%	38%	63%	
ความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืน (ตัน/ปี)	81,933.10	204,832.76	819,331.03	1,310,929.65	1,556,728.96	2,580,892.76	
รายได้จากการขายน้ำมันอากาศยานยั่งยืน (ล้านบาทต่อปี)	6,628.01	16,570.03	66,280.12	106,048.20	125,932.24	208,782.39	ราคาน้ำมันอากาศยานยั่งยืน 2,307.25 บาทต่อตัน
ความต้องการใช้เอทานอล ในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน (ตัน/ปี)	136,555.17	341,387.93	1,365,551.72	2,184,882.76	2,594,548.27	4,301,487.93	สัดส่วนการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนต่อเอทานอล 60% โดยน้ำหนัก
รายได้จากการใช้เอทานอล (ล้านบาทต่อปี)	4,274.55	10,686.37	42,745.46	68,392.74	81,216.38	134,648.20	ราคาเอทานอล 24.7 บาทต่อลิตร
ความต้องการใช้มันสำปะหลังในการผลิตเอทานอล (ตัน/ปี)	1,038,442.37	2,596,105.94	10,384,423.74	16,615,077.99	19,730,405.11	32,710,934.79	สัดส่วนการผลิตเอทานอลต่อมันสำปะหลัง 7.6% โดยน้ำหนัก
พื้นที่ที่ต้องการใช้ในการปลูกมันสำปะหลัง (ไร่)	302,378.92	755,947.30	3,023,789.18	4,838,062.69	5,745,199.44	9,524,935.92	สัดส่วนผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่ 3.43 ตันต่อไร่
รายได้เกษตรกรจากการขายมันสำปะหลัง (ล้านบาทต่อปี)	2,035.35	5,088.37	20,353.47	32,565.55	38,671.59	64,113.43	ราคามันสำปะหลัง 1.95 บาทต่อกิโลกรัม

3. ความต้องการปาล์มน้ำมันใช้เป็นวัตถุดิบในแปรรูปเป็นเอทานอลเพื่อใช้ในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนจากกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid

จากความต้องการเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนซึ่งสามารถผลิตโดยใช้น้ำมันดิบปาล์มเป็นวัตถุดิบ ทำให้สามารถประเมินความต้องการของปาล์มน้ำมัน ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นน้ำมันดิบปาล์มในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน และสามารถคำนวณได้ดังสมการคำนวณหาความต้องการน้ำมันดิบปาล์ม สมการคำนวณความต้องการปาล์มน้ำมัน และสมการคำนวณความต้องการพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน โดยมีความต้องการปาล์มน้ำมัน พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน และรายได้ของเกษตรกรจากการขายปาล์มน้ำมัน ดังแสดงในตารางที่ 4-16

<u>สมการคำนวณความต้องการเอทานอล</u>

$$Demand_{CPO} = Demand_{SAF} \times Y_{CPO}$$

โดย

$Demand_{CPO}$ คือ ความต้องการน้ำมันดิบปาล์ม

$Demand_{SAF}$ คือ ความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืน

Y_{CPO} คือ สัดส่วนที่ผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนจากน้ำมันดิบปาล์มโดยน้ำหนัก (83%)

<u>สมการคำนวณความต้องการมันสำปะหลัง</u>

$$Demand_{Palm} = Demand_{CPO} \times Y_{Palm}$$

โดย

$Demand_{Palm}$ คือ ความต้องการปาล์มน้ำมัน

$Demand_{CPO}$ คือ ความต้องการน้ำมันดิบปาล์ม

Y_{Palm} คือ สัดส่วนที่ผลิตน้ำมันดิบปาล์มจากปาล์มน้ำมัน (17.62%)

<u>สมการคำนวณความต้องการพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง</u>

$$Area_{Palm} = Demand_{Palm} \times Y_{Paam\ area}$$

โดย

$Area_{Palm}$ คือ ความต้องการพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน

$Demand_{Palm}$ คือ ความต้องการปาล์มน้ำมัน

$Y_{Palm\ area}$ คือ สัดส่วนผลผลิตปาล์มน้ำมันต่อไร่ (2.87 ตันต่อไร่)

ตารางที่ 4-16 การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid มีน้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ

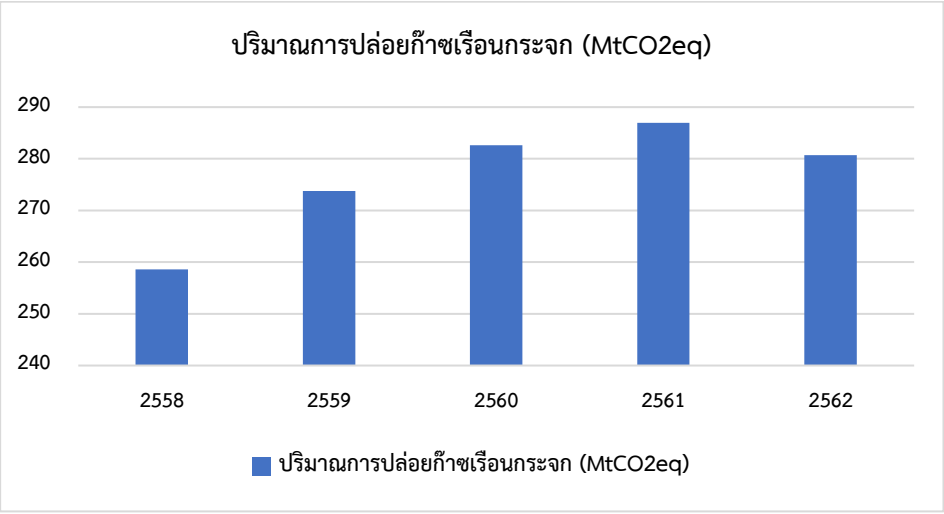
รายการ	สัดส่วนการผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับน้ำมันเครื่องบิน						
	2%	5%	20%	32%	38%	63%	
ความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืน (ตัน/ปี)	81,933.10	204,832.76	819,331.03	1,310,929.65	1,556,728.96	2,580,892.76	
รายได้จากการขายน้ำมันอากาศยานยั่งยืน (ล้านบาทต่อปี)	6,628.01	16,570.03	66,280.12	106,048.20	125,932.24	208,782.39	ราคาน้ำมันอากาศยานยั่งยืน 2,307.25 บาทต่อตัน
ความต้องการใช้ CPO ในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน (ตัน/ปี)	98,714.58	246,786.46	987,145.82	1,579,433.32	1,875,577.06	3,109,509.34	สัดส่วนการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนต่อ CPO 83% โดยน้ำหนัก
รายได้จากการใช้ CPO (ล้านบาทต่อปี)	2,918.58	7,296.46	29,185.83	46,697.32	55,453.07	91,935.36	ราคา CPO 29.57 บาทต่อกิโลกรัม
ความต้องการใช้ผลปาล์มน้ำมัน ในการผลิต CPO (ตัน/ปี)	560,241.67	1,400,604.18	5,602,416.70	8,963,866.73	10,644,591.74	17,647,612.62	สัดส่วนการผลิต CPO ต่อผลปาล์มน้ำมัน 17.62% โดยน้ำหนัก
พื้นที่ที่ต้องการใช้ในการปลูกปาล์มน้ำมัน (ไร่)	195,132.81	487,832.01	1,951,328.05	3,122,124.88	3,707,523.30	6,146,683.36	สัดส่วนผลผลิตผลปาล์มน้ำมันต่อไร่ 2.87 ตันต่อไร่
รายได้เกษตรกรจากการขายปาล์มน้ำมัน (ล้านบาทต่อปี)	2,921.17	7,302.93	29,211.71	46,738.74	55,502.25	92,016.89	ราคาปาล์มน้ำมัน 5.21 บาทต่อกิโลกรัม

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงสิ่งแวดล้อม และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการบินของการพัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทย

จากข้อมูลการปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย โดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้เก็บรวบรวมข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย จำแนกตามสาขาการปล่อยก๊าซพบปี พ.ศ. 2562 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 280.73 MtCO2eq (ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) ซึ่งปรับลดลงจากปี พ.ศ. 2561 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 286.98 MtCO2eq ซึ่งเป็นปริมาณการปล่อยมีก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ตามแผนภาพที่ 4-6 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ออนไลน์, 2566)

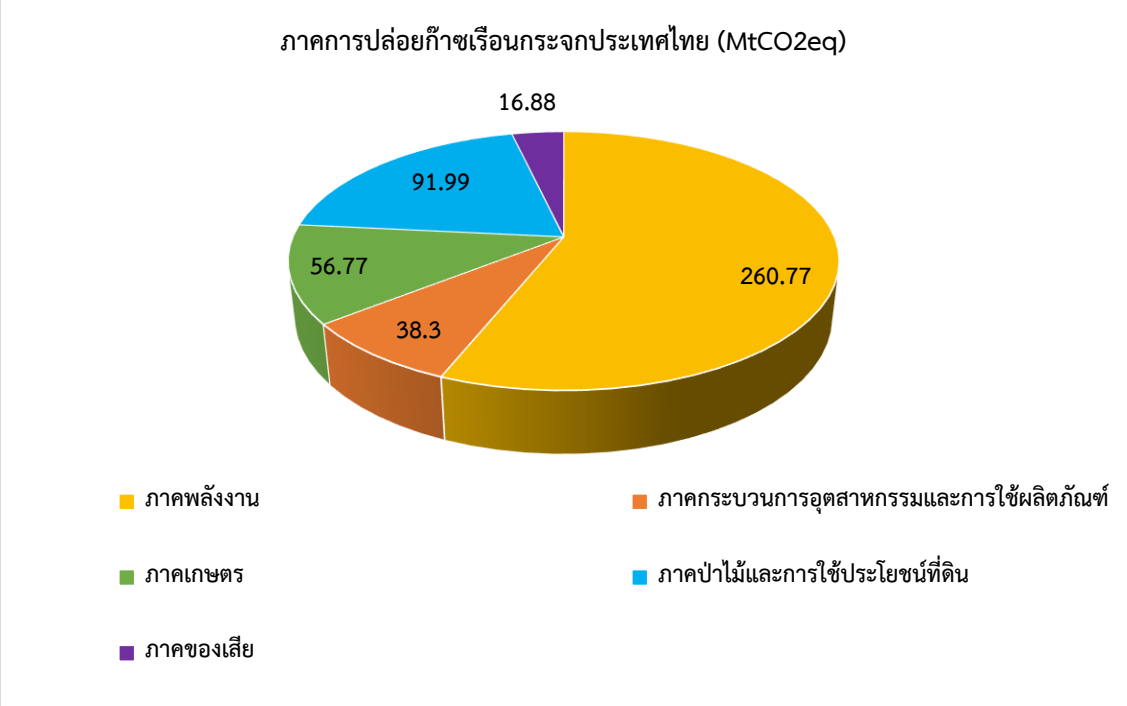
พิจารณาการปล่อยทั้งนี้เมื่อแบ่งตามภาคการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จำนวน 5 ภาคได้แก่ ภาคพลังงาน, ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์, ภาคเกษตร, ภาคป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน และภาคของเสีย โดยพบว่าภาคพลังงานเป็นภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด 260.77 MtCO2eq โดยคิดเป็นร้อยละ 92.8 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ตามแผนภาพที่ 4-7 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ออนไลน์, 2566)

แผนภาพที่ 4-6 ปริมาณการปล่อยมีก๊าซเรือนกระจกประเทศไทย



ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ออนไลน์, 2566

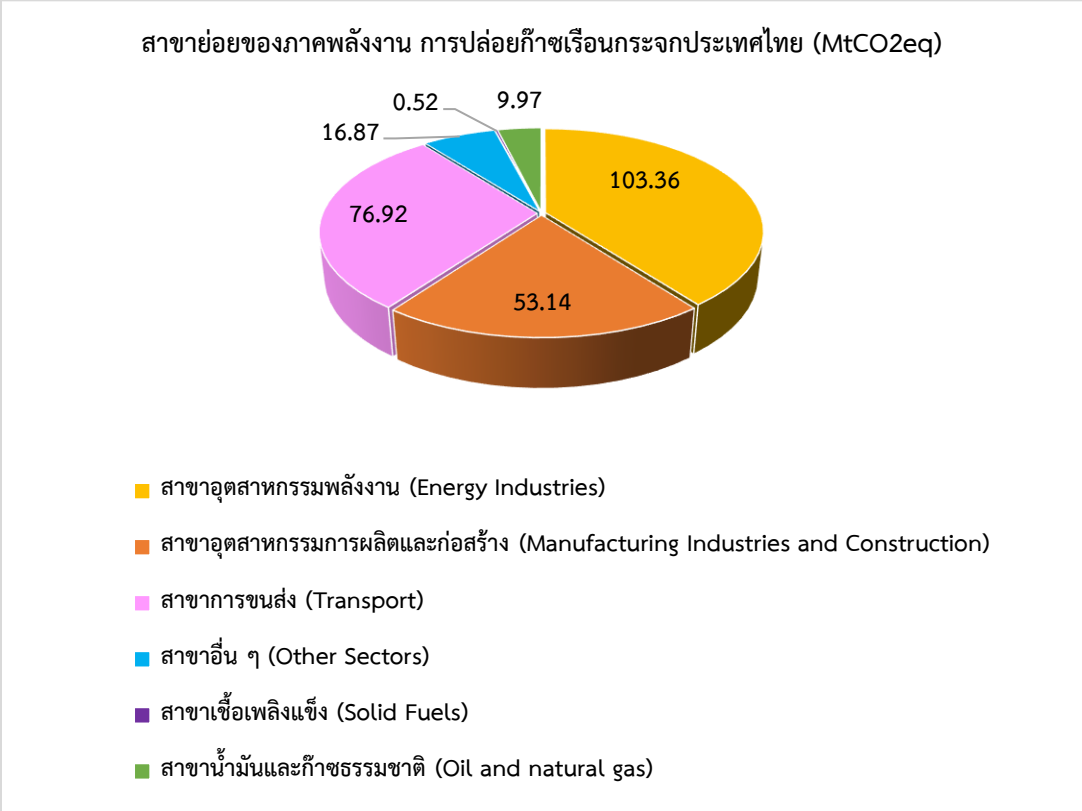
แผนภาพที่ 4-7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเทศไทยแยกตามภาคการปล่อย



ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ออนไลน์, 2566

และเมื่อพิจารณาลงไปถึงรายละเอียดสาขาย่อยของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเทศไทยในภาคพลังงานสามารถแบ่งแยกออกเป็น 6 สาขาย่อย ได้แก่ สาขาอุตสาหกรรมพลังงาน (Energy Industries), สาขาอุตสาหกรรมการผลิตและก่อสร้าง (Manufacturing Industries and Construction), สาขาการขนส่ง (Transport), สาขาอื่น ๆ (Other Sectors), สาขาเชื้อเพลิงแข็ง (Solid Fuels), สาขาน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ (Oil and natural gas) จะพบได้ว่าสาขาที่ได้ศึกษานั้นได้แก่ สาขาการขนส่ง (Transport) ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 76.92 MtCO2eq โดยคิดเป็นร้อยละ 29.5 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานทั้งหมด ตามแผนภาพที่ 4-8 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ออนไลน์, 2566)

แผนภาพที่ 4-8 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเทศไทยแยกตามสาขาย่อยภาคพลังงาน



ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ออนไลน์, 2566

ตามกรอบแผนที่ประเทศไทยได้กำหนดไว้ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยภายหลังปี พ.ศ. 2563 (พ.ศ. 2563 - 2573) มีการกำหนดมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับสาขาการขนส่งได้แก่ มาตรการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับยานพาหนะ ซึ่งตั้งเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก 10 MtCO2eq ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 13 ของ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาการขนส่ง (Transport) ทั้งหมด (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ออนไลน์, 2566)

ในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนเมื่อคำนวณปริมาณความต้องการใช้งานโดยจากข้อมูลของ บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด หรือ Bangkok Aviation Fuel Services (BAFS) ผู้ให้บริหารน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานในปัจจุบันพบว่าการใช้งานเชื้อเพลิงอากาศยานแบบดั้งเดิมนั้น มีปริมาณใช้งาน 4.49 ล้านลิตรต่อวันในปี พ.ศ. 2565 ปริมาณใช้งาน 8.19 ล้านลิตรต่อวันในปี พ.ศ. 2564 และ ปริมาณใช้งาน 5.82 ล้านลิตรต่อวันในปี พ.ศ. 2563 ซึ่งปริมาณการใช้งานดังกล่าวเป็นปริมาณการใช้งานในช่วงการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 ส่งผลให้การเดินทางทางอากาศยานลดต่ำลง จึงไม่

สามารถนำข้อมูลช่วงดังกล่าวมาอ้างอิงได้ จึงเลือกใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2560 ถึง 2562 พบว่าปริมาณใช้งานเชื้อเพลิงอากาศยาน 14.27 14.95 และ 15.38 ล้านลิตรต่อวันตามลำดับ ซึ่งเฉลี่ยปริมาณใช้งานเชื้อเพลิงอากาศยานเป็น 14.87 ล้านลิตรต่อวัน หรือประมาณ 4 ล้านตันต่อปี (รายงานประจำปี บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด, ออนไลน์, 2566)

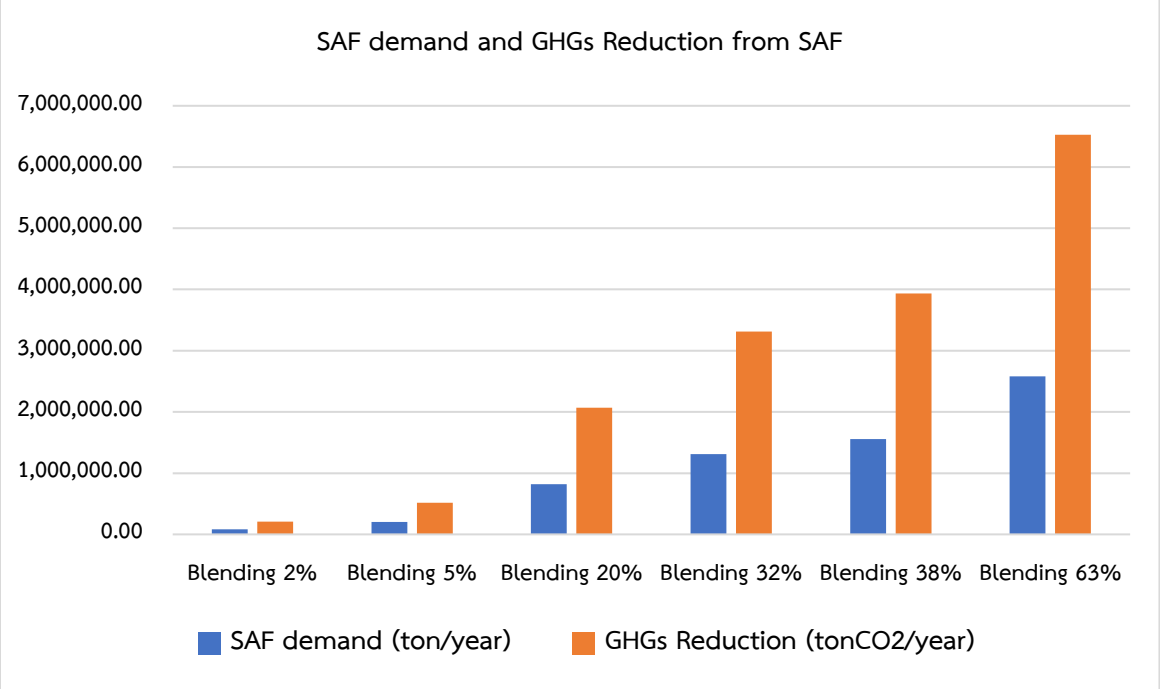
ปริมาณความต้องการของอากาศยานยั่งยืนตามร้อยละที่นำมาผสมกับเชื้อเพลิงอากาศยานแบบดังเดิมตามข้อมูลของฝั่งสหภาพยุโรป มีเป้าหมายการผสมอากาศยานยั่งยืนตามร้อยละ 2, 5, 20, 32, 38 และ 63 ตามลำดับส่งผลให้ความต้องการใช้งานอากาศยานยั่งยืนเพิ่มขึ้นเป็น 0.081, 0.20, 0.82, 1.31, 1.55, 2.58 ล้านตันต่อปีตามลำดับ เมื่อพิจารณาการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนหรือ Sustainable Aviation Fuel (SAF) มีประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากถึงร้อยละ 80 หากคำนวนตลอดทั้งวัฏจักรเมื่อเทียบกับน้ำมันอากาศยานแบบดั้งเดิมโดยปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ วิธีการผลิต (กระบวนการกลั่น) และการขนส่งในขั้นตอนต่างๆ (AIRBUS, ออนไลน์, 2566)

เมื่อพิจารณาค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากข้อมูลของสมาคมขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ หรือ The International Air Transport Association (IATA) พบว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงอากาศยานแบบดั้งเดิม 1 ตันจะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3.16 ตัน เมื่อคำนวนการแทนที่เชื้อเพลิงอากาศยานแบบดังเดิมด้วยเชื้อเพลิงอากาศบานยั่งยืนตามร้อยละการผสมข้างต้นและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกถึงร้อยละ 80 จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอากาศยานแบบดั้งเดิมซึ่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3.16 ตัน พบว่ามีความสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 0.2, 0.51, 2.07, 3.31, 3.93, 6.52 MtCO2eq จากการผสมเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนตามร้อยละ 2, 5, 20, 32, 38 และ 63 ตามลำดับ ดังแสดงในแผนภาพที่ 4-9 (IATA Carbon Offset Program, The International Air Transport Association, 19 April 2022)

สรุปการใช้งานเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนแทนการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานแบบดั้งเดิมสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นไปตามกรอบแผนที่ประเทศไทยที่มีการเป้าหมายลดก๊าซเรือนกระจก 10 MtCO2eq ตามมาตรการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับยานพาหนะจากแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2564 – 2573 โดยหากการผสมเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนร้อยละ 63 สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6.52 MtCO2eq คิดเป็นร้อยละ 65.2 ของมาตรการดังกล่าว และคิดเป็นร้อยละ5.64 ของมาตรการแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

ทั้งหมด และตามความต้องการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization: ICAO) ในหัวข้อ สนับสนุนนวัตกรรมเทคโนโลยีอากาศยานใหม่มาใช้เช่นการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันอากาศยานชีวภาพหรือน้ำมันอากาศยานยั่งยืนเข้ามาใช้งานร่วมกับน้ำมันอากาศยานแบบดั่งเดิม (Atirut Duereh, ออนไลน์, 2566)

แผนภาพที่ 4-9 ปริมาณเชื้อเพลิงอากาศยานที่ต้องการและปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง



ที่มา: IATA Carbon Offset Program, 2022

สรุป

ในการศึกษาแนวทางการพัฒนาเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเชิงพาณิชย์ในอุตสาหกรรมการบินเพื่อตอบสนองยุทธศาสตร์ประเทศไทย และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคการบิน

จากการวิจัยพบว่า ปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่สามารถใช้งานได้แล้วจริง 7 เทคโนโลยี ที่ได้รับการรับรองคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และทดสอบการใช้จริงกับอากาศยานเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้จากการศึกษาความเหมาะสมของประเทศไทยประเด็นด้านวัตถุดิบ พบว่าประเทศไทยมีศุกยภาพในการผลิตวัตถุหลักเพื่อป้อนเทคโนโลยีการผลิต 2 เทคโนโลยี คือ 1) เทคโนโลยีกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย (Hydro-processed Esters and Fatty Acid (HEFA-SPK)) และ 2) เทคโนโลยีกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮอล (Alcohol to Jet Synthetic) โดยต้องการวัตถุดิบ คือ น้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากปาล์มน้ำมัน และแอลกอฮอล ที่ได้จากอ้อย หรือมันสำปะหลัง

ในมิติด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า หากประเทศไทยมีการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานเชิงพาณิชย์ตามสัดส่วนการผสมน้ำมันตั้งแต่ร้อยละ 2 ถึงร้อยละ 63 จะช่วยให้เกษตรกรมีรายได้ตั้งแต่ 2,000 ล้านบาทถึง 90,000 ล้านบาทต่อปี

และในมิติด้านสิ่งแวดล้อมพบว่า หากดำเนินโครงการดังกล่าวนี้ ภาคการบินจะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ตั้งแต่ 0.2 ล้านตัน ถึง 6.52 ล้านตันต่อปี

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทที่ 5 นี้จะทำการสรุปความสำคัญของการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานในประเทศ และสรุปข้อมูลสำคัญสำหรับการแก้ปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการบินของประเทศและในระดับภูมิภาคจากการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน รวมถึงการสร้างรายได้เพิ่มเติมจากผลผลิตทางการเกษตร รวมทั้งนำเสนอเพิ่มเติมจากการศึกษาดังนี้

1. สรุปสภาพการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อวิเคราะห์การผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์
2. สรุปแนวทางในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานในประเทศและพัฒนาเป็นศูนย์กลางของภูมิภาค รวมถึงการสร้างรายได้ทางการเกษตร
3. สรุปการตอบสนองต่อแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – 2580)
4. ข้อเสนอแนะ

สรุปสภาพการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อวิเคราะห์การผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ความต้องการใช้น้ำมันอากาศยานของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งการใช้สำหรับการบินภายในประเทศและการบินระหว่างประเทศ โดยในปี 2560-2562 ประเทศไทยมีความต้องการน้ำมันอากาศยานทั้งหมดเฉลี่ย 5,425 ล้านลิตรต่อปี หรือ 14.87 ล้านลิตรต่อวัน

เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการคมนาคมในภาคการบิน โดยการเลือกใช้น้ำมันอากาศยานยั่งยืนสามารถตอบสนองต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเด็นต่างๆ เช่น ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมการบิน นอกจากนี้การใช้น้ำมันอากาศยานยั่งยืนสามารถช่วยลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม รวมถึงส่งเสริมเศรษฐกิจภายในประเทศ

อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อตอบสนองต่อเป้าหมายขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization, ICAO) ทั้งเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนในปี พ.ศ. 2573 (Carbon Neutrality) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์สุทธิในปี พ.ศ. 2593 (Net Zero) ตามความตกลงปารีส (Paris Agreement) จากการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ 21 (Conference of the Parties, COP 21) และทาง ICAO ได้มีการกำหนดมาตรการ โดยการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 60-70 หากคำนวณตลอดวัฏจักร เมื่อเทียบกับเชื้อเพิลงอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล

จากประเด็นต่างๆ ดังกล่าวทำให้เกิดการผลิตและใช้น้ำมันอากาศยานยั่งยืน เพื่อทดแทนการใช้น้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมการบินได้ โดยในแต่ละภูมิภาคทั่วโลกมีการปรับใช้กำหนดสัดส่วนการผสมในสัดส่วนที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังมีการเพิ่มสัดส่วนเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดจนบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์สุทธิ

นอกจากนี้การใช้น้ำมันอากาศยานยั่งยืนยังเป็นวิธีการที่สามารถนำมาใช้ได้กับเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมการบินในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถทดแทนน้ำมันอากาศยานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ โดยที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน ทำให้ไม่ต้องปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีของเครื่องบิน และยังสามารถส่งเสริมุตสาหกรรมการเกษตรจากการนำผลผลิตทางการเกษตรมาเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน อย่างไรก็ตามยังต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรที่ใช้ในการบริโภค เพื่อให้เกิดผลกระทบในด้านการขาดแคลนอาหาร

ทั้งนี้เทคโนโลยีการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนมีอยู่หลากหลายประเภท โดยมีการใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกันในแต่ละเทคโนโลยี และเทคโนโลยีที่มีศักยภาพและเหมาะสมสำหรับประเทศไทย ได้แก่

1. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydro-processed Esters and Fatty Acid (HEFA-SPK) โดยสามารถใช้น้ำมันดิบปาล์มเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน ซึ่งในปัจจุบันมีการนำน้ำมันดิบปาล์มมาใช้เป็นพลังงาน จากการนำมาผลิตเป็นน้ำมันชีวภาพ ได้แก่ ไบโอดีเซล (Biodiesel) อีกทั้งยังสามารถใช้น้ำมันใช้แล้ว (Used Cooking Oil, UCO) กรดไขมันปาล์ม (PFAD) ไขมันจากสัตว์ และน้ำมันพืชอื่นๆ เช่น น้ำมันถั่วเหลือ เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการนี้ได้

2. กระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮอล์ (Alcohol to Jet Synthetic Paraffinic Kerosene) โดยสามารถใช้เอทานอลเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตน้ำมัน

อากาศยานยั่งยืน ซึ่งในปัจจุบันมีการนำเอทานอลมาใช้เป็นพลังงาน จากการนำเอทานอลผสมกับน้ำมันเบนซิน เพื่อผลิตเป็นน้ำมันชนิดแก๊สโซฮอล์ในประเทศไทย

จากกระบวนการผลิตทั้งสองกระบวนกาข้างต้น มีการใช้วัตถุดิบหลักจากน้ำมันดิบปาล์มและเอทานอล โดยน้ำมันดิบปาล์มสามารถผลิตได้จากปาล์มน้ำมัน ซึ่งมีแหล่งผลิตแหล่งใหญ่อยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย และเอทานอลสามารถผลิตได้จากมันสำปะหลังและอ้อย ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตแอลกอฮอล์ โดยมีแหล่งผลิตแหล่งใหญ่อยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทำให้การผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนมีสามารถส่งเสริมเศรษฐกิจทางการเกษตรในด้านการใช้ผลผลิตทางการเกษตรมาเป็นวัตถุดิบ

นอกจากความพร้อมทางด้านวัตถุดิบแล้ว อีกหนึ่งประเด็นสำคัญ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายสำหรับกระบวนการผลิต รวมถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ทั้งในกระบวนการตลอดจนถึงการขนส่งผลิตภัณฑ์ โดยมีค่าใช้จ่ายในกระบวนผลิตอยู่ที่ราว 1,072 ล้านดอลลาร์ ค่าขนส่งราว 10 ล้านดอลลาร์ จึงต้องอาศัยการผลักดันทางเศรษฐกิจในการช่วยส่งเสริมอีกทางหนึ่ง

สรุปแนวทางในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานในประเทศ รวมถึงการสร้างรายได้ทางการเกษตร

จากความเหมาะสมของเทคโนโลยีการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนและความต้องการของวัตถุดิบ โดยมีความต้องการใช้น้ำมันดิบปาล์มและเอทานอลเป็นวัตถุดิบ จะทำให้มีความต้องการของปาล์มน้ำมัน อ้อย และมันสำปะหลังเพิ่มมากขึ้น เพื่อใช้ในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน ซึ่งจะทำให้มีความต้องการพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อใช้ในการเพาะปลูกเพิ่มมากขึ้น โดยในแต่ละผลผลิตมีพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย

สำหรับเทคโนโลยีการผลิตด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮอล์ (ATJ-SRK) มีความต้องการใช้อ้อยและมันสำปะหลัง เพื่อนำมาผลิตเป็นแอลกอฮอล์ โดยอ้างอิงจากวัตถุดิบของโรงงานเอทานอลในประเทศไทย และนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนซึ่งในประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั้งหมดประมาณ 11 ล้านไร่ และมีผลผลิตราว 106 ล้านตันต่อปี ในส่วนพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังมีอยู่ประมาณ 9 ล้านไร่ และมีผลผลิตราว 30 ล้านตันต่อปี มีแหล่งเพาะปลูกใหญ่อยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยโรงงานผลิตเอทานอลในประเทศไทยมีกำลังการผลิตอยู่ที่ประมาณ 6.57 ล้านลิตรต่อวัน

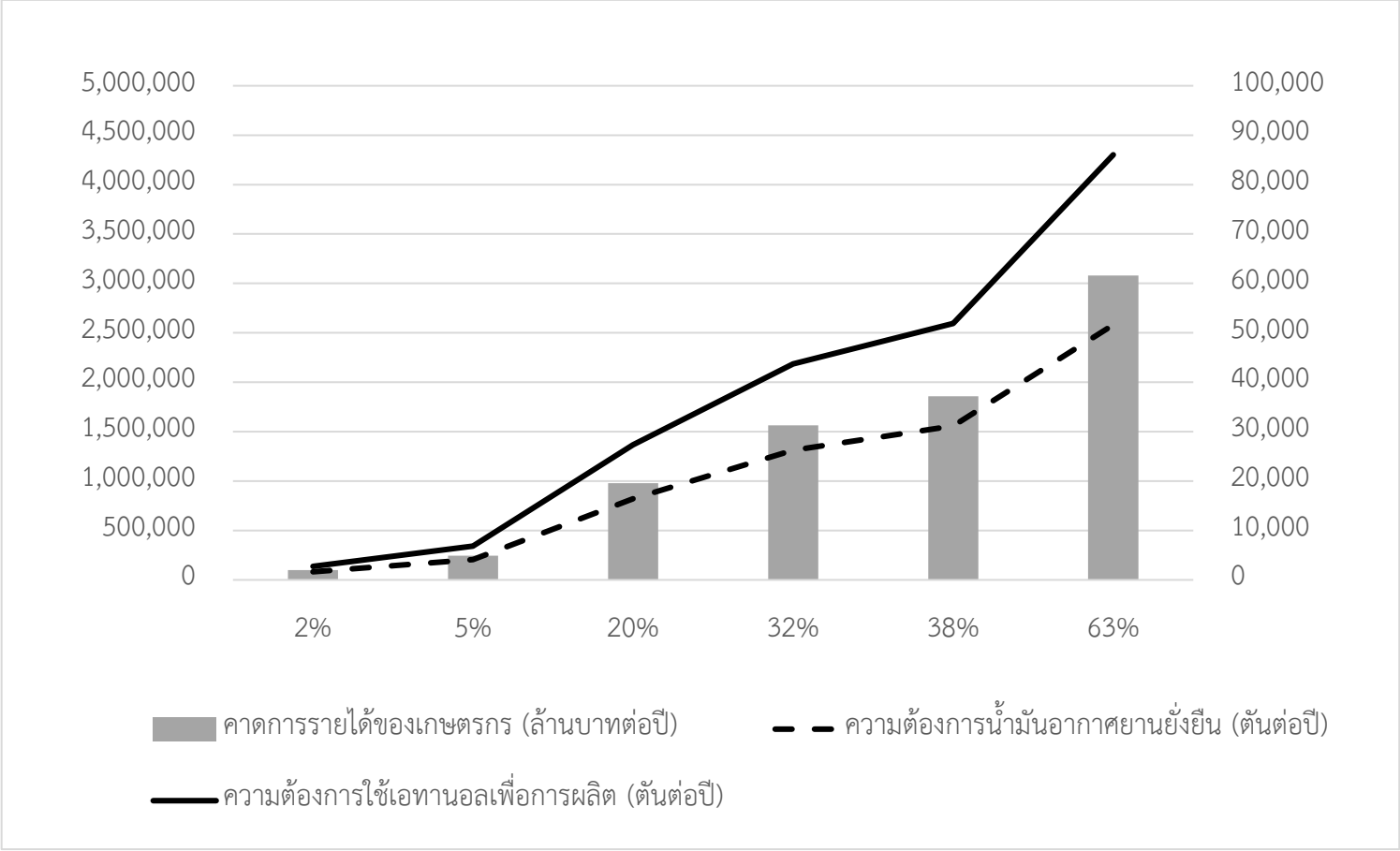
สำหรับเทคโนโลยีการผลิตด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid (HEFA-SPK) มีความต้องการใช้ปาล์มน้ำมันเพื่อนำมาผลิตเป็นน้ำมันดิบปาล์ม ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน ซึ่งปัจจุบันในประเทศ

ไทยมีพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมดประมาณ 6 ล้านไร่ และผลผลิตประมาณ 18 ล้านตันต่อปี โดยพื้นที่ส่วนใหญ่จะเพาะปลูกทางภาคใต้ของประเทศไทย นอกจากนี้ประเทศไทยมีกำลังการผลิตน้ำมันดิบปาล์มประมาณ 2.87 ล้านลิตรต่อวัน

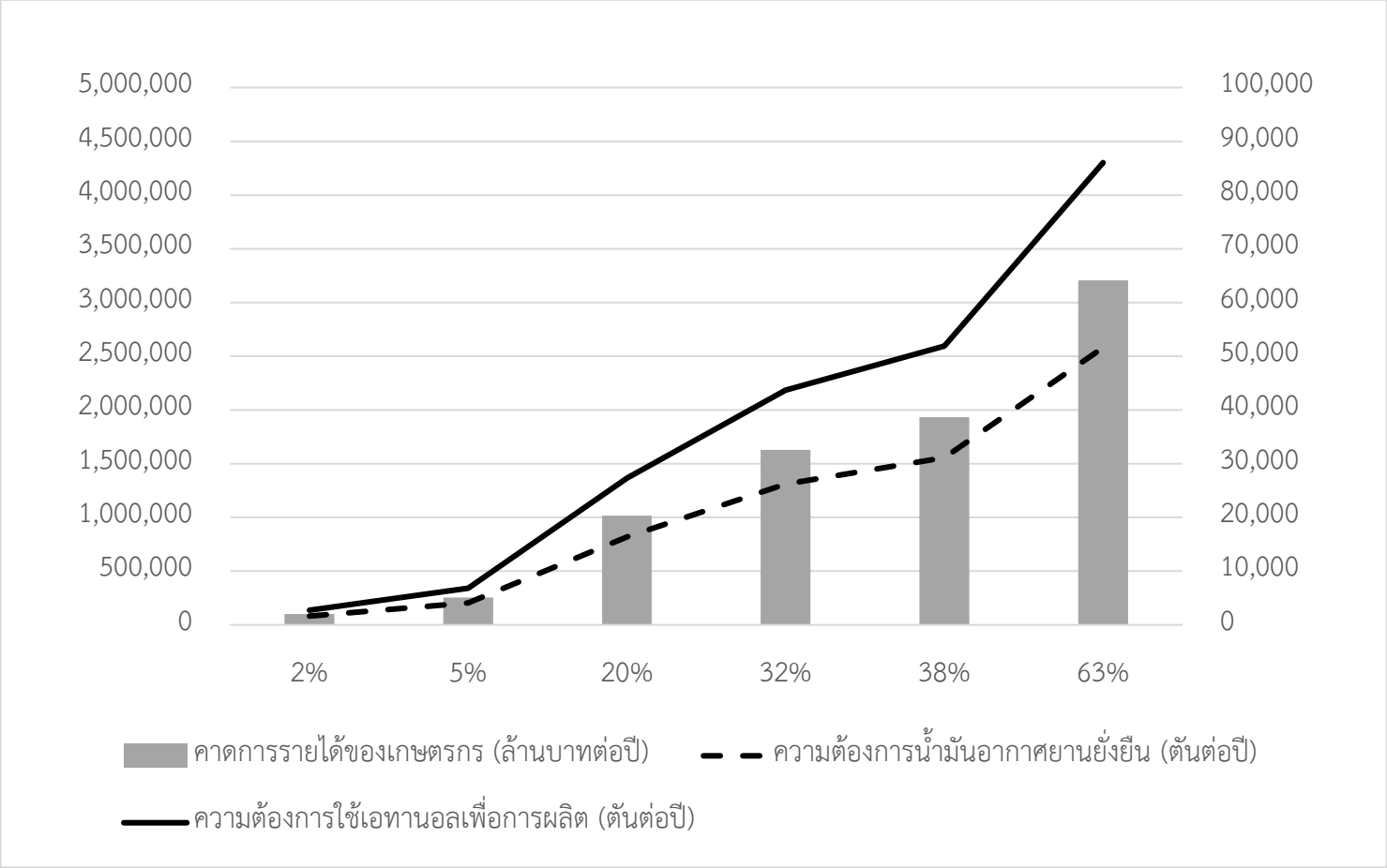
ในการศึกษาการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืน โดยนำวัตถุดิบหลักจากการใช้ผลผลิตทางการเกษตร เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนอตุสาหกรรมการเกษตรของประเทศไทย โดยวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มหภาคของการผลิตในกระบวนการต่าง ๆ ด้วยการคิดจากรายได้เกษตรกร โดยมีการประเมินความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืนจากความต้องการใช้น้ำมันอากาศยานและแบ่งตามสัดส่วนการผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืน อ้างอิงตามการบังคับของสหภาพยุโรป แบ่งเป็นสัดส่วนการผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนร้อยละ 2, 5, 20, 32, 38 และ 63 ซึ่งคิดเป็นความต้องการน้ำมันอากาศยานยั่งยืนสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 2.58 ล้านตันต่อปี

ทั้งนี้ข้อสรุปข้อมูลสมมุติฐานและสรุปข้อมูลผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มหภาคของแต่ละกระบวนการและแต่ละวัตถุดิบได้ดังแผนภาพที่ 5-1 ถึง แผนภาพที่ 5-3

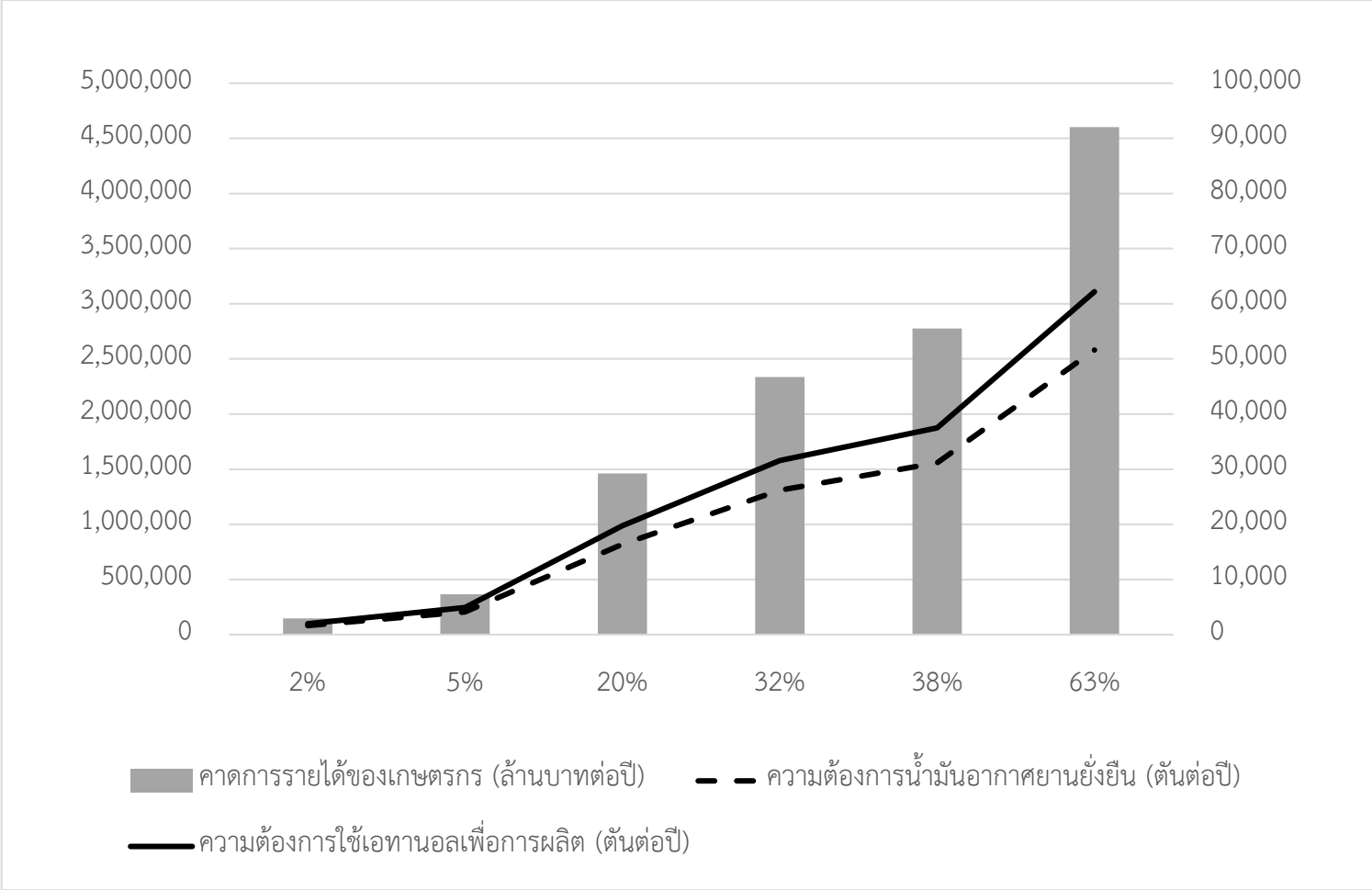
แผนภาพที่ 5-1 การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮออล์ มีอ้อยเป็นวัตถุดิบ



แผนภาพที่ 5-2 การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วยแอลกอฮออล์ มีมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ

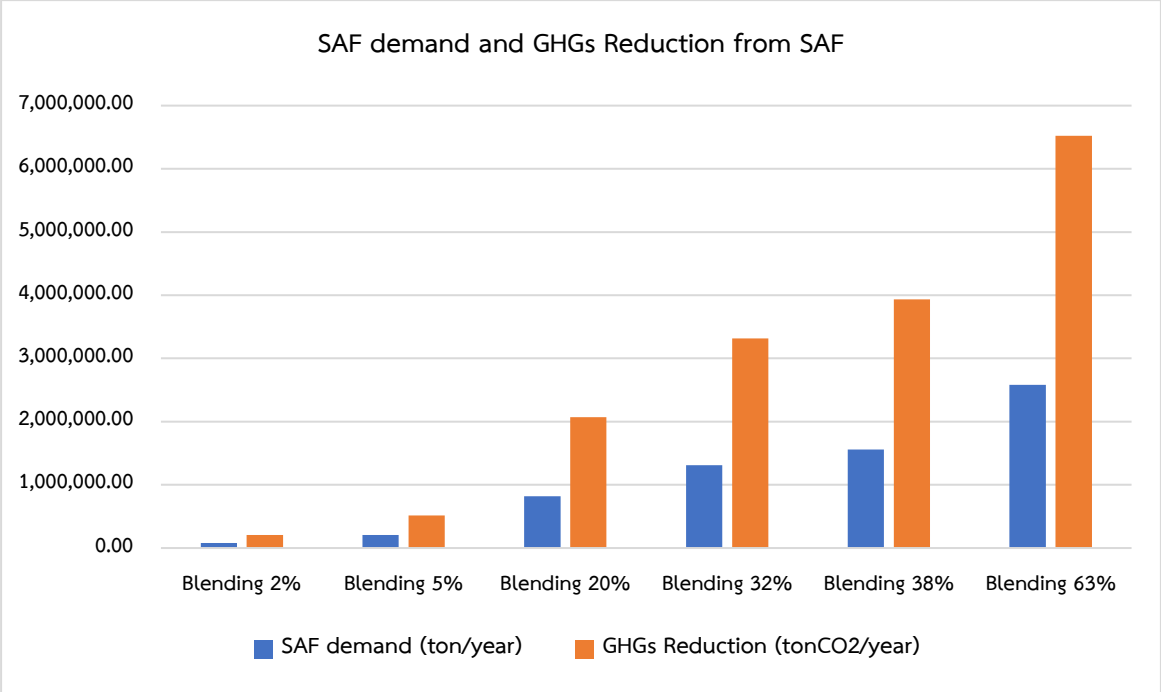


แผนภาพที่ 5-3 การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินเคโรซีนด้วย Hydroprocessed Esters and Fatty Acid มีน้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ



นอกจากนี้โครงการดังกล่าวยังช่วยส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมการบิน ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากถึง 6.52 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2eq$) จากการผสมน้ำมันอากาศยานยั่งยืนในสัดส่วนร้อยละ 63 รวมถึงยังช่วยส่งเสริมความมั่นคงทางด้านพลังงานของประเทศไทย ดังแสดงในแผนภาพที่ 5-4

แผนภาพที่ 5-4 ปริมาณเชื้อเพลิงอากาศยานที่ต้องการและปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง



ที่มา: IATA Carbon Offset Program, 2022

ดังนั้นการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนในประเทศไทยจึงถือเป็นทางเลือกที่สามารถช่วยส่งเสริมเศรษฐกิจของประเทศ ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมถึงช่วยเพิ่มความมั่นคงทางด้านพลังงานในภาคอุตสาหกรรมการบิน และส่งเสริมการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรให้มีมูลค่ามากยิ่งขึ้น

สรุปการตอบสนองต่อแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – 2580)

จากการศึกษาวิเคราะห์พบว่า งานวิจัยฉบับนี้หากดำเนินการจะสามารถตอบสนองต่อแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ได้ 2 ยุทธศาสตร์เป็นหลัก โดยประกอบด้วย 1) ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน โดยมุ่งเน้นไปในเรื่องการเกษตรสร้างมูลค่า อุตสาหกรรมและบริหารแห่งอนาคต ซึ่งการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนสามารถนำผลผลิตทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต เป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรมาผ่านกระบวนการผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน ซึ่งมีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สูงกว่า เป็นการส่งเสริมให้มีการนำวัตถุดิบทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม และพลังงานที่เกี่ยวเนื่องกับชีวภาพได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ 2) ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับสายการบิน ทั้งเส้นทางระหว่างประเทศ และเส้นทางภายในประเทศ ที่จะใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บอนต่ำ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ในการสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก อีกทั้งยังส่งผลให้ประเทศไทยเติบโตควบคู่ไปกับการที่ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

แผนภาพที่ 5-5 การตอบสนองยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – 2580)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาการพัฒนาพื้นที่เพาะปลูกและปรับปรุงพันธุ์พืช เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มอัตราการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนเพิ่มเติม
2. ควรศึกษาผลกระทบทางอ้อมในมิติอื่น ๆ เช่น การใช้ทรัพยากรน้ำ การใช้สารเคมี การใช้แรงงานทางภาคการเกษตร เป็นต้น
3. ควรศึกษาประเด็นความสมดุลระหว่างพืชเพื่อการผลิตพลังงาน และเพื่อการอุปโภคบริโภค เป็นต้น
4. ควรศึกษาเพื่อปรับปรุงนโยบายและข้อกำหนดต่าง ๆ ให้สอดคล้องต่อทิศทางการพัฒนาพลังงานของประเทศ

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. “คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 7”. กระทรวงพลังงาน. 2559

วารสาร และหนังสือพิมพ์

ร.อ.มณฑียร เครียดธฤมาล, เชื้อเพลิง หล่อลื่นและไข, กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2548

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กองยุทธศาสตร์และแผนงาน กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2563/64. กรุงเทพฯ : พฤษภาคม 2564.

สำนักงานนโยบายและบริหารยุทธศาสตร์. “รายงานสถิติข้อมูลการจราจรทางอากาศภายใน Bangkok FIR ประจำปีงบประมาณ 2565”. บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด , 2565

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. “ภาพรวมพลังงาน เดือนมกราคม ปี 2566”. กระทรวงพลังงาน. 2566

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. “รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2565”. กระทรวงพลังงาน. 2565

วิทยานิพนธ์ รายงานการวิจัย เอกสารวิจัย

บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน). รายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดโครงการครั้งที่ 9, 2565

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. โครงการศึกษาแนวทางการส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานอย่างยั่งยืน , กุมภาพันธ์ 2563

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. “Farmer Map 2564”. กรมส่งเสริมการเกษตร. 2565

บรรยาย ปาฐกถา

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564 – 2573 : กรุงเทพฯ

กฎหมาย

“กฎกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขเกี่ยวกับการแจ้ง การอนุญาต และอัตราค่าธรรมเนียมเกี่ยวกับการประกอบกิจการน้ำมันเชื้อเพลิง”. ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ ๑๓๐ ตอนที่ ๒๗ ก, ๒๗ มีนาคม ๒๕๕๖, หน้า ๑

“ข้อบังคับของสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย”, ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ ๑๓๙ ตอนพิเศษ ๓๗ ง, ๑๑ กุมภาพันธ์ 2565, หน้า ๒๑-๒๘

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564 – 2573 : กรุงเทพฯ

ฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

กรมการค้าภายใน. “กรมการค้าภายใน ติดตามสถานการณ์ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คาดว่าแนวโน้มราคายังคงระดับสูง”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.prd.go.th/th/content/category/detail/id/39/iid/119582, 2565

กรมการค้าภายใน. “ข้อมูลราคาสินค้าเกษตรผลปาล์มทะลาย”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://pricelist.dit.go.th/main_price.php?seltime=year, 2566

กรมการค้าภายใน. “ปริมาณการผลิต การใช้และสต็อก น้ำมันปาล์มคงเหลือ”. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก: https://agri.dit.go.th/department_doc/3/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%D2%B3%EF%BF%BD%EF%BF%BD%C3%BC%EF%BF%BD%D4%B5%20%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%CA%B5%EF%BF%BD%CD%A1%20%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%D1%B9%

EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD/66/20, 2566

กรมการค้าภายใน. “ปาล์มน้ำมัน ราคาผลปาล์มและน้ำมันปาล์มรายวัน”. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก: https://agri.dit.go.th/index.php/department_doc/3/ปาล์มน้ำมัน/28, 2566

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ สำนักการค้าสินค้า. “สินค้าปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: Product-Profile-น้ำมันปาล์ม-16-ก.พ.-65.pdf (xn--42ca1c5gh2k.com), 2565.

กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน, “สถิติการผลิต นำเข้า จำหน่าย และส่งออกน้ำมันเชื้อเพลิงรายปี”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.doeb.go.th/2017/#/article/statistic, 2566

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, “รายงานสถานการณ์พลังงานของ ประเทศไทย (Energy Situation of Thailand) ”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=57784, 2566

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. “การส่งเสริมและสถานภาพการใช้เอทานอลในปัจจุบัน”. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก: https://www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=329, 2566

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.“พลังงานถ่านหินสะอาด”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=498, 2566.

กระทรวงพาณิชย์. “ข้อมูลราคาสินค้าเกษตรน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://mex.moc.go.th/page/dit/checkpricedetail/type/R/catid/6/itemid/P16006, 2566

กองสื่อสารองค์กร CAAT News , “Roadmap แผนฟื้นฟูอุตสาหกรรมการบิน ปี 2565-2568 และร่างนโยบายด้านการบินพลเรือนของประเทศ ฉบับที่ 12/2565” ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.caat.or.th/th/archives/65331, 2566

การยางประเทศไทย. “ข้อมูลราคาไม้ยาง”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.raot.co.th/rubber2012/menu5.php , 2566

การวิจัยและพัฒนาน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานสังเคราะห์. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.synjetfuel.dae.rtaf.mi.th/basic.htm, 2566

ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร ราคาสินค้าเกษตรรายเดือน. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.oae.go.th/view/1/ราคาสินค้าเกษตรรายเดือน/TH-TH, 2566.

ข่าวคณะโฆษก สำนักนายกรัฐมนตรี. “โมเดลเศรษฐกิจ BCG เป็นนโยบายขับเคลื่อนประเทศไทย”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.thaigov.go.th/news/contents/details/38369, 2566

ข่าวฐานเศรษฐกิจ. “กำลังข้าวพันธุ์ใหม่เวียดนาม”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.thansettakij.com/business/447995, 2566

จรินทร์ ชลไพศาล. “สถานการณ์และแนวโน้มถ่านหินของโลกและของไทย”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www1.dpim.go.th/dt/pper/000001300353486.pdf, 2552.

บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด. “รายงานประจำปี 2561” (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.bafsthai.com/th/investor-relations/document/annual-reports, 2566

บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด. “รายงานประจำปี 2563” (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.bafsthai.com/th/investor-relations/document/annual-reports, 2566

บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด. “รายงานประจำปี 2565” (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.bafsthai.com/th/investor-relations/document/annual-reports, 2566

บริษัท ปตท. น้ำมันและการค้าปลีก จำกัด (มหาชน), “ข้อกำหนดผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน” .(ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.pttor.com/th/product/commercial/Aviation-Fuel, 2566

ผู้จัดการออนไลน์. “ชาวไร่ขานรับปรับแผนไร้อ้อยไฟไหม้เป็นปี 66/67”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://mgronline.com/business/detail/9640000047637, 2564

ผู้จัดการออนไลน์. “ราคาน้ำตาลทรายหน้าโรงงานปี 2564”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://mgronline.com/business/detail/9650000069914, 2566

พสิษฐ์ คงคุณากรกุล, “Data Journalism: เจาะลึกฝุ่น PM2.5 ด้วยข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี ฝุ่นมาจากไหน เรารู้อะไรบ้าง”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://thestandard.co/where-did-pm2-5-come-from/, 2566

ศูนย์ข้อมูลปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มทั้งระบบ. “ข้อมูลการผลิตปาล์มน้ำมัน”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: ศูนย์ข้อมูลปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มทั้งระบบ (dit.go.th), 2566

สมาคมการค้าผู้ผลิตเอทานอลไทย. “ราคาอ้างอิงเอทานอล”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.thai-ethanol.com/th/statistical-data/price.html, 2566

สมาคมการค้าผู้ผลิตเอทานอลไทย. “ราคาอ้างอิงเอทานอล”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.thai-ethanol.com/th/statistical-data/price.html , 2566

สมาคมผู้เลี้ยงสุกรแห่งชาติ. “BCG Economy นโยบายกระตุกเศรษฐกิจที่ภาคปศุสัตว์ ทั้งระบบต้องขับเคลื่อนไทย”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : BCG Economy นโยบายกระตุกเศรษฐกิจที่ภาคปศุสัตว์ ทั้งระบบต้องขับเคลื่อน (swinethailand.com), 2566

สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย, “รายงานประจำปี 2564 – CAAT Annual Report 2021 ”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.caat.or.th/th/archives/36347, 2566

สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย. “สายการบินระหว่างประเทศ”. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก: https://www.caat.or.th/th/archives/3340, 2566

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม. “ราคาสำรวจน้ำตาลทรายภายในราชอาณาจักรเฉลี่ยที่ขายได้จริง”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: http://www.ocsb.go.th/include/list.php, 2566

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. “การผลิตเอทานอล”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: http://www.ocsb.go.th/th/faq/index.php?gpid=21, 2566

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. “การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจำแนกตามสาขาการปล่อยก๊าซ”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://data.go.th/dataset/gdpublish-ccmcdatabase1}, 2566

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน, “รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2565”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.eppo.go.th/index.php/th/informationservices/ct-menu-item-56, 2566

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน, “รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2565”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.eppo.go.th/index.php/th/informationservices/ct-menu-item-56, 2566

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. “รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2565 (Energy Statistics of Thailand 2022)”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: www.eppo.go.th, 2565.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. “ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร-สถิติการนำเข้า”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://impexpth.oae.go.th/import , 2566.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. “ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร-สถิติการนำเข้า”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: ระบบฐานข้อมูลและการให้บริการข้อมูลการค้าเกษตรต่างประเทศของประเทศไทย (oae.go.th), 2566.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. “ตารางแสดงรายละเอียดข้าวโพดหวาน”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: ตารางแสดงรายละเอียดข้าวโพดหวาน (oae.go.th), 2566.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. “ตารางแสดงรายละเอียดมันสำปะหลัง”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดมันสำปะหลัง/TH-TH, 2566

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. “ตารางแสดงรายละเอียดมันสำปะหลัง”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: ตารางแสดงรายละเอียดมันสำปะหลัง (oae.go.th), 2566.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. “ตารางแสดงรายละเอียดยางพารา”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: ตารางแสดงรายละเอียดยางพารา (oae.go.th), 2566.

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. “เกษตรกรรม ทางเลือก ทางรอด. นายบุญทวี ดวงนิราช ฝ่ายส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาชุมชน” (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.depa.or.th/th/article-view/agriculture-alternative-way-of-survival, 2566

สุรเมธี มณีสุโข. “6 หุ้นน้ำมันพืชบวกแรง รับอินโดห้ามส่งออกน้ำมันปาล์ม-ราคาถั่วเหลืองพุ่ง” . (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.efinancethai.com/LastestNews/LatestNewsMain.aspx?release=y&ref=M&id=UjlIZkdINU9jTlE9, 2565

ภาษาต่างประเทศ

Book

C. Gutiérrez-Antonio, F.I. Gómez-Castro, J.A. de Lira-Flores and S. Hernández. “A review on the production processes of renewable jet fuel”, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 79, Nov 2017. p.709-729.

IATA The International Air Transport Association, IATA Carbon Offset Program Frequently Asked Questions, Version 10.2, 19 April 2022

IATA. IATA Guidance Material for Sustainable Aviation Fuel Management. 2nd Edition 2015

ICAO Environment. Sustainable Aviation Fuels Guide. Version2 December 2561.

ICAO Environment. Sustainable Aviation Fuels Guide. Version2 December 2561.

Journals and Newspaper

International Bank for Reconstruction and Development. “State and Trends of Carbon Pricing 2021”. The World Bank, 2021

The Civil Aviation Authority of Thailand (CAAT). “THAILAND’s Action Plan to Reduce Aviation Emissions version 2021”. State Action Plans Submitted to ICAO, 2022

The International Air Transport Association (IATA). “Net zero 2050: sustainable aviation fuels”. Fact Sheet, 2023

U.S. Department of Energy, U.S. Department of Transportation, and U.S. Department of Agriculture. “Flight Plan for Sustainable Aviation Fuel”. Sustainable Aviation Fuel Grand Challenge Roadmap, 2022.

World Economic Forum. “Deploying Sustainable Aviation Fuels at Scale in India: A Clean kies or Tomorrow Publication”. June 2021

Research

Abid H Tanzil, Kristin Brandt, Xiao Zhang, Michael Wolcott, Electo Eduardo Silva Lora, Claudio Stockle, Manuel Garcia-Perez. “Evaluation of bio-refinery alternatives to produce sustainable aviation fuels in a sugarcane mill”. Fuel. 321. March 2022. 123992.

Bijay P Sharma, T. Edward Yu, Burton C. English and Christopher N. Boyer. “Economic Analysis of Developing a Sustainable Aviation Fuel Supply Chain Incorporating With Carbon Credits: A Case Study of the Memphis

International Airport". Frontiers in Energy Research. 9. December 2021. p.775389

Jane O'Malley, Nikita Pavlenko, Stephanie Searle. "Estimating sustainable aviation fuel feedstock availability to meet growing European Union demand". Working Paper 2021-13, The International Council on Clean Transportation (ICCT), 2021.

Kazuhiro Kumabe a, Takuya Sato b, Kozo Matsumoto c, Yasuyuki Ishida d and Tatsuya Hasegawa. "Production of hydrocarbons in Fischer–Tropsch synthesis with Fe-based catalyst: Investigations of primary kerosene yield and carbon mass balance". Fuel. 89. Feb 2010. p.2088-2095.

Kok Siew Ng, Danial Farooq and Aidong Yang. "Global biorenewable development strategies for sustainable aviation fuel production", Renewable and Sustainable Energy Reviews. 150, Ocy 2021. p111502

Lixiong Li, Edward Coppola, Jeffrey Rine, Jonathan L. Miller and Devin Walker. "Catalytic Hydrothermal Conversion of Triglycerides to Non-ester Biofuels". Energy Fuels. 24, Dec 2009 P.1305-1315

Pattreeya Panpian, Thi Tuong Vi Tran, Suwadee Kongparakul, Lalita Attanatho, Yoothana Thanmongkhon, Peifen Wang, Guoqing Guan, Narong Chanlek, Yingyot Poo-arporn and Chanatip Samart. "Production of bio-jet fuel through ethylene oligomerization using NiAlKIT-6 as a highly efficient catalyst". Fuel. 287, Mar 2021. p.119831.

Rahmes, T., Kinder, J., Crenfeldt, G., LeDuc, G., Abe, Y., McCall, M., Henry, T., Zombanakis, G., Lambert, D., Lewis, C., Andac, M., Juenger, J., Reilly, K., Holmgren, J., and Bozzano, A. "Sustainable bio-derived synthetic Paraffinic kerosene (Bio-SPK) jet fuel flights and engine tests program results". 9th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference (ATIO). Sep 2009.

Scott Geleynse, Kristin Brandt, Manuel Garcia Perez, Michael Wolcott and Xiao Zhang. "The Alcohol-to-Jet Conversion Pathway for Drop-In Biofuels: Techno-Economic Evaluation", ChemSusChem. 11 (12), 2018. p.3728-3741.

Sierk de Jong, Ric Hoefnagels, André Faaij, Raphael Slade, Rebecca Mawhood and Martin Junginger. “The feasibility of short-term production strategies for renewable jet fuels – a comprehensive techno-economic comparison”, Biofuels, Bioproducts and Biorefining. 9, Oct 2015. P.778-800.

Sierk de Jong, Ric Hoefnagels, André Faaij, Raphael Slade, Rebecca Mawhood and Martin Junginger. “The feasibility of short-term production strategies for renewable jet fuels – a comprehensive techno-economic comparison”, Biofuels, Bioproducts and Biorefining. 9 (6), 2015. p.778-800

Stella Bezergianni and Aggeliki Kalogianni. “Hydrocracking of used cooking oil for biofuels production”. Bioresource Technology. 100. Apr 2009. p.3927–3932.

Tao Li, Jun Cheng, Rui Huang, Weijuan Yang, Junhu Zhou and Kefa Cen. “Hydrocracking of palm oil to jet biofuel over different zeolites”, International Journal of Hydrogen Energy. 41, Dec 2019. p.21883 - 21887

Toshiaki Hanaoka, Tomohisa Miyazawa, Katsuya Shimura and Satoshi Hirata. “Jet fuel synthesis in hydrocracking of Fischer–Tropsch product over Pt-loaded zeolite catalysts prepared using microemulsions”. Fuel Processing Technology. 129. Jan 2015. p.139-146.

Xiaoyu Guoa, Lisheng Guoa, Yan Zenga, Rungtiwa Kosola, Xinhua Gaob, Yoshiharu Yoneyamaa, Guohui Yanga and Noritatsu Tsubakia. “Catalytic oligomerization of isobutyl alcohol to jet fuels over dealuminated zeolite Beta”. Catalysis Today. 368, May 2021. p.196-203.

Zongwei Zhang, Qingfa Wang and Xiangwen Zhang, “Hydroconversion ofWaste Cooking Oil into Bio-Jet Fuel over NiMo/SBUY-MCM-41”, Catalysts. 9, May 2019. p.466

Electronic Data Base

AIRBUS. Sustainable aviation fuel A proven alternative fuel for immediate CO2 reduction. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.airbus.com/en/sustainability/respecting-the-planet/decarbonisation/sustainable-aviation-fuel, 2566

Airports Council International (ACI). “Integration of Sustainable Aviation Fuels into the air transport system”. (Online). Available: https://www.ati.org.uk/wp-content/uploads/2022/06/saf-integration.pdf, 2023

Argusmedia. “Global Sustainable Aviation Fuel Capacity”. (Online). Available: https://view.argusmedia.com/Global_SAF_Capacity_Map.html, 2022

ASTM International. “Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons”. (Online). Available : https://www.astm.org/d7566-21.html, 2023

Atirut Duereh, “ประชุมสมัชชา ICAO สมัยที่ 44”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://rb.gy/1fgkqj, 2566

Axens. “On the road to SAF”. (Online). Available: https://www.axens.net/markets/renewable-fuels-bio-based-chemicals/sustainable-aviation-fuel, 2023

Chaiwat Sowcharoensuk, “แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2564-2566: อุตสาหกรรมน้ำตาล”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/Agriculture/Sugar/IO/io-sugar-21

Chaiwat Sowcharoensuk, “แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2564-2566: อุตสาหกรรมเอทานอล”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/energy-utilities/ethanol/io/io-ethanol-21

Chaiwat Sowcharoensuk, “แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2565-2567: อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/agriculture/palm-oil/IO/Oil-palm-industry-2022-2024, 2565

Chevronlummus. “BIOFUELS ISOCONVERSION”. (Online). Available: https://www.chevronlummus.com/Clean-Fuels/Biofuels-Isoconversion, 2023

Christopher Surgenor, “EU SAF blending mandate proposals ambitious but feasible, says SkyNRG analysis report”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.greenairnews.com/?p=1398, 2566

Emirates. “Emirates operates milestone demonstration flight powered with 100% Sustainable Aviation Fuel”. (Online). Available: https://www.emirates.com/media-centre/emirates-operates-milestone-demonstration-flight-powered-with-100-sustainable-aviation-fuel/, 2023

European Commission. “European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions”. (Online). Available : https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541, 2023

European Commission. “Reducing emissions from aviation”. (Online). Available : https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-emissions/reducing-emissions-aviation_en#aviation-in-eu-emissions-trading-system, 2023

European Council. “Fit for 55”. (Online). Available : https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/, 2023

European Union Aviation Safety Agency (EASA). “Environmental Report”. (Online). Available: https://www.easa.europa.eu/eco/eaer/topics/sustainable-aviation-fuels/current-landscape-future-saf-industry#overall-co2-emissions-reductions, 2023

European Union Aviation Safety Agency (EASA). “Fit for 55 and ReFuelEU Aviation”. (Online). Available : https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/fit-55-and-refueleu-aviation, 2023

Evridiki Dimitriadou and Corey Lavinsky. “Long-term demand for SAF could run into supply constraints”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://rb.gy/1fgkqj, 2566

Green Network, “ความตกลงปารีส (Paris Agreement) ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://rb.gy/1fgkqj , 2566

Helgi Library. Which Country Consumes the Most Jet Fuel (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.helgilibrary.com/charts/which-country-consumes-the-most-jet-fuel/, 2023

Honeywell UOP. “Creating new revenue streams for ethanol in the aviation sector”. (Online). Available: https://uop.honeywell.com/en/industry-solutions/renewable-fuels/ethanol-to-jet, 2023

Honeywell UOP. “Ecofining™”. (Online). Available: https://uop.honeywell.com/en/industry-solutions/renewable-fuels/ecofining, 2023

IATA. “Developing Sustainable aviation Fuel (SAF)”. (Online). Available: https://www.iata.org/en/programs/environment/sustainable-aviation-fuels/, 2023

ICAO. “SAF rules of thumb”. (Online). Available: https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/SAF_RULESOFTHUMB.aspx, 2023

International civil aviation (ICAO). “Climate Change”. (Online). Available : https://www.icao.int/environmental-protection/pages/climate-change.aspx, 2023

International civil aviation (ICAO). “Environmental Policies on Aviation Fuels”. (Online). Available : https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Policies.aspx, 2023

International civil aviation (ICAO). “Resolution A40-18: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection - Climate change”. (Online). Available : https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Assembly/Resolution_A40-18_Climate_Change.pdf, 2023

International Civil Aviation Organization. “SAF Offtake Agreements”. (Online). Available : https://lookerstudio.google.com/reporting/8e9488a2-1811-4b13-b7eb-b3fc2e970160/page/FTHXC, 2023

Johnson Matthey. “Fuelling the net zero transition”. (Online). Available: https://matthey.com/products-and-markets/energy/sustainable-aviation-fuels/hycogen, 2023

LanzaJet. “Proven and proprietary global technology solution for sustainable fuel from waste sources.”. (Online). Available: https://www.lanzajet.com/what-we-do/#technology, 2023

Qatar Airways. “Environmental Sustainability”. (Online). Available: https://www.qatarairways.com/en/about-qatar-airways/environmental-awareness.html, 2023

S&P Global Inc. “Long-term demand for SAF could run into supply constraints”. (Online). Available : https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/blogs/oil/032222-sustainable-aviation-fuel-saf-2050, 2023

S&P Global. “SAF demand on the rise but feedstock availability a concern”. Online. Available: https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/oil/040122-saf-demand-on-the-rise-but-feedstock-availability-a-concern-industry-experts, 2023

THAI NEWS PIX, “ฝุ่น PM 2.5 : ไทยพบจุดความร้อนสูงสุดนับตั้งแต่ปี 2566 พบอยู่ในเขตป่าอนุรักษ์-ป่าสงวนเกือบ 80%”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.bbc.com/thai/articles/crgzp3p1vp2o/, 2566

Thaipublica, “COP 26 คืออะไร มีบทบาทอย่างไรในการต่อสู้กับ Climate Change”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://thaipublica.org/2021/10/what-is-cop-26/

The World Bank. “Carbon Pricing Dashboard”. (Online). Available : https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data, 2023

Topsoe. “Start Up Your Green Ambitions”. (Online). Available: https://www.topsoe.com/sustainable-aviation-fuel-technology, 2023

World Economic Forum. “What will it take to scale Sustainable Aviation Fuel in the next decade?”. (Online). Available: https://www.weforum.org/agenda/2023/01/scale-sustainable-aviation-fuel-in-the-next-decade-davos23/, 2023

ภาคผนวก

ผนวก ก

รายนามผู้ให้สัมภาษณ์

ลำดับ	ชื่อ-นามสกุล		ตำแหน่ง
1.	นายฉันทานนท์	วรรณเขจร	เลขาธิการสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร
2.	นายใบน้อย ชาตรี	สุวรรณ	อธิบดีกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
3.	หม่อมหลวงณัฐสิทธิ์	ดิศกุล	กรรมการ บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

ผนวก ข

สรุปการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

1. สัมภาษณ์ นายฉันทานนท์ วรรณเขจร

เลขาธิการสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

1. น้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับประเทศไทย

น้ำมันอากาศยานยั่งยืนเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์หรือผลผลิตทางการเกษตร และยังเป็นการสร้างความยั่งยืนของประเทศไทยและทำให้เกิดประโยชน์ในภาพรวมของประเทศ ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิต อ้อย มันสำปะหลัง และปาล์มน้ำมัน เป็นอันดับต้นๆของโลก อีกทั้งการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นนโยบายของรัฐบาลที่ต้องดำเนินการอยู่แล้ว ทั้งการจัดการก๊าซเรือนกระจกและมลพิษทางอากาศ ที่ได้ประกาศไว้ใน COP 26 ณ กรุงปารีส ด้วย 2 เรื่องหลัก ๆ ได้แก่ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นมาจากหลากหลายส่วน เช่น ภาคขนส่ง ไม่ว่าจะเป็นรถยนต์ เครื่องบิน และในส่วนของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น สามารถทำได้คือ การทำการเกษตร นอกจากนี้การใช้น้ำมันที่ไม่ใช่มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือแม้กระทั่งการใช้พลังงานทดแทนต่างๆ เช่น โซล่าเซลล์ เป็นต้น สามารถช่วยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2. น้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับการรายได้เกษตรกรในประเทศไทย

ประเทศไทยมีผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ ไม่ว่าจะเป็นจะเป็นผลิตภัณฑ์จากปาล์มน้ำมันที่สามารถนำไปผลิตไบโอดีเซล อ้อยและมันสำปะหลังที่สามารถนำไปผลิตเอทานอล โดยการทำทั้ง 2 ส่วนนี้นอกจากเป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว ยังช่วยส่งเสริมมูลค่าของสินค้าทางการเกษตร ซึ่งปาล์มน้ำมัน อ้อย และมันสำปะหลัง อยู่ใน 5 พืชหลักที่ประชาชนในประเทศไทยทำการเพาะปลูก โดยหากนำผลผลิตต่าง ๆ นำไปผลิตเป็นพลังงานจะทำให้ราคาของผลผลิตเหล่านี้ดียิ่งขึ้น และมีความยั่งยืนของราคาจากการนำผลผลิตส่วนเกินไปผลิตเป็นพลังงาน ทำให้ราคาของผลผลิตก็จะไม่ตกต่ำ อีกทั้งผู้ประกอบการก็จะถูกบังคับในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงนับเป็นประโยชน์กับทุกภาคส่วน

3. น้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับยุทธศาสตร์ชาติ

การผลิตและการใช้น้ำมันอากาศยานยั่งยืนมีส่วนเกี่ยวเนื่องกับยุทธศาสตร์ชาติด้วยกัน 2 ด้าน ได้แก่ 1. การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน จากการนำสินค้าภายในประเทศไปเพิ่มมูลค่า ทำให้เรามีขีดความสามารถในการแข่งขันเพิ่มมากขึ้น มีผลผลิตทางการเกษตรเยอะ ซึ่งหากเทียบกับปัจจุบันที่มีการขายผลผลิตทางการเกษตรโดยตรง ทำให้มีราคาที่ไม่คุ้มค่ากับการใช้ทรัพยากรในการเกษตร ทั้งดิน น้ำ และแร่ธาตุต่างๆ ทำให้มีผลตอบแทนต่ำ แต่หากนำผลผลิตที่ได้นำมาแปรรูปจะสามารถเพิ่มมูลค่าใช้ภายในประเทศ หรือแม้กระทั่งส่งออกไปต่างประเทศ มูลค่าก็จะกลับมาสู่ประเทศปละประชาชนมากขึ้น 2. การรักษาทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน ซึ่งจะต้องเร่งดำเนินการเนื่องจากทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรมพอสมควร การทำให้ทรัพยากรเสื่อมโทรมน้อยลงจากการเลือกใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม เช่น การใช้ดินและน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด พืชก็จะมีผลผลิตที่ดีทำให้มีผลตอบแทนที่สูงขึ้น ประเทศไทยก็จะมีเงินกลับมาช่วยดูแลทรัพยากรมากขึ้น อีกส่วนหนึ่งคือ การใช้พลังงานที่เป็นพลังงานธรรมชาติไม่ได้มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ก็จะเป็นการช่วยดูแลเรื่องของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งนี้การนำพลังงานทดแทนมาใช้ก็จะเป็นการดูแลสิ่งแวดล้อม พร้อมกับเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันคู่กันไป

2. สัมภาษณ์ นายใบน้อย สุวรรณชาตรี

อธิบดีกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

1. น้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับแนวทางของกระทรวงอุตสาหกรรม

ปัจจุบันกระทรวงอุตสาหกรรมกำลังเร่งการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบทางการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นพลังงานทางชีวภาพหรือการแปรรูปอาหารต่าง ๆ เนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรมีราคาต่ำ ทำให้ไม่สามารถสู้ประเทศมาเลเซียได้ แต่หากสามารถผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนโดยนำวัตถุดิบจากผลผลิตทางการเกษตรภายในประเทศมาใช้แปรรูป จะทำให้มีความมั่นคงทางด้านราคาของผลผลิตทางการเกษตรและความมั่นคงทางเศรษฐกิจจากการลงทุนในอุตสาหกรรมชีวภาพที่จะเข้ามาลงทุนภายในประเทศมากขึ้นจากการสนับสนุนของรัฐบาล ส่วนที่สำคัญที่สุดคือประชาชน

ถ้าใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการผลิตน้ำมันอากาศยานยั่งยืนที่ช่วยลดมลภาวะต่าง ๆ การสร้างโรงงานเหล่านี้ก็จะเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ไม่เกิดการต่อต้านจากชุมชน ซึ่งสามารถทำให้โรงงานอยู่คู่กับชุมชนได้ หากมองไปถึงการส่งเสริมให้ชุมชนใกล้เคียงที่มีการเพาะปลูกผลผลิตที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงานได้ รวมถึงดูแลชุมชนโดยรอบโรงงาน และดูแลต่อกันเป็นลูกโซ่เพื่อให้โรงงานอยู่คู่ชุมชนได้ จะทำให้สามารถมีการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรได้มากยิ่งขึ้น ถือว่าเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยเหลือทั้งประเทศ ประชาชน ชุมชน เศรษฐกิจ สังคม รวมถึงเทคโนโลยี และยังตอบโจทย์ของกระทรวงอุตสาหกรรมที่มีเป้าหมายในการแปรรูปสินค้าทางการเกษตรให้มีมูลค่ามากยิ่งขึ้น

2. น้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับยุทธศาสตร์ชาติ

ในส่วนของยุทธศาสตร์ชาติจะมีอยู่หนึ่งเรื่อง ซึ่งเกี่ยวกับการทำเกษตรอุตสาหกรรม โดยพื้นฐานของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร ไม่ว่าจะเป็นการเพาะปลูกข้าว อ้อย มัน ปาล์ม หรือ กาแฟต่าง ๆ ต่างมีที่มาของวัตถุดิบอยู่ในชั้นเกษตรกร การจะนำผลผลิตจากการเกษตรกรมาสร้างมูลค่าจะเป็นในส่วนของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ หรือสินค้าที่นำไปแปรรูป เช่นเดียวกันกับน้ำมันอากาศยานยั่งยืน ซึ่งเป็นการแปรรูปจากปาล์ม อ้อย หรือมันสำปะหลัง หากดูราคาผลผลิตทางการเกษตรในปัจจุบันนั้นมีความผันผวน ซึ่งมีสาเหตุมาจากประเทศไทยสามารถสร้างผลผลิตได้เยอะ แต่ไม่สามารถแปรรูปผลผลิตให้มีมูลค่ามากขึ้นได้ ทำให้เกษตรกรมีรายได้น้อย หากนำมาใช้แปรรูป

ผลผลิตเหล่านั้นเป็นน้ำมันอากาศยานยั่งยืน ก็เป็นการสร้างการแปรรูปทางการเกษตรอีกชิ้นหนึ่ง ซึ่งช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตรเหล่านั้น ซึ่งการผลิตสินค้าจากการเกษตรได้ราคาสูง ก็จะสามารถนำไปซื้อผลผลิตจากเกษตรกรได้เยอะขึ้น

3. สัมภาษณ์ หม่อมหลวงณัฐสิทธิ์ ดิศกุล

กรรมการ บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

1. น้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับประเทศไทย

น้ำมันอากาศยานยั่งยืนเป็นโอกาสของประเทศไทยที่จะใช้ประโยชน์จากพื้นที่เพาะปลูกของเราที่มีอยู่เยอะมากมาย และศักยภาพด้านการเกษตรของประเทศไทยที่จะนำมาผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน เพราะว่าเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบที่หลากหลาย ได้แก่ น้ำมันปรุงอาหารใช้แล้ว เศษวัสดุทางการเกษตร น้ำมันปาล์ม จะสามารถทำให้ประเทศไทยส่งเสริมเกษตรกรให้มีรายได้ที่ดีขึ้น เพราะว่ามีการเพิ่มมูลค่าทางการเกษตร ทำให้ประเทศไทยไม่ต้องพึ่งพาการนำเข้าเชื้อเพลิงจากฟอสซิลมาที่มาจากต่างประเทศเป็นหลัก ก็จะเป็นการทำให้ภาพรวม สังคมโดยรวมของประเทศไทยได้ประโยชน์

ไม่เพียงแต่มิติด้านสิ่งแวดล้อมที่น้ำมันอากาศยานยั่งยืนสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากถึงร้อยละ 80 เพราะฉะนั้นด้านสิ่งแวดล้อมเป็นคำตอบที่สำคัญมาก แต่หากมองไปไกลกว่านั้น การใช้น้ำมันอากาศยานยั่งยืนในประเทศ รวมถึงการส่งเสริมให้เกิดแหล่งผลิตในประเทศจะช่วยตอบโจทย์ด้านความมั่นคง เพราะในปัจจุบันประเทศไทยต้องนำเข้าเชื้อเพลิงมาจากต่างประเทศ และได้รับผลกระทบจากราคาน้ำมันเป็นอย่างมาก มีความผันผวนของราคาสูง เช่น เหตุการณ์สงครามรัสเซีย-ยูเครน เพราะฉะนั้นหากประเทศไทยสามารถผลิตเชื้อเพลิงใช้ได้เองจะสามารถช่วยตอบโจทย์ในส่วนของราคาเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างมาก รวมถึงช่วยในการกระจายรายได้ให้แก่พี่น้องเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ที่ไกลห่างจากศูนย์กลางความเจริญ ไม่เป็นต้องย้ายภูมิลำเนามาอยู่ในกรุงเทพฯ สามารถอยู่ในภูมิลำเนาเดิม โดยสามารถเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ อีกทั้งยังสามารถนำเศษวัสดุที่เหลือไปแปรรูปเป็นวัตถุดิบตั้งต้นของเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนที่สามารถส่งต่อเพื่อทำการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน

2. น้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับอุตสาหกรรมการบิน

น้ำมันอากาศยานยั่งยืนเป็นเรื่องจำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมการบินของโลกที่จะมุ่งสู่เป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) เป็นเรื่องจำเป็นที่สายการบินต้องหันมาใช้น้ำมันอากาศยานยั่งยืน เพราะว่าถ้าเราหวังพึ่งพิงเชื้อเพลิงประเภทอื่น อาจไม่สามารถ

ตอบโจทย์ทั้งในแง่ของสังคมและเศรษฐกิจได้ เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนน่าจะเป็นคำตอบที่สำคัญมาก และจำเป็นในอุตสาหกรรมการบินในภาพรวม

ในแง่ของสายการบิน ทำให้สายการบินสามารถบอกสังคมได้จากการที่ผู้บริโภคมาใช้บริการของสายการบินนั้น ไม่ได้มีการทำลายสิ่งแวดล้อม เพราะว่าเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 80 ซึ่งตรงนี้คือสิ่งที่สำคัญ เพราะว่าในอนาคตสังคมจะมีคำถามเกี่ยวกับสินค้าและบริการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ ถ้าหากสายการบินหันมาใช้เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนมากขึ้นก็จะทำให้มิติสิ่งแวดล้อมไม่ได้ขัดแย้งกับมิติของเศรษฐกิจ

3. น้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับระบบสาธารณูปโภค

อีกส่วนหนึ่งที่สำคัญ คือ เชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืนนั้นมีคุณสมบัติที่เรียกว่า “Drop In” กล่าวคือ สามารถใช้ได้ในโครงสร้างสาธารณูปโภคเดิมที่มีอยู่ตามทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็นระบบท่อ ระบบถังจัดเก็บ ระบบรถเติมน้ำมันอากาศยาน ทั้ง 2 ประเภท ได้แก่ รถ Dispenser และรถ Refueller ไม่ต้องไปลงทุนใหม่ หากเป็นเชื้อเพลิงประเภทอื่น เช่น ไฮโดรเจน หรือระบบไฟฟ้า จะต้องมีการลงทุนระบบสาธารณูปโภคใหม่ทั้งหมดทั่วโลกในทุกสนามบิน ซึ่งจะเป็นมูลค่าการลงทุนที่มหาศาล และใช้เวลานานมากกว่าจะสามารถเปลี่ยนผ่านไปสู่พลังงานที่สะอาดขึ้น

4. น้ำมันอากาศยานยั่งยืนกับการดำเนินธุรกิจของ BAFs

BAFs ยึดมั่นในเรื่องของการทำธุรกิจอย่างยั่งยืน สิ่งที่ BAFs วันนี้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการมุ่งไปสู่ Net Zero ปัจจุบัน BAFs มีการใช้รถยนต์ไฟฟ้า 100% สำหรับการเติมน้ำมันอากาศยาน มีการใช้ Solar Rooftop เพื่อเปลี่ยนไปสู่การใช้พลังงานที่สะอาดขึ้น ในเรื่องของน้ำมันอากาศยั่งยืนก็เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ BAFs ขนส่งและจัดเก็บนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่สะอาด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นายธรรมรัตน์ ประยูรสุข

วัน เดือน ปีเกิด 31 มีนาคม พ.ศ.2513

การศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
ปริญญาโท บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ประวัติการทำงานโดยย่อ

2550 : ผู้จัดการแผนกลานถัง ส่วนขนถ่ายน้ำมัน
2554 : ผู้จัดการส่วนขนถ่ายน้ำมัน
2560 : ผู้จัดการอาวุโส ส่วนขนถ่ายน้ำมัน/ส่วนสาธารณูปโภคโรงกลั่น/ส่วนบริหารความมั่นคง
2562 : ผู้อำนวยการ สายงานการผลิต ธุรกิจโรงกลั่น
2564 : ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ สายงานการผลิตและจัดส่งน้ำมัน

ตำแหน่งปัจจุบัน

รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ กลุ่มธุรกิจโรงกลั่นและการค้าน้ำมัน
บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)