รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร
Executive Summary Report
โครงการศึกษาแนวทางการส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานอย่างยั่งยืน
The Study of Sustainable Biojet Promotion plan for Thailand

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้มอบหมายให้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นที่ปรึกษาโครงการศึกษาแนวทางการส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานอย่างยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางและแผนปฏิบัติการ การพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานอย่างยั่งยืนของประเทศ ศึกษาแผนการลงทุนเพื่อการผลิตในเชิงพาณิชย์ และการนำไปใช้งานจริงเพื่อนำเสนอต่อภาครัฐในการกำหนดนโยบายของประเทศ ปัจจุบันที่ปรึกษาได้ดำเนินงานแล้วเสร็จ โดยมีรายละเอียดผลการดำเนินงานดังนี้

On behalf of Department of Alternative Energy Development (DEDE) and Efficiency Kasetsart University was assigned to conduct the study of sustainable biojet promotion plan for Thailand. The objective of this project is to study (1) Guidelines and action plans for sustainable biojet development of the country and (2) Investment plans for commercial production and possible implementation in order to submit to national planning policy framework. The results of the study are as follows:

1. การศึกษา วิเคราะห์สถานการณ์ แนวโน้มการใช้เชื้อเพลิงอากาศยาน

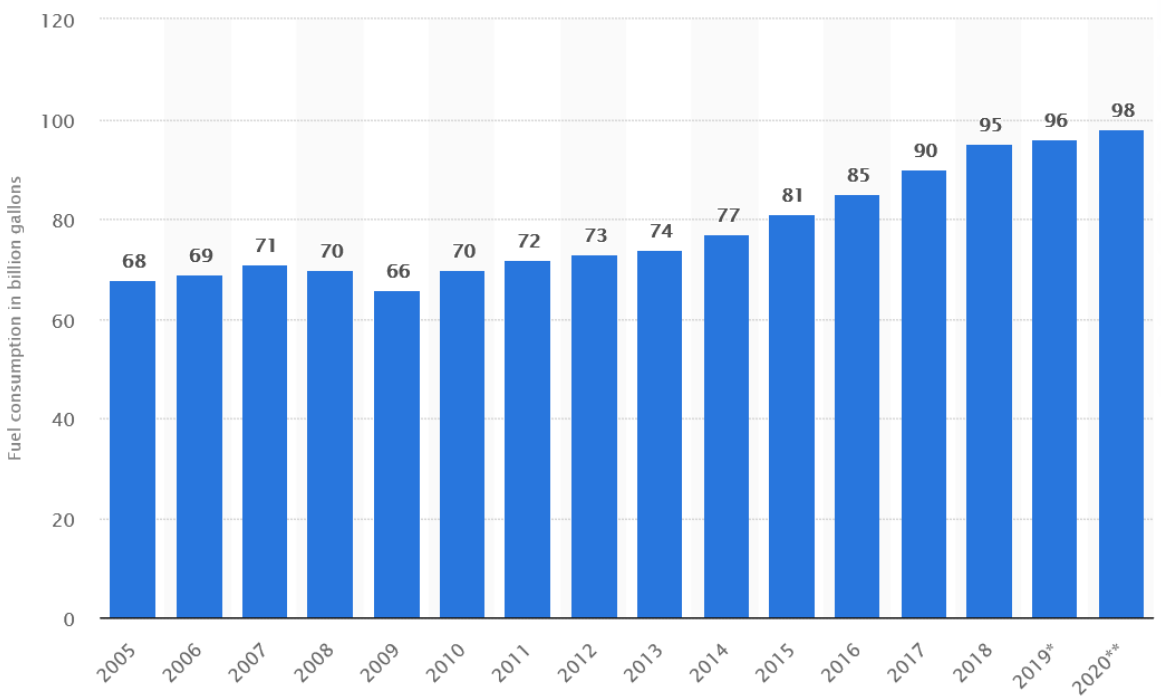
1.1 สถานการณ์ และแนวโน้มการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานในต่างประเทศ

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานทั่วโลกของสายการบินพาณิชย์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 และคาดว่าจะสูงถึง 98 พันล้านแกลลอนในปี 2563 ในขณะที่ภาวะเศรษฐกิจถดถอยในปี พ.ศ. 2552 ทำให้ปริมาณการใช้ลดลงเล็กน้อย แต่หลังจากนั้นก็มีปริมาณการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งได้รับแรงผลักดันจากการเติบโตของอุตสาหกรรมการบินที่มีความต้องการใช้งานเพิ่มขึ้นทุกปี ในขณะที่ปริมาณการขนส่งสินค้าทางอากาศก็มีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเติบโตอย่างรวดเร็วของธุรกิจอีคอมเมิร์ซ และมีแนวโน้มจะเติบโตอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 1 ในด้านราคาของน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับราคาน้ำมันดิบของตลาดโลกซึ่งมีความผันผวนค่อนข้างสูง โดยราคาน้ำมันอากาศยานที่ปรับตัวต่ำสุดเมื่อปี พ.ศ. 2559 ที่ระดับต่ำกว่า 1 เหรียญสหรัฐ/แกลลอน และค่อยๆ ปรับตัวขึ้นเป็น 1.74 เหรียญสหรัฐ/แกลลอน เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ที่ผ่านมา

1. The analysis of jet fuel usage

1.1 Global situation and trend of jet fuel usage

Global fuel consumption of commercial airlines tends to increase every year since 2005. It is expected to reach 98 billion gallon in 2020 even though the economic recession in 2009 effecting in slighting reducued usage but after that it has continuously increased; driven by the growth of the aviation industry, as the demand increases every year. The air freight volume has increased due to the rapid growth of e-commerce businesses and tends to grow continuously as shown in **Figure 1**. Jet fuel prices change with global crude oil prices, which have relatively high volatility with the lowest jet fuel price in 2016 at 1 USD/gallon and gradually increased to 1.74 USD/gallon in January 2020.



รูปที่ 1 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานของสายการบินพาณิชย์ทั่วโลกระหว่างปี 2548-2562

Figure 1 The amount of commercial airlines fuel used around the world between 2005-2019

ที่มา : https://www.statista.com/statistics/655057/fuel-consumption-of-airlines-worldwide/
สืบค้น ณ วันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2563

องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศเป็นหน่วยงานพิเศษของสหประชาชาติ (The International Civil Aviation Organization :ICAO) มีสมาชิก 192 ประเทศ มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานและวิธีปฏิบัติที่ใช้ในกิจการการบินทุกประเภท โดยได้จัดทำในลักษณะเป็นข้อตกลงระหว่างนานาประเทศ รวมทั้งออกระเบียบข้อบังคับการเดินอากาศ การออกประกาศนียบัตรและการตรวจสอบเครื่องบิน การกำหนดคุณสมบัติของเจ้าหน้าที่ประจำเครื่องบินและเจ้าหน้าที่ฝ่ายช่างเครื่อง กำหนดลักษณะของท่าอากาศยาน กำหนดมาตรฐานระบบสื่อสารและวิทยุช่วยบิน กิจการศุลกากร คนเข้าเมือง ตลอดจนข้อบังคับว่าด้วยสุขภาพของผู้โดยสารเครื่องบิน สินค้า และพัสดุลำเลียงโดยทางเครื่องบิน และทำหน้าที่สอบสวนเมื่อเกิดอุบัติเหตุทางเครื่องบินเกิดขึ้นแล้ว ICAO ได้คาดการณ์ปริมาณการขนส่งผู้โดยสารในช่วง 20 ปี (พ.ศ. 2562-2583) ว่าจะมีอัตราการเติบโตของปริมาณการขนส่งผู้โดยสารในภาพรวมร้อยละ 4.5–4.6 ต่อปี สอดคล้องกับการ

The International Civil Aviation Organization (ICAO), with 192 member States as of 2020, has a mission to serve as the global forum of States for international civil aviation. ICAO develops policies and standards, undertakes compliance audits, performs studies and analysis, provides assistance and builds aviation capacity through many other activities and the cooperation of its member states and stakeholders. ICAO forecast the volume of passenger transportation during the 20 years (2019-2040) that the overall passenger traffic annual growth rate will be 4.5–4.6 percent. According to prediction of AIRBUS (forecast that the annual growth of global air transport is 4.8% and 5.5% in Asia Pacific) and Boeing (forecast that the annual growth of global air transport is 4.7% and

คาดการณ์การเติบโตของปริมาณการขนส่งผู้โดยสาร (RPK) ในช่วง 20 ปี ข้างหน้าของบริษัท แอร์บัส จำกัด ที่ประมาณการว่าการเติบโตของการขนส่งทางอากาศยานจะขยายตัวร้อยละ 4.8 ต่อปี และภูมิภาคเอเชียแปซิฟิคมีอัตราการขยายตัวสูงถึงร้อยละ 5.5 ต่อปี เช่นเดียวกับบริษัท โบอิ้ง จำกัด ที่คาดการณ์การการเติบโตของอุตสาหกรรมการบินว่าทั่วโลกจะมีอัตราการขยายตัวร้อยละ 4.7 ต่อปี โดยการบินภายในภูมิภาคเอเชีย (ไม่รวมสาธารณรัฐประชาชนจีน) จะมีอัตราการเติบโต ร้อยละ 5.7 ต่อปี

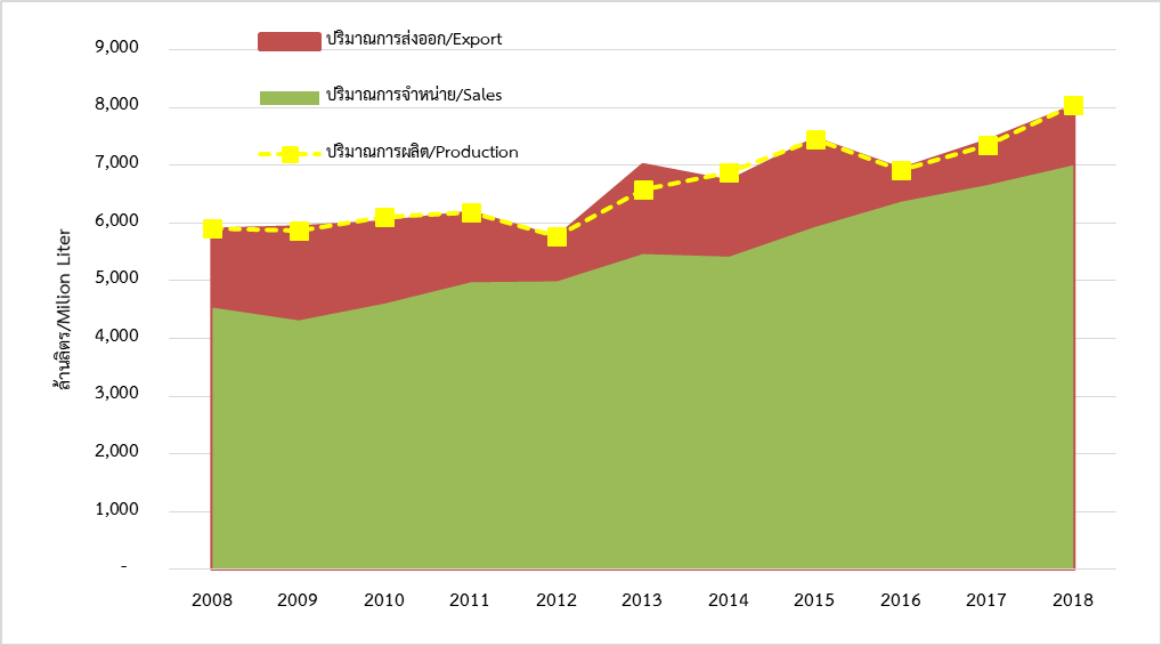
5.7% in Asia Pacific excluding China)

1.2 สถานการณ์ และแนวโน้มการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานในประเทศไทย

จากข้อมูลของกรมธุรกิจพลังงาน พบว่า การผลิตและการใช้งานน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับการเติบโตของธุรกิจการบินที่มีจำนวนเที่ยวบินเพิ่มขึ้นประมาณ 2.6 เท่า จากเดิมในปี พ.ศ. 2561 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2552 โดยในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยเมื่อเทียบกับปีก่อนหน้าร้อยละ 4.15 มีปริมาณการใช้งานเพิ่มขึ้นจาก 4,538 ล้านลิตร ในปี พ.ศ. 2551 เป็น 7,005 ล้านลิตร ในปี พ.ศ. 2561 ดัง**รูปที่ 2**

1.2 National situation and trend of jet fuel usage

Data from the Department of Energy Business (DOEB) shows production and use of jet fuel in Thailand tending to be consistently high due to the growth of the aviation business, with the number of flights increased by about 2.6 times from 2009 to 2018. The average growth of jet fuel usage is 4.15% in comprarision with the previous year. The usage increased from 4,538 million liters in 2008 to 7,005 million liters in 2018 as shown in **Figure 2**.



**ไม่รวมการผลิต การใช้ และส่งออกเชื้อเพลิงอากาศยานสำหรับเครื่องบินทางการทหาร*

**Excluding production, usage and export of military aircraft.*

รูปที่ 2 ปริมาณการผลิต การใช้ และการส่งออกน้ำมันอากาศยานในประเทศไทย

Figure 2 Jet fuel production volume, usage and export in Thailand.

ที่มา : กรมธุรกิจพลังงาน, สืบค้นเดือนพฤษภาคม 2562

สำหรับแนวโน้มการใช้เชื้อเพลิงอากาศยาน Economic Intelligence Center (EIC) ประเมินว่าตลาดธุรกิจการบินสัญชาติไทยในปี 2562 มีมูลค่าประมาณ 3,200 ล้านบาท โดยมีอัตราเติบโตชะลอตัวเล็กน้อยมาอยู่ราว 4% จาก 4.3% เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีที่แล้วในปี 2561 จากปัจจัยปริมาณการขนส่งด้านผู้โดยสารที่คาดว่ามีการเติบโตลดลงเล็กน้อยเป็นราว 5.9% จาก 6.1% เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีที่แล้ว ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางธุรกิจการบินโลกที่สมาคมขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ (International Air Transport Association :IATA) ประเมินว่ารายได้และปริมาณการขนส่งด้านผู้โดยสาร (Revenue Passenger-Kilometer: RPK) ของธุรกิจการบินโลกจะชะลอตัวลงเป็น 7.7% และ 6% เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีที่แล้ว ตามลำดับ การเติบโตในธุรกิจการบินของไทยโดยส่วนใหญ่เป็นผลจากการขยายตัวของตลาดเส้นทางบินระหว่างประเทศมากกว่าเส้นทางบินในประเทศ

For the trend of the jet fuel usage, the economic Intelligence Center (EIC) estimates that the Thai aviation market in 2019 is worth 3,200 billion baht, with a growth rate slightly reducing to around 4% YOY from 4.3% YOY in 2018 caused by the reduction in number of passenger which expected to be around 5.9% YOY from 6.1% YOY in 2018. This trend conforms with global aviation business direction that the International Air Transport Association (IATA) forecast the Revenue Passenger-Kilometer (RPK) of the global aviation business will slow down to 7.7% YOY and 6% YOY, respectively. The growth of aviation business in Thailand mostly results from the expansion of the international flight market rather than the domestic ones.

2. การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน

น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานสามารถแบ่งตามประเภทของเครื่องยนต์ได้ 2 ชนิด ได้แก่ **น้ำมันเบนซินอากาศยาน (Aviation Gasoline)** สำหรับใช้งานกับอากาศยานที่ทำงานด้วยเครื่องยนต์ลูกสูบ ปัจจุบันน้ำมันเบนซินอากาศยานมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ ออกเทน 80 , 100 และ 100 Low Lead แต่ละชนิดจะมีข้อกำหนดเฉพาะระบุไว้อย่างชัดเจน และจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงตามเครื่องยนต์ที่ใช้ ข้อกำหนดที่ใช้จะเป็นไปตาม American Society for Testing and Materials (ASTM) 910 และ British Ministry of Defense (DERD) 2475 โดยทั่วไปข้อกำหนดเฉพาะของน้ำมันเบนซินอากาศยานจะประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญคือ ความเหมาะสม (Suitability) องค์ประกอบ (Composition) และคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ (Chemical and Physical) และ**น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ (Aviation Turbine Fuels)** สำหรับใช้งานกับอากาศยานที่ทำงานด้วยเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดนี้สามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือ 1) น้ำมันเครื่องบินเจ็ทพาณิชย์ (Commercial Turbine Fuels) เช่น Jet A, Jet A-1, TS-1 และ Jet B 2) น้ำมันเครื่องบินเจ็ททหาร (Military Turbine Fuels) เช่น JP-4, JP-5, JP-7 และ JP-8 โดยน้ำมันทั้งสองประเภทสามารถเทียบเท่าตามเกรดของน้ำมันได้ดัง**ตารางที่ 1**

2. Technology of biojet production

Jet fuel can be categorized into 2 types according to the types of engines: **Aviation Gasoline** for using with piston engines and **Aviation Turbine Fuels** for using with gas turbine engines. Currently, there are 3 types of aviation gasoline; Octane 80, 100 and 100 Low Lead. Each type has specific requirements clearly stated and must be changed according to the engine used. According to American Society for Testing and Materials (ASTM) 910 and British Ministry of Defense (formerly know as DERD) 2475, the specifications of the aviation gasoline composed of 3 components; Suitability, Composition and Chemical and Physical Properties. There are also 2 types of Aviation Turbine Fuels such as (1) Commercial Turbine Fuels (examples are Jet A, Jet A-1, TS-1 and Jet B-2) and (2) Military Turbine Fuels. And the comparison of their propoties is shown in the **Table 1** as follows:

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน
Table 1 Jet fuel properties

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

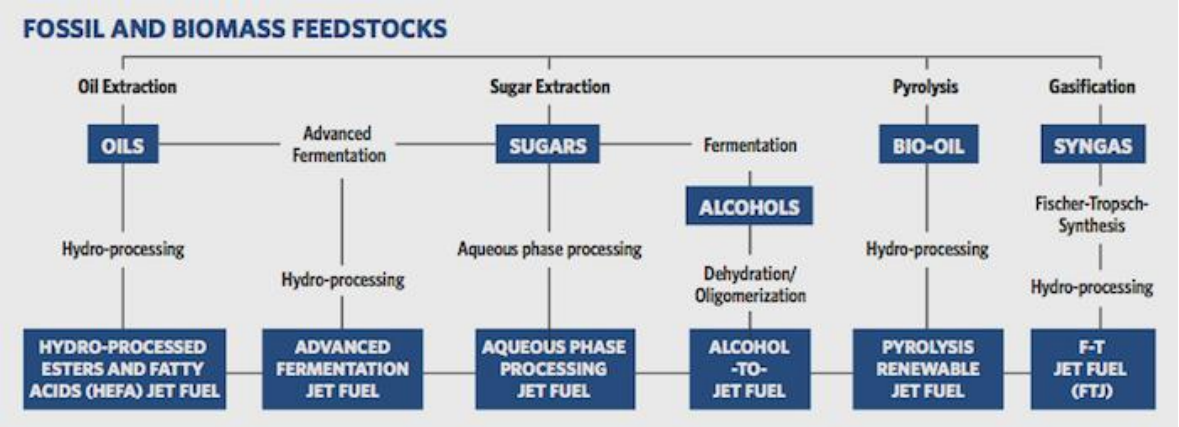
ที่มา : Aviation Turbine Fuels, Boeing, 2545

น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานที่เครื่องบินพาณิชย์ใช้อยู่สามารถแบ่งได้ 3 ชนิดได้แก่ Jet A-1, Jet A กับ Jet B ซึ่งมีลักษณะใสไม่มีสี และมีส่วนประกอบใกล้เคียงกับน้ำมันก๊าด สำหรับข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่าง Jet A และ Jet A-1 ก็คือ Jet A-1 มีจุด freezingpoint ที่ต่ำกว่า Jet A ส่วน Jet B ใช้แทน Jet A-1 เฉพาะในเขตที่หนาวจัดเพราะไวไฟกว่า อันตรายมากกว่า สำหรับเครื่องบินรบที่ใช้ในทางทหาร ใช้เชื้อเพลิงที่เรียกว่า JP-4 ซึ่งใกล้เคียงกับ Jet B แต่เติมสารป้องกันสนิม (corrosion) กับป้องกันน้ำแข็ง (anti-icing) ลงไปด้วย นอกจากนั้นแล้วยังมี JP-5กับ JP-8 ที่คล้ายคลึงกับ Jet A-1 ของพลเรือน แต่มีสารป้องกันสนิมกับกันน้ำแข็งผสมอยู่เช่นกัน ข้อกำหนดและคุณภาพของน้ำมันเครื่องบินเจ็ทพาณิชย์มีคุณภาพที่สำคัญที่สุดคือ จุดเยือกแข็ง (Freezing point) ซึ่งต้องต่ำมากๆ เนื่องจากเครื่องบินพาณิชย์เจ็ทบินในระดับที่สูงมาก โดยทั่วไปเครื่องบินเจ็ทพาณิชย์จะใช้เกรด Jet A-1 ที่มีจุดเยือกแข็งต่ำมากเพื่อให้สามารถใช้ในสภาวะดังกล่าวได้

น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน (Bio-Jet) คือเชื้อเพลิงอากาศยานที่ไม่ได้ผลิตจากน้ำมันดิบหรืออนุพันธ์ของน้ำมันดิบโดยตรง และต้องมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงและสามารถใช้ทดแทนกันได้ เช่น ต้องไม่แข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำๆ ไม่จับตัวตกตะกอนภายในเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิสูง ให้พลังงานไม่ต่ำกว่า 42.8 MJ/kg น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานผลิตได้จากกระบวนการทางเคมีซึ่งมีได้หลายกระบวนการดัง**รูปที่ 3**

Currently aircraft fuel for commercial aircraft can be classified into 3 types; Jet A-1, Jet A and Jet B, which are clear, colorless, and have similar components to kerosene. The main difference between Jet A and Jet A-1 is that Jet A-1 has a freezing point lower than Jet A. Jet B can be used as a substitute for Jet A-1 only in very low temperature areas because it is more flammable. JP-4 (which has similar properties as Jet B but added anti-corrosion and antifreeze) is used for military fighter jets. In addition, there are also JP-5 and JP-8 that are similar to JetA-1, but they also contain anti-corrosion and antifreeze. The most important specification and quality of commercial jet fuel is the Freezing Point, which must be very low since the commercial aircraft fly at very high altitude at cruise. In general, commercial jets use Jet A-1 which has very low freezing points to be able to use in such condition.

Aviation biofuel (Biojet) is the jet fuel that is not produced directly from crude oil or crude oil derivatives and must have similar properties that can be used as a substitute, such as not frozen at low temperatures, not settling sediment inside the engine at high temperatures, and provide energy not less than 42.8 MJ / kg. Biojet is produced from various chemical processes, as shown in **Figure 3**.



รูปที่ 3 รูปแบบการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพ

Figure 3 The Biojet production process model

ที่มา : http://lae.mit.edu/fueling-the-future-of-flight/

ในการศึกษานี้ได้แบ่งกลุ่มเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานตามประเภทของสารที่ได้จากการแปรรูปขั้นต้น กล่าวคือตามขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน วัตถุดิบตั้งต้นจะถูกแปรให้กลายเป็นสารตั้งต้นชนิดใดชนิดหนึ่งก่อนที่จะถูกนำไปแปลงเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน ซึ่งสามารถแบ่งเทคโนโลยีตามสารตั้งต้น ได้แก่ ก๊าซ (Gas to Jet, GTJ) แอลกอฮอล์ (Alcohol to Jet, ATJ) กลุ่มน้ำมัน (Oil to Jet, OTJ) และกลุ่มน้ำตาล (Sugar to Jet, STJ) โดยในแต่ละเทคโนโลยีจะมีองค์ประกอบของสารตั้งต้นแตกต่างกันก็จะใช้วิธีการผลิตที่แตกต่างกัน อาทิ ถ้าเป็นก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ ซึ่งมีองค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอนก็จะใช้วิธี Fisher Tropsh (F-T) หรือถ้าเป็นน้ำมันก็จะใช้วิธี Hydroprocessed Esters and Fatty Acids (HEFA) หรือ Hydro processed Renewable Jet (HRJ) หรือ Bio-SPK (Synthetic Paraffinic Kerosene) หรือถ้าเป็นน้ำตาลที่มีองค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอน ก็จะใช้วิธี Catalytic Conversion of Sugars (APR) ถ้ามีองค์ประกอบของ 2,5-dimethylfuran (DMF) หรือ 5 hydroxymethyl-furfural (HMF) ก็จะใช้วิธี HMF หรือถ้าเป็นกรดไขมันหรือ Farnesene ก็จะใช้วิธี Direct Sugar Biological to Hydrocarbon (DSHC) เป็นต้น สรุปภาพรวมเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน ปริมาณผลผลิตระหว่างทาง (Intermediate) และราคาสุดท้ายของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานแสดงดัง**ตารางที่ 2**

In this study, biojet production technologies are categorized according to the types of derivatives from the primary refinery process. The raw materials will be converted into one type of derivatives before being converted into biojet. Currently the available production technologies are Gas to Jet (GJT), Alcohol to Jet (ATJ), Oil to Jet (OTJ) and Sugar to Jet (SJT). Accordingly, each technology uses different process, for example; Fisher-Tropsch (F-T) Synthesis and Hydro-processing used in GJT; Hydroprocessed Esters and Fatty Acids (HEFA), Hydroprocessed Renewable Jet (HRJ) or Bio-SPK (Synthetic Paraffinic Kerosene) used in OTJ. Summary of the Biojet production technology overview, intermediate derivatives and the final prices of biojet are shown in **Table 2**.

ICAO has certified six biofuel production technologies that can be used in aircrafts, as shown in **Table 3**.

ICAO ได้กำหนดประเภทหรือเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานที่สามารถนำมาใช้ในเครื่องบิน ซึ่งไม่ใช่ทั้งหมดของ**ตารางที่ 2** โดยเทคโนโลยีที่ ICAO รับรองประกอบด้วย 6 เทคโนโลยีดัง**ตารางที่ 3**

ตารางที่ 2 เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน

Table 2 Biojet production technologies

Category	Pathways	Feedstocks	Intermediate	Intermediate Yield	Jet Fuel Yield		Final jet fuel cost
				GGE/BDT	gal/BDT	GGE/BDT	($/gal) [($/GGE)]
Gas to Jet (GTJ)	Fischer Tropsch	Coal, Coal and Biomass, Corn Stover, Wood	Syngas to Hydrocarbons	44-111	9-88	9-89	$6.2 ($5.8)
	Gas Fermentation	Wood, Yard, Vegetative, and Household Waste	Syngas to Ethanol	66-77	44-52	45-53	Not Available
Alcohol to Jet (ATJ)	Ethanol to Jet	Corn, Corn Stover, Wood, Straw, Sugarcane, Switchgrass	Ethanol	16-106	11-79	11-81	$4.1-$14.4 ($3.8-$13.4)
	Butanol to Jet	Corn, Corn Stover, Wheat Straw, Wood, Wood chips	N-Butanol, iso-Butanol	31-57, 55	23-43, 41-48	24-43, 42-49	$4.1-$7.5 ($3.8-$7.0)
	Methanol to Jet	Corn, Corn Stover, Wheat Straw, Wood, Wood chips	Methanol	n/a	n/a	n/a	Not Available
Oil to Jet	Hydroprocessed esters and fatty acids (HEFA) or Hydro processed Renewable Jet (HRJ) or Bio-SPK (synthetic paraffinic kerosene)	Soybean, Algae, Pongamia, Palm Seed, Rapeseed, Jatropha Seed, Camelina Seed, Salicornia, Cooking Oil	Bio Oil	50-141	28-87	28-98	$2.6-$34.7 ($2.4-$32.0)
	Catalytic Hydrothermolysis (CH) *	Algae Biomass, Soybean Jatropha Seed, Tung Seed, Dairy Waste	Bio Oil	50-102	8-122	9-129	$4.8 ($3.3-$4.5)
	Hydrotreated Depolymerized Cellulosic Jet (Pyrolysis or HDCJ) *	Corn Stover, Wood	Pyrolysis Oil	50-153	19	19	$3.9
Sugar to Jet	Catalytic Conversion of Sugars APR *	Corn Stover, Wood	Hydrocarbons	45-78	14-25	15-25	Not Available
	Catalytic Conversion of Sugars HMF and DMF *	Fructose (to HMF and DMF)	DMF and HMF	75-90	52-62	53-64	Not Available
	Direct Sugar Biological to Hydrocarbon (DSHC)	Corn Stover, Sugarcane, wood, Wheat Straw	Fatty Acids and Farnesene	59	24-43	24-45	$4.3-$17.3 ($4.0-$23.3)

หมายเหตุ ** เป็นกระบวนการและเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานที่ยังไม่ได้รับการรับรองจาก ICAO*
GGE = gallon of gasoline equivalent, BDT = biomass dry ton

ที่มา : Wei-Cheng Wang และคณะ, 2559

ตารางที่ 3 เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานที่ ICAO รับรอง

Table 3 Biojet production technologies approved by ICAO

Annex	Conversion Process	Abbreviation	Possible Feedstock	Blending ratio by Volume
1	Fischer-Tropsch hydroprocessed synthesized paraffinic kerosene	FT-SPK	Coal, natural gas, biomass	50%
2	Synthesized paraffinic kerosene produced from hydroprocessed esters and fatty acids	HEFA-SPK	Vegetable oils and fats, animal fats, recycled oils	50%
3	Synthesized isoparaffins produced from hydroprocessed fermented sugars	HFS-SIP	Biomass used for sugar production	10%
4	Synthesized kerosene with aromatics derived by alkylation of light aromatics from nonpetroleum sources	FT-SPK/A	Coal, natural gas, biomass	50%
5	Alcohol-to-jet synthetic paraffinic kerosene	ATJ-SPK	Biomass used for starch and sugar production and cellulosic biomass for isobutanol production	30%
Annex	Co-Processing		Fats, oils, and greases (FOG) from petroleum refining	5%

ที่มา : ICAO GFAAF, 2561

3. นโยบายส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน

3.1 ภาพรวมนโยบายส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในต่างประเทศ

ICAO ได้จัดทำมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบินระหว่างประเทศ เรียกว่า กลไกชดเชยและการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการบินระหว่างประเทศ หรือ Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)

3. Global and local policies to promote the use of Biojet

3.1 Overview of the international policies to promote the use of biojet

ICAO has established measures to reduce greenhouse gas emissions from international air transportation, called the Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA), which has the implementation divided into 3 Phases; the pilot phase (2021 to 2023) and the first

โดยแบ่งการดำเนินงานเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะนำร่อง (จาก พ.ศ. 2564 ถึง 2566) และระยะแรก (จาก พ.ศ. 2567 ถึง 2569) จะใช้กับประเทศที่สมัครใจที่จะเข้าร่วมกลไกนี้ ระยะที่สอง (ตั้งแต่ พ.ศ. 2570 ถึง 2578) จะใช้กับทุกประเทศที่มีสัดส่วนการบินระหว่างประเทศในปี พ.ศ. 2561 มากกว่าร้อยละ 0.5 ของ ปริมาณการขนส่งรวม คิดเป็นตัน – กิโลเมตร (Revenue – Tonne – Kilometers: RTK) หรือรายการชื่อประเทศที่มีสัดส่วน RTK สะสมนับจากระดับสูงสุดถึงต่ำสุด รวมกันได้ร้อยละ 90 ของ RTK ทั้งหมด ยกเว้นประเทศที่พัฒนาน้อยที่สุด (Least developed country :LDC) ประเทศที่หมู่เกาะขนาดเล็ก (Development of Small Island developing States :SIDS) และประเทศกำลังพัฒนาที่ไม่มีทางออกสู่ทะเล (Landlocked Developing Countries :LLDC) เว้นเสียแต่ว่าสมัครใจที่จะเข้าร่วมในระยะที่สอง

ประเทศต่างๆ ที่สมัครใจเข้าร่วมกลไก CORSIA กับ ICAO จะต้องมีนโยบายเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางของ ICAO และจะต้องรายงานปริมาณการปล่อย CO_2 ให้ ICAO ตามข้อกำหนด โดย ICAO ได้มีแนวทางเพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (เรียกว่า "Basket of Measures") 4 มาตรการ ได้แก่

1) การใช้เทคโนโลยีเครื่องบินแบบใหม่ (Aircraft Technology) โดยการพัฒนาเครื่องบินที่มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สูง และปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ

2) การปรับปรุงประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน (Operational Improvements / Airports) เช่น การปรับปรุงการจัดการจราจรทางอากาศ โดย ICAO ได้พัฒนาแผนการนำร่องทางอากาศทั่วโลก (The Global Air Navigation Plan :GANP) และการเพิ่มระดับระบบการบิน Aviation System Block Upgrades :ASBUs) ไว้เป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพการปฏิบัติงานให้กับสมาชิก

3) การใช้เชื้อเพลิงหมุนเวียน (Sustainable Aviation Fuels) โดยการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกที่ผ่านกระบวนการผลิต/เทคโนโลยีที่ ICAO ให้การรับรอง

4) มาตรการตลาด (Market-Based Measures - MBM) เป็นการชดเชยคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยการซื้อ

phase (2024 to 2026) will apply to countries that are willing to join. The second phase (2027 to 2035)) will apply to all countries with a proportion of international flights in 2018 more than 0.5 percent of the total transport volume, calculated as Revenue-Tonne-Kilometers (RTK). Or the countries with accumulated RTK ratios from highest to lowest accounted for 90 percent of all RTKs, except Least developed country (LDC), countries of the Small Island developing States (SIDS) and landlocked developing Countries: LLDC) unless they are willing to participate in the second phase.

Countries that voluntarily join the CORSIA mechanism with ICAO must have a policy to reduce greenhouse gas emissions in accordance with the ICAO guidelines and must report the amount of CO_2 emissions to ICAO as required. The ICAO has guidelines for reducing carbon dioxide emissions (known as "Basket of Measures"). These four measures are:

(1) Use of new aircraft technology by developing aircraft engines with high combustion efficiency and low carbon dioxide emissions

(2) Operational Improvements / Airports, such as improvements in air traffic management, with the ICAO developing the Global Air Navigation Plan (GANP) and aviation system enhancement Block Upgrades: ASBUs) as a guideline for improving operational efficiency for member states

(3) Use of Sustainable Aviation Fuels as alternative fuels that have been produced

คาร์บอนในตลาดคาร์บอน

by manufacturing processes / technologies certified by ICAO

(4) Market-Based Measures (MBM): carbon offset methods by purchasing carbon in the carbon market

3.2 นโยบายการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในประเทศไทย

ประเทศไทยเข้าร่วมเป็นสมาชิกแบบสมัครใจในมาตรการ CORSIA ของ ICAO ทำให้สายการบินที่มีเส้นทางบินระหว่างประเทศทั้งหมดต้องเข้าร่วมมาตรการดังกล่าว โดยสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย (กพท.) จะเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 เพื่อใช้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคการบินระหว่างประเทศและจะต้องเริ่มทำการชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ปี 2564 เป็นต้นไป ทั้งนี้ กพท. ได้ส่ง Thailand: Action Plan on CO_2 Emissions Reduction Activities ไปยัง ICAO แล้วเมื่อเดือนกันยายน 2556 และมีการปรับปรุงข้อมูลใหม่ เมื่อเดือนพฤษภาคม 2561 มีการระบุมาตรการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งจะต้องมีการพัฒนาและดำเนินการติดตามประเมินผล (MRV) ผลการดำเนินมาตรการอย่างต่อเนื่องประกอบด้วย 5 มาตรการ ซึ่งการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกก็เป็นหนึ่งในมาตรการที่จะช่วยลดการการปล่อย CO_2 ที่นำเสนอในแผนงานโดยการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพ การพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือกอื่นๆ ที่ปล่อย CO_2 ต่ำ และการจัดทำมาตรฐาน/ข้อกำหนดสำหรับการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก และการจัดทำมาตรฐาน/ข้อกำหนดสำหรับการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก

3.2 Thai policy to promote the use of biojet

Thailand has become a voluntary member of the ICAO's CORSIA, requiring all international flight routes to participate. The Civil Aviation Authority of Thailand (CAAT) started collecting data in 2019 to assess greenhouse gas emissions of the international flights and must begin to compensate for greenhouse gas emissions from Year 2021 onwards. In this regard, CAAT submitted “Thailand: Action Plan on CO_2 Emissions Reduction Activities” to ICAO in September 2013 and updated the document in May 2018, where carbon dioxide reduction measures have been identified, including the development and monitoring (MRV) plan. The submitted action plan consists of 5 measures. The use of alternative fuels / biofuels is one of the proposed measures to help reduce the CO_2 emissions with the development of other alternative fuels with low CO_2 emissions and the establishment of standards / specifications for the use of alternative fuels.

4. การวิเคราะห์วัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

ICAO ได้จัดกลุ่มวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานไว้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มน้ำตาลและแป้ง (Sugar/Starch Feedstock) เช่น อ้อย มันสำปะหลัง หญ้าหวาน กลุ่มน้ำมัน (Oil Feedstock) เช่น พืชที่ให้น้ำมันทุกชนิด น้ำมันใช้แล้ว ไขสัตว์ และกลุ่มที่มีส่วนประกอบของลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulosic Feedstock) เช่น ชีวมวล และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติตั้งต้นที่แตกต่างกันไป แต่เมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้วจะต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนดของน้ำมันอากาศยาน สำหรับวัตถุดิบในประเทศไทยที่สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานได้ ประกอบด้วย กลุ่มน้ำตาลและแป้ง เช่น อ้อย มันสำปะหลัง กลุ่มน้ำมัน เช่น ปาล์มน้ำมัน, มะพร้าว, ปาล์มน้ำมัน, ถั่วเหลือง, ทานตะวัน และถั่วลิสง และกลุ่มที่มีส่วนประกอบของลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulosic Feedstock) เช่น ชีวมวล และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นต้น

จากแนวโน้มปริมาณการผลิตและการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานในประเทศไทย ที่มีอัตราการเติบโตประมาณร้อยละ 4.15 นำมาคาดการณ์ปริมาณการผลิตและการใช้น้ำมันอากาศยานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564 จนถึงปี พ.ศ. 2579 เพื่อหาปริมาณวัตถุดิบที่ต้องการในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานเพื่อทดแทนน้ำมันอากาศยานจากฟอสซิลเพื่อให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินค่าอ้างอิง (ค่าเฉลี่ยปี พ.ศ. 2562 - 2563) โดยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานเท่ากับ 3.16 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัมเชื้อเพลิง เมื่อนำปริมาณแนวโน้มการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานในประเทศมาคำนวณปริมาณการปล่อยคาร์บอนได้ออกไซด์ในปี พ.ศ. 2562- 2563 จะได้ค่าเฉลี่ยปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นค่าอ้างอิงของประเทศไทย โดยมีค่าประมาณ 19.78 ล้านตัน ในการศึกษานี้ได้คิดสัดส่วนการลดคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกร้อยละ 60 ของปริมาณคาร์บอนที่ต้องการลดทั้งหมด ตามการ

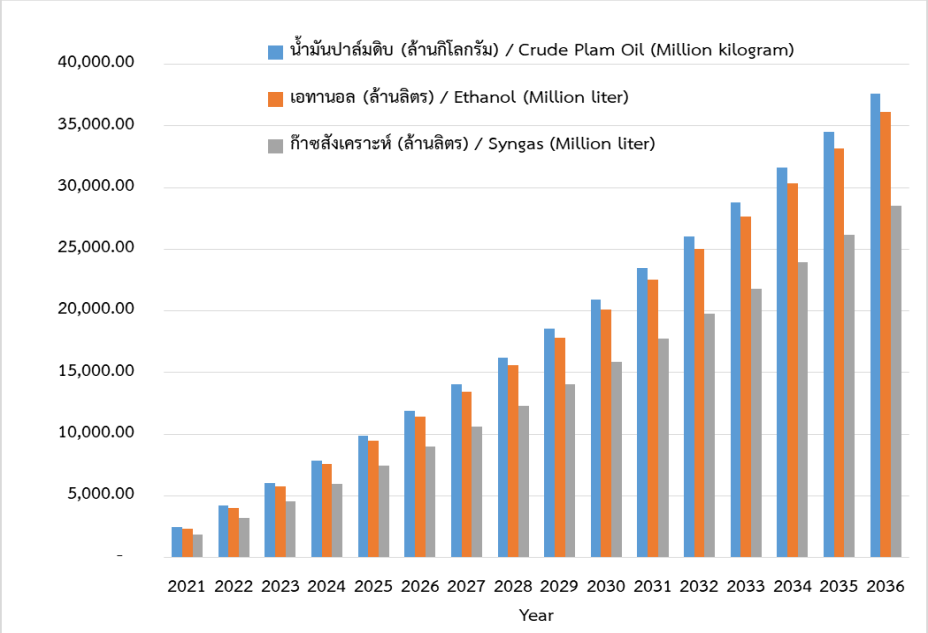
4. Raw materials for biojet production in Thailand

ICAO has specified the three groups of raw materials for biojet production, such as (1) sugarcane, cassava, stevia, (2) plants that can be used to produce oil, reused oil, waxes and (3) biomass and agricultural waste. Although each type of raw material will have different initial properties, but after the production process, the properties have to meet requirements of jet fuel. Raw materials in Thailand that can be used to produce biojet include sugar and starch such as sugarcane, cassava, oil such as palm oil, coconut, soybean, sunflower and peanuts and Lignocellulosic Feedstock such as biomass and agricultural waste.

The trend of production and use of jet fuel in Thailand which has a growth rate of approximately 4.15 percent is used for the forecast of production and use of jet fuel from 2021 to 2036 in order to find the amount of raw materials needed in the production of biojet to replace jet fuel produced from fossil fuels so that carbon dioxide emissions do not exceed the reference value (average from 2019 – 2020). The amount of carbon dioxide from combustion of jet fuel is 3.16 grams of carbon dioxide / kg of fuel. Using the trend of jet fuel sold in Thailand to calculate the carbon dioxide emission from the year 2020-2021, the average carbon dioxide emission is approximately 19.78 million tons. In this study, the carbon dioxide reduction from alternative fuels is 60 percent of the total carbon needed,

คาดการณ์ของ ICAO ในแผนการรักษาระดับการปล่อย CO_2 ให้อยู่ในระดับเดิมตั้งแต่ปี 2563 (carbon neutral growth from 2020) โดยวัตถุดิบที่จะนำมาวิเคราะห์ ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน อ้อย มันสำปะหลัง และขยะ คำนวณความต้องการวัตถุดิบเพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน ปริมาณผลผลิตระหว่างทาง (Intermediate) และพื้นที่เพาะปลูกพืชที่ต้องการในแต่ละปี ซึ่งในปี พ.ศ. 2579 ประเทศไทยมีความต้องการผลผลิตระหว่างทางเพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานตามการคาดการณ์ข้างต้น คือ น้ำมันปาล์มดิบ 37,500 ล้านกิโลกรัม เอทานอล 36,000 ล้านลิต และก๊าซสังเคราะห์ 28,000 ล้านลิตร ดัง**รูปที่ 4**

according to ICAO forecasts for carbon neutral growth from 2020. Palm oil, sugarcane, cassava and waste were considered in the calculation of raw material demand for biofuel production, intermediate product and plantation area needed each year. In which the 2036, Thailand needs raw materials and intermediate for the production of biojet in the projections above: 37.5 million kilograms of palm oil, 36,000 million liters of ethanol and 28,000 million liters of synthetic gas, as shown in **Figure 4.**



รูปที่ 4 ปริมาณความต้องการผลิตผลระหว่างทาง (Intermediate) สำหรับผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน
Figure 4 Intermediate demand for biojet production

5. การวิเคราะห์เทคโนโลยีผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

เมื่อนำเทคโนโลยีการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานมาพิจารณาความเหมาะสมในด้านวัตถุดิบ ความพร้อมของเทคโนโลยีการผลิตในประเทศไทย รวมถึงความเป็นไปได้ในการผลิต ประกอบกับการรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในด้านต่างๆ ที่ผ่านมาที่ปรึกษาจึงได้ให้คะแนนความเหมาะสมหรือความพร้อมของเทคโนโลยีโดยแบ่งตามกลุ่มของวัตถุดิบตั้งต้น ประกอบด้วย พืชที่ให้แป้งและน้ำตาล (เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าว ข้าวโพด) พืชน้ำมันต่างๆ (เช่น ปาล์ม สบู่ดำ ถั่วเหลือง) และชีวมวล (Biomass) (เช่น ขยะ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

5. Suitable technologies for biojet production in Thailand

While taking the technology for producing biojet into consideration for the suitability in terms of raw materials, availability of production technologies in Thailand including production possibilities, as well as opinions from stakeholders, we have evaluated appropriateness or readiness of the technology by classifying the raw materials consisting of starch and sugar crops (such as sugarcane, cassava, rice, corn), various oil crops (such as palm, jatropha, soybean) and biomass (such as agricultural waste) with the following scoring criteria:

ระดับ Rating	เกณฑ์ความพร้อมของเทคโนโลยี Readiness of technology	ความพร้อมใช้งานของวัตถุดิบ Readiness of raw materials	ความสามารถของเทคโนโลยีในประเทศในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ (จำนวนสิทธิบัตรที่สืบค้นตั้งแต่ปี 2540-2562) Domestic production capability (number of related patents from 1997 to 2019)	สถานภาพการผลิตนำร่อง (ลิตรต่อวัน) Pilot plant production capability (liter per day)
☆	น้อย Low	ไม่สามารถใช้งานได้ทันทีต้องผ่านขั้นตอนการแปลงวัตถุดิบที่ซับซ้อนก่อนนำมาใช้กับเทคโนโลยี Cannot be used immediately, have to go through the complex raw material conversion process before applying to technology	<5	<20
☆☆	ปานกลาง Medium	ต้องแปลงวัตถุดิบเป็น Intermediate ก่อนนำมาใช้กับเทคโนโลยี Need to convert raw materials to intermediate before use with technology	5-15	21-100

ระดับ Rating	เกณฑ์ความพร้อมของเทคโนโลยี Readiness of technology	ความพร้อมใช้งานของวัตถุดิบ Readiness of raw materials	ความสามารถของเทคโนโลยีในประเทศในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ (จำนวนสิทธิบัตรที่สืบค้นตั้งแต่ปี 2540-2562) Domestic production capability (number of related patents from 1997 to 2019)	สถานภาพการผลิตนำร่อง (ลิตรต่อวัน) Pilot plant production capability (liter per day)
☆☆☆	มาก High	สามารถนำมาใช้ได้กับเทคโนโลยีที่มีอยู่ แต่อาจต้องพิจารณาความพร้อมในการขนส่งและจัดเก็บ Can be used with existing technology, but may need to consider the readiness of transportation and storage	15-30	100-500
☆☆☆☆	มากที่สุด Highest	สามารถนำมาใช้ได้กับเทคโนโลยีที่มีอยู่ทันที Can be used with existing technology	>30	>500

ผลการให้คะแนนสามารถจัดลำดับความเหมาะสมของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานตามลำดับคะแนนได้ดังนี้

The scoring results can be ranked the suitability of biojet production technology according to the following scores:

ลำดับที่/Rank	เทคโนโลยี/Technology	คะแนน/Score
1	Oil to Jet: OTJ	14
2	Alcohol to Jet: ATJ	14
3	Sugar to Jet: STJ	11
4	Gas to Jet: GTJ	10

เมื่อพิจารณาจากผลคะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด พบว่า เทคโนโลยี Alcohol to Jet และ

Oil to Jet จะเป็นเทคโนโลยีที่มีคะแนนสูงสุด อย่างไรก็ตามเทคโนโลยี Oil to Jet มีความน่าสนใจมากที่สุด โดยสามารถสรุปผลอันสืบเนื่องมาจากเหตุผลหลัก 3 ข้อ คือ

Based on above criteria, Alcohol to Jet technology and Oil to Jet will be the technologies with the highest score. However, the Oil to Jet technology is the most suitable for three main reasons, which are:

1. การมีอยู่ของวัตถุดิบชีวมวลที่ยังไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มประสิทธิภาพภายในประเทศ/การได้ประโยชน์โดยการกำจัดชีวมวลเหล่านี้ทางอ้อม

2.ความพร้อมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมขั้นกลางภายในประเทศ (Intermediate) รวมถึงการมีตัวอย่างการผลิตนำร่องภายในประเทศที่เด่นชัด เช่น ศูนย์วิจัยเชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวลของคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นต้น

3. แนวโน้มการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานเชิงพาณิชย์ในต่างประเทศกว่าร้อยละ 90 เป็นการผลิตด้วยเทคโนโลยี Oil to Jet

ในส่วนของเทคโนโลยี Alcohol to Jet ที่ได้คะแนนเท่ากันนั้น ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีวัตถุดิบที่สามารถนำมาผลิตแอลกอฮอล์ได้ แต่สถานภาพการผลิตนำร่องนั้นยังไม่ปรากฏแน่ชัดว่าประเทศไทยจะมีความพร้อมในการรองรับเทคโนโลยีด้านนี้หรือไม่ เพราะจากการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องรวมถึงข้อมูลการวิจัยและพัฒนายังไม่ปรากฏผลงานการศึกษาหรือการสาธิตในประเทศไทย อีกทั้งยังมีประเด็นสืบเนื่องจากปัจจัยด้านการหาตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม ที่ต้องมีปริมาณมากเพียงพอ ราคาไม่สูง และให้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่เหมาะสมซึ่งส่วนใหญ่ยังอยู่ในขั้นตอนการวิจัย และการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมต้นแบบเท่านั้น

จากการวิเคราะห์เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า

การพิจารณาคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย นอกจากความพร้อมใช้งานของวัตถุดิบ ความสามารถของเทคโนโลยีในประเทศในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ และสถานภาพการผลิตนำร่องแล้ว ศักยภาพของวัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศก็เป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาร่วมด้วย

เมื่อนำแนวโน้มความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานมาวิเคราะห์หาปริมาณความต้องการผลผลิตระหว่างทาง (Intermediate) จากอัตราการเติบโตของการผลิตและการใช้น้ำมันอากาศยานในรูปที่ 4 ที่กล่าวไปแล้ว มาเปรียบเทียบกับแนวโน้มปริมาณของผลผลิตระหว่างทางที่คาดว่าจะผลิตได้ จะพบว่า ปริมาณความต้องการผลผลิต

(1) the existence of biomass as raw materials that are not yet fully utilized in the country / benefit from indirect eliminating the biomass

(2) readiness for intermediate processing of domestic industry, including the presence of prominent domestic pilot production, such as the Center for Fuels and Energy from Biomass of the Faculty of Science at Chulalongkorn University, Khon Kaen University etc

(3) the tendency to produce more than 90% of commercial biojet in foreign countries produced by Oil to Jet technology

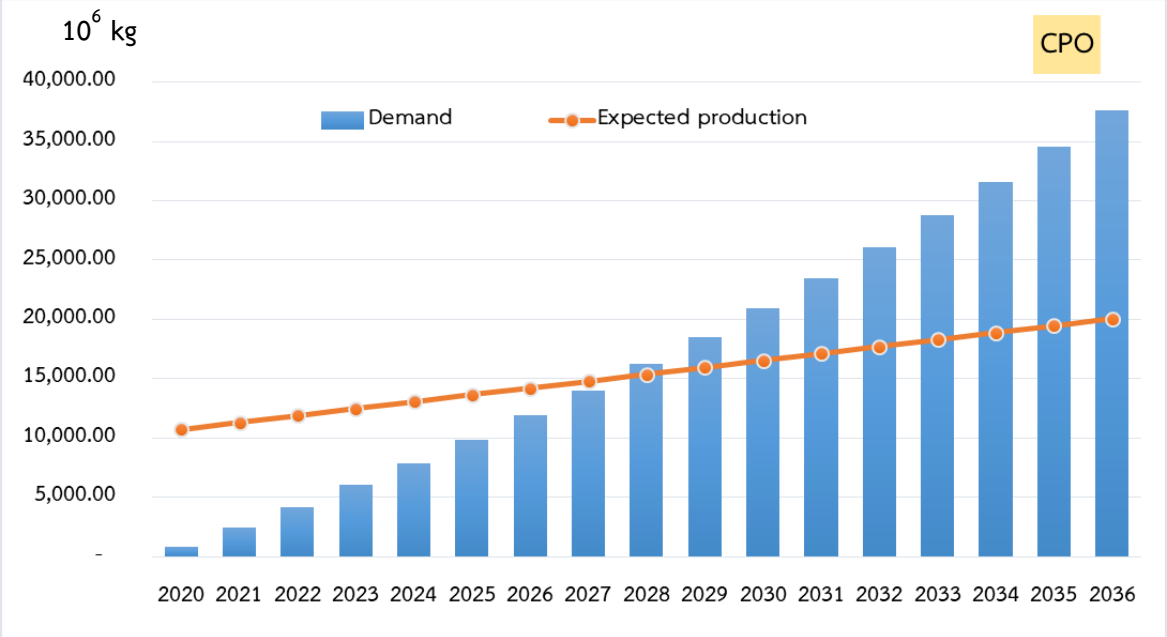
As for the Alcohol to Jet technology with the same score, although, Thailand has raw materials that can be used to produce alcohol but the pilot production status is unclear whether Thailand will be ready to support this technology or not. According to the interviews with relevant parties including research and development information, no studies or demonstrations have been made in Thailand. There are also issues of finding a suitable catalyst, that must be sufficient and cheap, and can be able to provide a good production yield, most of which are still in the research process and in the prototype industry only.

From analysis of biojet production technology mentioned above, it can be seen that the selection of suitable technology depends on many factors. Aside from availability of raw materials, ability of domestic processing technology and pilot production status, the potential of raw materials in the country is another important factor that must be taken into

ระหว่างทางแต่ละชนิดสูงกว่าปริมาณที่คาดว่าจะผลิตได้ โดยในปี พ.ศ. 2571 น้ำมันปาล์มดิบและก๊าซสังเคราะห์ที่คาดว่าจะผลิตได้มีแนวโน้มไม่เพียงพอต่อความต้องการในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน ส่วนปริมาณผลผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลและมันสำปะหลัง มีแนวโน้มไม่เพียงพอในปี พ.ศ. 2574 **ดังรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 7** ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณความต้องการผลผลิตระหว่างทางเป็นการคำนวณสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานเท่านั้น ยังไม่รวมความต้องการใช้ในกิจกรรมอื่นๆ ของประเทศ

consideration.

When taking the trend of biojet demand to analyze quantity of the intermediate from growth rate of the production and use of biojet in **Figure 4** in comparison with trends of production quantity, it is found that the demand for products in each route is higher than the quantity expected to be produced. In 2028, crude palm oil and synthetic gas expected to be produced are likely not enough to meet demand for biojet as for ethanol production from molasses and cassava is not enough in the year 2031 as shown in **Figure 5 to Figure 7** respectively. However, the demand for the intermediate is calculated for only biojet production, not include demand for other activities in the country.

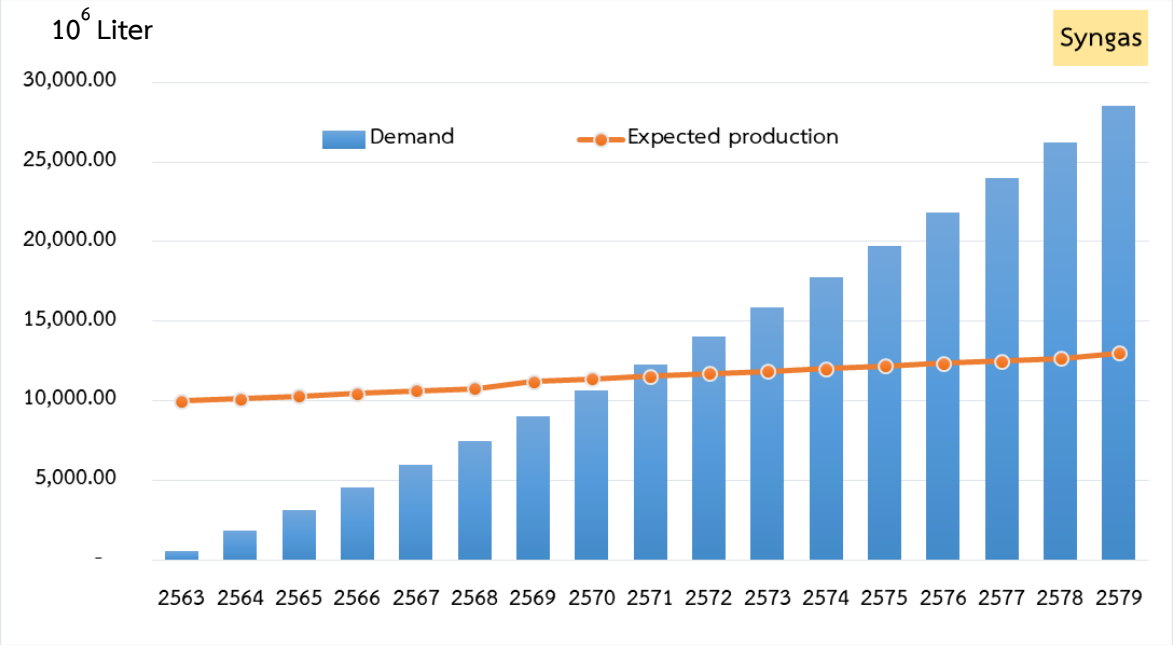


รูปที่ 5 การคาดการณ์ปริมาณผลผลิตระหว่างทาง (น้ำมันปาล์มดิบ) ที่คาดว่าจะผลิตได้

Figure 5 Expected intermediate production forecasting (Crude Palm Oil: CPO)

ที่มา : ประเมินจากค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันตามยุทธศาสตร์ปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม 20 ปี

Source: Estimated from the average of palm oil planted area increasing follow as the 20 years palm oil strategy plan

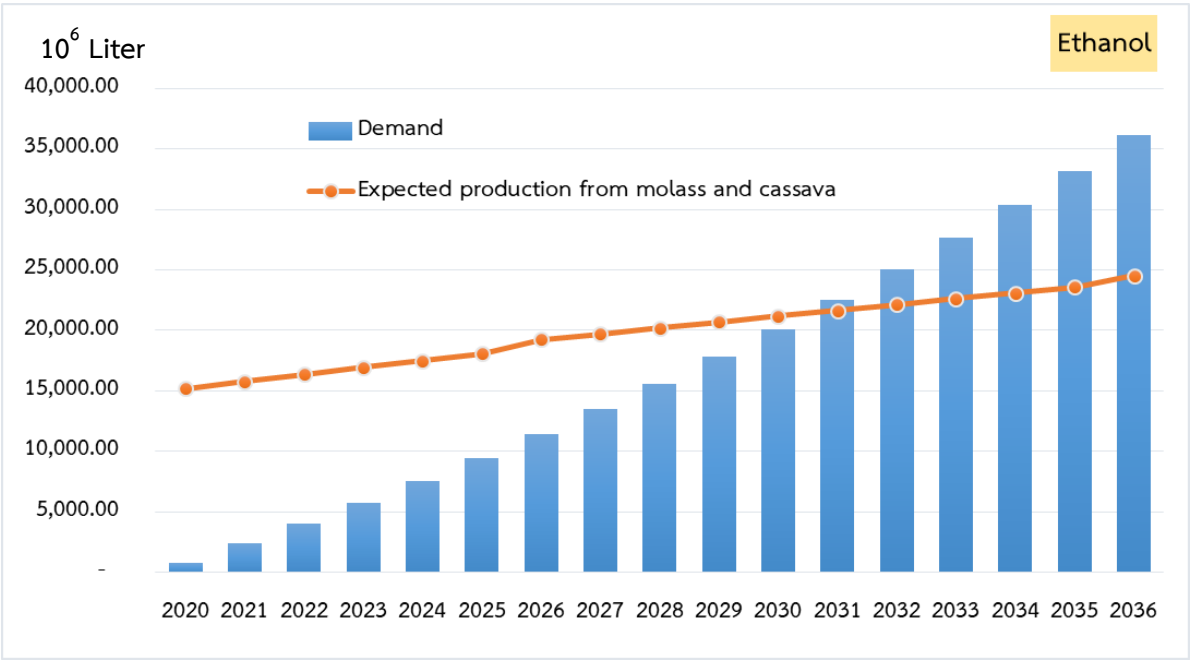


รูปที่ 6 การคาดการณ์ปริมาณผลผลิตระหว่างทาง (ก๊าซสังเคราะห์) ที่คาดว่าจะผลิตได้

Figure 6 Expected intermediate production forecasting (Syngas).

ที่มา : ประเมินจากค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกอ้อยตามแผน AEDP2015

Source: Estimated from the average of sugarcane planted area increasing follow as AEDP2015 plan



รูปที่ 7 การคาดการณ์ปริมาณผลผลิตระหว่างทาง (เอทานอล) ที่คาดว่าจะผลิตได้

Figure 7 Expected intermediate production forecasting (Ethanol)

ที่มา : ประเมินจากค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังตามแผน AEDP2015

Source: Estimated from the average of cassava planted area increasing follow as AEDP2015 plan

หมายเหตุ ปริมาณความต้องการผลผลิตระหว่างทางทั้งหมดเป็นการคำนวณสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานเท่านั้น ยังไม่รวมความต้องการใช้ในกิจกรรมอื่นๆ ของประเทศ

Note: All of intermediate production demand calculated for biojet production only. Does not include demand for other activities in the country.

6. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานเชิงพาณิชย์

การศึกษาและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในเชิงพาณิชย์ โดยพิจารณาทั้งเทคโนโลยีและวัตถุดิบที่เหมาะสมนั้น จะเป็นการศึกษาถึงความคุ้มค่าของโครงการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน จากฐานราคาเชื้อเพลิงอากาศยานในปัจจุบัน และปรับระดับราคาไปตามความต้องการในอนาคต โดยใช้แนวทางการคำนวณอัตราผลตอบแทนที่เกิดขึ้น และระดับที่เหมาะสมของโครงการ โดยใช้สถานการณ์การวิเคราะห์ดังนี้

6. Economic analysis for commercial biojet production

The study and analysis of economic of commercial biojet production by considering both the appropriate technology and raw materials focus on the value of the biojet investment project based on the current biojet price, and adjust the price to meet future demands by calculating the rate of return that occurred and the appropriate level of the project using the situation analysis as follows:

	ราคาเชื้อเพลิงอากาศยาน Jet A1 Aircraft fuel price Jet A1 (USD/ลิตร)	**ราคาคาร์บอน Carbon price (0.60 USD/ลิตร)**	**ราคาเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน Biojet fuel price (USD/ลิตร)**
สถานการณ์พื้นฐาน Base case	0.78	-	0.78
สถานการณ์ราคาเพิ่มขึ้นในระยะสั้นตามกลไก CORSIA (พ.ศ.2563 - 2569) Short-term price increases according to CORSIA (2020 - 2026)		0.60	1.38
สถานการณ์ราคาเพิ่มขึ้นในระยะยาว ตามกลไก CORSIA (พ.ศ.2570 - 2579) Long-term price increase according to CORSIA (2027-2036)		0.60	1.98

หมายเหตุ กำหนดราคาคาร์บอนตามอัตราภาษี Carbon Tax เป็นอัตราคงที่ 0.60 USD
Note: constant Carbon Tax at 0.60 USD/liter

ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน พบว่าการผลิตจากวัตถุดิบประเภทอ้อย และมันสำปะหลัง จะมีความเป็นไปได้มากกว่าวัตถุดิบที่เป็นน้ำมันปาล์ม โดยการผลิตด้วยเทคโนโลยีที่ใช้วัตถุดิบเป็นเอทานอล โดยที่ระดับราคา 0.78 เหรียญสหรัฐฯ/ลิตร (ประมาณ 24.96 บาทต่อลิตร) เป็นระดับราคาเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน ที่ยังไม่มีความเป็นไปได้ในการลงทุนในสถานการณ์ปัจจุบัน

เมื่อราคาน้ำมันอากาศยานปรับเพิ่มขึ้น โดยบวกภาษีคาร์บอนเท่ากับ 0.60 เหรียญสหรัฐฯ/ลิตร โดยให้ราคาเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานเป็น 1.38 เหรียญสหรัฐฯ/ลิตร (44.16 บาทต่อลิตร) การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานโดยใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบจะให้ผลตอบแทน (%กำไร) 4.67% มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็น 685.24 ล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราผลตอบแทนภายใน 10.38% ที่ระยะเวลาคืนทุน 7.66 ปี ขณะที่การผลิตโดยใช้น้ำมันปาล์ม และมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบจะยังไม่มีความเป็นไปได้ในการลงทุน

และเมื่อราคาปรับเพิ่มขึ้นในระยะยาว ราคาเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานเป็น 1.98 เหรียญสหรัฐฯ/ลิตร(63.36 บาทต่อลิตร) การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน โดยใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบจะให้ผลตอบแทน 43.18% มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็น 7,800.04 ล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราผลตอบแทนภายใน 29.10% ที่ระยะเวลาคืนทุน 4.40 ปี ขณะที่การผลิตโดยใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบจะให้ผลตอบแทน 32.96% มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็น 6,514.82 ล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราผลตอบแทนภายใน 31.24% ที่ระยะเวลาคืนทุน 4.17 ปี ขณะที่ปาล์มน้ำมันที่มีข้อจำกัดด้านราคา และจำเป็นต้องใช้ปริมาณวัตถุดิบจำนวนมาก ทำให้ความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานจากวัตถุดิบนี้มีอัตราผลตอบแทนเป็นค่าลบดังแสดงใน**ตารางที่ 4**

Results of a feasibility analysis of biojet production found that the production from sugarcane and cassava will be more likely than palm oil and ethanol at the price level of 0.78 USD/ liter (about 24.96 Baht/liter) as the price of biojet which is not yet possible to invest in the current situation.

When biojet prices increase by adding Carbon Tax of 0.60 USD/liter with the price of biojet to 1.38 USD/liter (44.16 baht per liter), the production of biojet using sugarcane as raw materials will yield 4.67% (% profit), the current net worth of 685.24 million USD. Internal rate of return of 10.38% at a payback period of 7.66 years, while production using palm oil and cassava as raw materials, there is still no possibility to invest.

And when the price increases in the long term the price of biojet is USD 1.98/liter (63.36 Baht/liter). The production of biojet using sugarcane as raw material, will give 43.18% return, with a net present value of 7,800.04 million USD. Internal rate of return of 29.10% at a 4.40 year payback period. While production using cassava will yield 32.96% with the net present value of 6,514.82 million USD. Internal rate of return is 31.24% at the 4.17 year payback period, but palm oil with price constraints and need to use a large quantity makes the possibility of producing biojet from this material having a negative return rate, as shown in **Table 4.**

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์

Table 4 the results of economic analysis

Scenario	Technology	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ Net Present Value (NPV) (Million USD)	IRR (%)	อัตราผลตอบแทน Rate of Return (% Profit)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี) Payback Period (Year)
กรณีสถานการณ์พื้นฐาน Base case 0.78 USD/Liter	HEFA	-20,683.39		-67.17%	
	Ethanol production sugarcane	-9,052.95		-47.95%	
	Ethanol production from cassava	-10,338.16		-50.56%	
กรณีสถานการณ์ระยะสั้น Short-term case 1.38 USD/Liter	HEFA	-12,256.91	N/A	-39.64%	N/A
	Ethanol production sugarcane	-626.45		-2.39%	
	Ethanol production from cassava	-1,911.67		-8.80%	
กรณีสถานการณ์ระยะยาว Long-term case 1.98 USD/Liter	HEFA	-3,830.41		-12.10%	
	Ethanol production sugarcane	7,800.04	29.10	43.18%	4.4
	Ethanol production from cassava	6,514.82	31.24	32.96%	4.17

และเมื่อกำหนดให้โครงการลงทุนได้รับอัตราผลตอบแทนภายใน 12.50% เป็นค่าคงที่ และวิเคราะห์โดยแปรผันราคาเชื้อเพลิงชีวภาพ จะได้ราคาที่แตกต่างตามแต่ละประเภทของวัตถุดิบ โดยราคาเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานเป็น 2.325 เหรียญสหรัฐฯ/ลิตร (74.40 บาทต่อลิตร) เมื่อใช้ปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบ และจะให้ผลตอบแทน 3.73% มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็น 1,014.82 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ที่ระยะเวลาคืนทุน 6.84 ปี

ราคาเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานเป็น 1.409 เหรียญสหรัฐฯ/ลิตร (45.088 บาทต่อลิตร) หากโครงการเลือกทำการผลิตโดยใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบ จะได้ให้ผลตอบแทน 6.99% และมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็น 1,092.52 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ที่ระยะเวลาคืนทุน 6.83 ปี

และราคาเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานเป็น 1.594 เหรียญสหรัฐฯ/ลิตร (51.008 บาทต่อลิตร) หากโครงการเลือกทำการผลิตโดยใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ จะได้ผลตอบแทน 6.09% และมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็น 1,093.78 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ที่ระยะเวลาคืนทุน 6.83 ปี

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น พบว่าการใช้อ้อยเป็น

And when specifying that the investment project receives a fixed internal rate of return of 12.50% and analyzed by varying biofuel prices will result in different prices according to each type of raw materials. The price of biojet is 2.325 USD/liter (74.40 Baht/liter) when using palm oil as raw materials with a 3.73% return with a net present value of 1,014.82 million USD at a payback period of 6.84 years.

The price of biojet is 1.409 USD/liter (45.088 Baht/liter) when using sugarcane as raw material with a return of 6.99% and a net present value of 1,092.52 million USD at a payback period of 6.83 years.

And the price of biojet to 1.594 USD/liter (51.008 Baht/liter) when using cassava as raw materials with a return of 6.09% and the net present value of 1,093.78 million USD at a payback period of 6.83 years.

วัตถุดิบเพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน จะได้ราคาที่ต่ำกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ซึ่งผู้ผลิตจะมีแรงจูงใจในการลงทุนมากกว่า เนื่องจากอัตรากำไรสูงกว่า ขณะที่มีระยะเวลาคืนทุนของโครงการใกล้เคียงกัน

The analysis found that the use of sugarcane as raw materials for the production of aircraft biofuels will get a lower price than other kinds of raw materials which is more attractive to the manufacturer since the profit margin is higher while the payback period of the project is similar.

เทคโนโลยี Technology	วัตถุดิบ Feedstock*	ราคาเชื้อเพลิงชีวภาพฯ Price (USD/Liter)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ Net Present Value (NPV) (Million USD)	อัตราผลตอบแทน (% Profit)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี) Payback Period (Year)
HEFA	ปาล์ม/palm oil	2.325	1,014,817,843	3.73	6.84
Ethanol production from sugar cane	อ้อย/sugar cane	1.409	1,092,522,101	6.99	6.83
Ethanol production from cassava	มันสำปะหลัง/ cassava	1.594	1,093,774,639	6.09	6.83

*หมายเหตุ *คิดจากเงินลงทุนเทคโนโลยีที่มีราคาต่ำที่สุด*
*Note: *Calculated from the lowest technology investment*

7. การศึกษา วิเคราะห์สถานภาพ ข้อจำกัดในการผลิตและการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน

การศึกษา วิเคราะห์สถานภาพ ข้อจำกัดในการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน รวมถึงสิ่งที่ต้องการให้รัฐสนับสนุน ที่ปรึกษาได้จัดทำในรูปแบบการวิเคราะห์ SWOT ซึ่งเป็นเครื่องมือในการประเมินสภาพแวดล้อมสำหรับการจัดการเชิงกลยุทธ์ โดย S=Strengths (จุดแข็ง), W=Weakness (จุดอ่อน), O=Opportunities (โอกาส) และ T=Threats (ข้อจำกัด) และ TOWS Matrix โดยมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ SWOT

ด้านวัตถุดิบ

จุดแข็ง (Strengths :S) ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการปลูกพืชที่สามารถนำมาผลิตเชื้อเพลิงได้หลายชนิด เช่น ปาล์มน้ำมัน อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น

7. SWOT analysis on the production and use of biojet

SWOT analysis on the promotion of biojet includes the support needed from the government. SWOT analysis is a tool for evaluating the environment for strategic management by S = Strengths, W = Weakness, O = Opportunities and T = Threats. (Restrictions) and TOWS Matrix with analysis results as follows,:

SWOT analysis results

Raw materials

Strengths (S): Thailand is an agricultural country, with many crops that can be used to produce fuels such as palm oil, sugarcane, cassava etc. and the labor cost

และมีค่าแรงไม่สูงมากนัก

จุดอ่อน (Weakness :W) มีความไม่แน่นอนของวัตถุดิบทั้งด้านปริมาณและราคา เนื่องจากเป็นสินค้าเกษตรที่ขึ้นกับสภาพอากาศ รวมถึงมีการส่งเสริมการผลิตพลังงานอื่นๆ

โอกาส (Opportunities :O) มีความต้องการใช้น้ำมันชีวภาพอากาศยานเพิ่มขึ้นจากมาตรการ CORSIA ของ ICAO ส่งผลให้เกษตรกรมีทางเลือกในการจำหน่ายวัตถุดิบ ซึ่งประเทศไทยสามารถปลูกพืชพลังงานได้ดี

ข้อจำกัด (Threats :T) ความไม่แน่นอนของสภาพอากาศที่ส่งผลต่อผลผลิตพืชพลังงาน และความไม่แน่นอนของตลาดโลก รวมถึงการกีดกันทางการค้าทำให้เกิดความผันผวนของราคาและปริมาณของวัตถุดิบ

ด้านเทคโนโลยี

จุดแข็ง (Strengths :S) มีการวิจัยการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานแล้ว รวมถึงมีนักวิจัยและบุคลากรที่มีความสามารถด้านการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ

จุดอ่อน (Weakness :W) ขาดการบูรณาการข้อมูลระหว่างหน่วยงาน และยังไม่มีการขยายผลเชิงพาณิชย์

โอกาส (Opportunities :O) ประเทศไทยมีผู้ผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพหลายรายที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพได้ และมีเทคโนโลยีการผลิตที่ชัดเจนที่ได้รับรองจาก ICAO ที่สามารถผสมน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพในน้ำมันอากาศยานได้สูงถึงร้อยละ 50

ข้อจำกัด (Threats :T) ต้นทุนวัตถุดิบสูงทำให้ราคาน้ำมันชีวภาพอากาศยานสูงตามไปด้วย รวมถึงมีความไม่แน่นอนในการกีดกันทางการค้า และการแข่งขันด้านเทคโนโลยีอาจมีความล่าช้า เนื่องจากต้องรอการรับรองจาก ICAO

ด้านนโยบาย

จุดแข็ง (Strengths :S) ประเทศไทยมีนโยบายส่งเสริมและสนับสนุนการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอย่างเป็นรูปธรรม และมีกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในการสนับสนุนและส่งเสริมตามนโยบายและยุทธศาสตร์

is not very high.

Weakness (W): There is uncertainty about the raw materials, both quantity and price. Since it is an agricultural product that depends on the weather including the promotion of other energy production.

Opportunities (O): Increasing demand for biojet from ICAO's CORSIA gives farmers the option to sell raw materials. Geographically, Thailand can grow energy crops well.

Threats (T): Weather instability that affects energy crops and the uncertainty of the global market including trade barriers causing fluctuations in prices and quantities of raw materials.

Technology

Strengths (S): There was research on biojet production with researchers and personnel capable of producing biofuels.

Weakness (W): Lack of integration of information among governmental departments and has not been yet commercially expanded.

Opportunities (O): Thailand has many biofuel manufacturers that can produce biofuels and have production technology approved by ICAO that can mix biofuels in jet fuel up to 50 percent.

Threats (T): High raw material costs lead to high aircraft biofuel prices. With uncertainty in trade barriers and technology, competition may be delayed as it has to wait for approval from ICAO.

Policy

Strengths (S): Thailand has a policy to promote and support the use of

เร่งด่วน

จุดอ่อน (Weakness :W) ขาดการบูรณาการข้อมูลระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และยังไม่มีแผนการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานโดยเฉพาะ

โอกาส (Opportunities :O) ประเทศไทยเข้าร่วมมาตรการ CORSIA ในกลุ่มนำร่อง ซึ่งสามารถนำมาขยายผลใช้กับการบินภายในประเทศได้

ข้อจำกัด (Threats :T) ยังมีความไม่แน่นอนในการใช้มาตรการ CORSIA ของ ICAO ทั้งขั้นตอน กระบวนการและบทลงโทษ รวมถึงการชดเชยคาร์บอนด้วยการซื้อคาร์บอนมีราคาถูกกว่าการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ ทำให้สายการบินมีแนวโน้มที่จะซื้อคาร์บอนมากกว่าการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ

ผลการวิเคราะห์ TOWS Matrix

กลยุทธ์เชิงรุก (SO)

ด้านวัตถุดิบ ส่งเสริมและพัฒนาสายพันธุ์พืชพลังงาน พัฒนาเกษตรยั่งยืน วิธีการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวและรักษาพืชพลังงาน รวมถึงส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรสำหรับพืชพลังงาน

ด้านเทคโนโลยี พัฒนาบุคลากรเพื่อรองรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน พัฒนาและสร้างนวัตกรรมตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

ด้านนโยบาย บรรจุเป้าหมายการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในแผน AEDP

กลยุทธ์เชิงแก้ไข (WO)

ด้านวัตถุดิบ จัดตั้งตลาดกลางซื้อขายพืชพลังงานล่วงหน้า และจัดตั้งคณะกรรมการพืชพลังงานเพื่อกำกับและดูแลการเพาะปลูกและการใช้พืชพลังงาน (กำหนดสัดส่วนการปลูกและรับซื้อให้สอดคล้องกับอุปสงค์และอุปทาน)

ด้านเทคโนโลยี จัดตั้งหน่วยงานกลางเพื่อผลักดันงานวิจัยสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ ปรับปรุงกระบวนการผลิตเดิมให้สามารถผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานได้ โดยไม่ต้องลงทุนสร้างใหม่ทั้งหมด

biofuels and has dedicated funds to promote energy conservation in support and promotion according to urgent policies and strategies.

Weakness (W): Lack of integration of information among relevant departments. There is no specific plan to promote the use of biojet.

Opportunities (O): Thailand joined the CORSIA pilot program which can be extended to use in domestic flights.

Threats (T): There is still uncertainty about ICAO's CORSIA measures, procedures and penalties, including carbon offset. Buying carbon credit is currently cheaper than using biofuels, making airlines more likely to buy.

TOWS Matrix Analysis Results

Proactive strategy (SO)

Raw materials: promotion and development of energy crop species, sustainable agriculture development, cultivation methods, harvesting and preserving energy crops including promoting and developing agro-industry for energy crops

Technology: human resource development to support the production of biojet, develop and create innovative catalysts to increase production efficiency.

Policy: put the target of the use of biojet into the AEDP plan.

Strategic Solutions (WO)

Raw materials: establish a central market for energy crops futures trading and establish an energy crop committee to oversee and supervise the cultivation and use of energy crops (specify the

ด้านนโยบาย วางแผน และกำหนดเป้าหมายการพัฒนาและผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในระยะยาว

กลยุทธ์เชิงป้องกัน (ST)

ด้านวัตถุดิบ พัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพชนิดอื่นที่สามารถใช้วัตถุดิบประเภทเดียวกัน และส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพในอุตสาหกรรมอื่น

ด้านนโยบาย ส่งเสริมและผลักดันการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานทั้งการบินภายในและภายนอกประเทศ

กลยุทธ์เชิงรับ (WT)

ด้านวัตถุดิบ ส่งเสริมการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานจากวัตถุดิบในส่วนที่เหลือใช้จากกิจกรรมอื่น และส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพเฉพาะกลุ่มหรือเพื่อการประชาสัมพันธ์

ด้านเทคโนโลยี จัดเตรียมโครงสร้างพื้นฐานเพื่อเป็นผู้จำหน่าย ไม่ใช่ผู้ผลิต

ด้านนโยบาย จัดตั้งหน่วยงานบูรณาการข้อมูลระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาวิเคราะห์และวางแผนการผลิต

จากการวิเคราะห์ SWOT และ TOWS MATRIX ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปข้อจำกัดทั้งภายนอกและภายใน และสิ่งที่ต้องการให้รัฐสนับสนุน ทั้งในเชิงนโยบาย กฎระเบียบ มาตรการทางด้านภาษี เพื่อให้การดำเนินการของอุตสาหกรรมและภาคส่วนที่เกี่ยวข้องสามารถสนับสนุนการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในเชิงพาณิชย์ในแต่ละด้านได้ดังนี้

ข้อจำกัดด้านวัตถุดิบ เช่น ด้านปริมาณที่อาจจะไม่เพียงพอ ด้านราคาที่มีความไม่แน่นอน ต้นทุนการจัดหาวัตถุดิบที่ยังสูงอยู่ รวมถึงด้านสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อการผลิตวัตถุดิบ

ข้อจำกัดด้านด้านเทคโนโลยี เช่น ประเทศไทยยังไม่มีการขยายผลการวิจัยสู่เชิงพาณิชย์ เอกชนมีแนวโน้มซื้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศมากกว่าการร่วมพัฒนาเทคโนโลยีในประเทศ

ข้อจำกัดด้านนโยบาย เช่น ความไม่ชัดเจนในมาตรการ CORSIA ของ ICAO และประเทศไทยยังไม่มี

proportion of planting and buying in accordance with the demand and supply)

Technology: establish a central unit to drive research to commercial production, and improve original production process to be able to produce biojet without having the whole new investment

Policy: plan and set goals for the long-term development and production of biojet

Preventive strategy (ST)

Raw materials: develop other types of biofuels that can use the same raw materials and promote the use of biofuels in other industries

Policy: promote the use of biojet in both domestic and international flights

Reactive strategy (WT)

Raw materials: promote the production of biojet from surplus raw materials from other activities and promote the use of biofuels specifically for groups or for publicity

Technology: prepare the infrastructure to be a distributor, not a manufacturer.

Policy: establish an information integration unit among related departments in order to analyze and plan accordingly

From the SWOT and TOWS MATRIX analysis, we can summarize both external and internal restrictions, and policies, regulations, tax measures that the government should support to enable the industry and related sectors to support the production and use of biojet in each area as follows:

Restrictions on raw materials, such as quantities that may not be enough

นโยบายส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน รวมถึงการแข่งขันของสายการบินตามมาตรการส่งเสริมการท่องเที่ยว

สิ่งที่ต้องการให้รัฐสนับสนุน จากการสำรวจข้อมูลพบว่าผู้ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน จะหันมาใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพเมื่อราคาใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานทั่วไป ส่วนผู้ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน จะผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพเมื่อมีความต้องการใช้งาน และมีความคุ้มค่าในการลงทุน ดังนั้นหากภาครัฐต้องการส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดการผลิตและการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน ควรจัดทำแผนที่นำทาง (Road map) เพื่อกำหนดเป้าหมายและแนวทางการขับเคลื่อน และมีหน่วยงานที่รับผิดชอบในการขับเคลื่อนสู่เป้าหมาย ซึ่งสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานได้จัดทำแผนแม่บทการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานแล้ว แต่ยังไม่มีการนำมาบูรณาการระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทำให้ไม่ได้มีการนำแผนแม่บทดังกล่าวมาขับเคลื่อน รวมถึงราคาน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานที่เป็นปัจจัยสำคัญ ยังมีราคาสูงมากไม่จูงใจสำหรับผู้ใช้งาน

with uncertain prices, the cost of raw materials that is still high, including the climate that affects the production of raw materials

Restriction on technology, such as domestic technologies have not been extended to commercial use, private companies tend to buy technology from foreign countries more than the joint development of technology in the country

Restriction on Policy, such as unclearness in the CORSIA measures from ICAO and Thailand do not have a policy to promote the use of biojet including the airline competition according to tourism promotion measures

Needed support from the government: The survey found that jet fuel users will turn to use biofuels when prices are close to general jet fuel. As jet fuel manufacturers will produce biofuels when there is enough demand worth investment. Therefore, if the government wants to promote and support the production and use of biofuels, the road map should be created to set goals and driving directions and to have responsible organizations for driving towards the goal. While The Energy Policy and Planning Office (EPPO) has prepared a master plan for the use of biojet but has not been yet integrated among related departments causing no implementation of such master plan including that the price of biojet is still very high not attractive for airlines operators

8. การจัดทำแผนพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน

ที่ปรึกษาฯ ได้จัดทำแผนการส่งเสริมสนับสนุนการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในเชิงพาณิชย์เป็น 2 ระยะ ตามการแบ่งระยะของโครงการ CORSIA ของ ICAO ร่วมกับระยะเวลาตามแผนพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP2015) คือ ระยะสั้น-ระยะกลาง (ปี พ.ศ. 2563 – 2569) และระยะยาว (ปี พ.ศ. 2570 – 2579) โดยมีกิจกรรมที่ต้องดำเนินการดังนี้

8. Preparation of biojet development plan

The plan to promote the commercial use of biojet is divided into 2 phases according to the phases of the ICAO's CORSIA program together with the renewable and alternative energy plan (AEDP2015), which is short-medium term (2020 - 2026) and long-term (2027 - 2036) with the following activities:

แผนการส่งเสริมสนับสนุนการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในเชิงพาณิชย์ Promotion plan for the use of biojet	กิจกรรม Activities	ผู้เกี่ยวข้อง Responsible organizations
ระยะสั้น-ระยะกลาง (ปี พ.ศ.2563 – 2569) ส่งเสริมการใช้งานน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน และพัฒนาบุคลากร Short-term to medium term 2020 - 2026): Promoting the use of biojet And personnel development	รอความชัดเจนจากมาตรการ CORSIA ของ ICAO และนำประเทศเข้าเป็นส่วนหนึ่งของ ICAO และ CORSIA Waiting for clarity from ICAO's CORSIA measures and put Thailand be part of ICAO's CORSIA	ทุกหน่วยงาน All
ระยะยาว (ปี พ.ศ. 2570 – 2579) ส่งเสริมการผลิตและการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน Long-term (2027 - 2036): Promoting the production and use of biojet	มาตรการด้านภาษีในการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน Tax measures on imports of biojet	คค./พณ. MoT/MoC
	มาตรการด้านภาษี (สนามบิน) กับสายการบินที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน Tax measures (airports) with airlines using biojet	พณ./คค. MoT/MoC
	การศึกษาภาพรวมของผลกระทบต่อประเทศไทยในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน An overview study of the impact on Thailand on the use of biojet	พน., กทพ. MoEN, CAAT
	เตรียมความพร้อมด้านการโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวกับการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ	กทพ., ทอ., เอกชนผู้ให้บริการ

แผนการส่งเสริมสนับสนุนการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในเชิงพาณิชย์ Promotion plan for the use of biojet	กิจกรรม Activities	ผู้เกี่ยวข้อง Responsible organizations
ระยะยาว (ปี พ.ศ. 2570 – 2579) ส่งเสริมการผลิตและการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน Long-term (2027 - 2036): Promoting the production and use of biojet	Prepare for the infrastructure related to the use of biofuels.	CAAT, MoD, related contractors
	วางแผนการลงทุน หรือจัดหาเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน Investment plan and procurement plan for biojet.	ทุกหน่วยงาน All
	การพัฒนาบุคลากรเพื่อรองรับการผลิตและการใช้งานน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน Human resource development to support the production and use of biojet	ทุกหน่วยที่เกี่ยวข้อง All
	การเตรียมความพร้อมด้านวัตถุดิบและเทคโนโลยี Preparation of raw materials and technology	ผู้ลงทุน Investors
	มาตรการด้านภาษีในการผลิตและการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน Tax measures for the production and use of biojet.	กค./พณ./พน. MoT/MoC/MoEN
	มาตรการด้านภาษีในการนำเข้าเครื่องจักรในการผลิต Tax measures for importing production equipment	พณ./อก. MoC/MoI
	มาตรการด้านภาษีในการนำเข้าวัตถุดิบสำหรับผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน Tax measures for importing raw materials for the production of biojet	พณ./อก./กษ. MoC/MoI/MoA

Note: MoEN=Ministry of Energy, MoI=Ministry of Indristry, MoC=Ministry of Commerce, MoA= Ministry of Agriculture and Cooperatives, MoT= Ministry of Transportation, MoD= Ministry of Defense, MHESI= Ministry of Higher Education, Sciences and Innovation, MoN= Ministry of Natural Resources and Environment, MoIn= Ministry of Interior, LGO= Local government organization, AoT= Airport Authority of Thailand, CAAT=Civil Aviation Authority of Thailand, DEDE=Department of Alternative Energy Development and Efficiency, DoA= Department Of Agriculture

8.1 แผนปฏิบัติการส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานอย่างยั่งยืน

แผนปฏิบัติการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานอย่างยั่งยืนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดทิศทางการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศของประเทศสำหรับ

8.1 Sustainable Plan for Promotion of Biojet

The Sustainable Biofuels Promotion Plan aims to determine the directions for promoting the use of biojet for all

ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็น 3 มิติที่สำคัญได้แก่ ด้านวัตถุดิบ ด้านเทคโนโลยี และด้านนโยบายส่งเสริม ซึ่งในแผนปฏิบัติการนี้ประกอบด้วยรายละเอียดกิจกรรมที่จะดำเนินการส่งเสริมในแต่ละมิติ โดยนำผลการวิเคราะห์ SWOT เพื่อเสริมจุดแข็ง ลดจุดด้อย เพิ่มโอกาส และจัดการกำข้อกำจัดที่เกิดขึ้นทั้งภายนอกและภายใน และมีตัวชี้วัดความสำเร็จ รวมถึงงบประมาณที่คาดว่าจะใช้สำหรับดำเนินการ ตลอดจนหน่วยงานที่รับผิดชอบ รายละเอียดของแผนปฏิบัติการแสดงดัง **ตารางที่ 5**

relevant sectors by dividing into 3 important dimensions including raw materials, technology, and the promotion policy. In this action plan, there are details of activities to be implemented in each dimension. By using the SWOT analysis results to put forward the strengths, reduce the weaknesses, increase the opportunities, and manage the threats from both external and internal factors with indicators of success including the budget that is expected to be used for the operations as well as the responsible organizations. Details of the action plan are shown in **Table 5**.

ตารางที่ 5 แผนปฏิบัติการส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานอย่างยั่งยืน
Table 5 Sustainable biojet promotion and action plans

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะสั้น-กลาง Short-medium terms (for year 20..)							ระยะยาว Long term (for year 20..)										ตัวชี้วัด Metric	ผู้รับผิดชอบ Responsible organization
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
1. ด้านวัตถุดิบ/ Raw Materials																				
1.1	การศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดตั้งคณะกรรมการกำกับและจัดการพืชพลังงาน และการจัดตั้งตลาดซื้อขายล่วงหน้าพืชพลังงาน Feasibility Study for Establishment of Control and Management Committee for Energy Crops and for Establishment of Futures Market for Energy Crops								■	■	■	■							องค์ประกอบ บทบาท อำนาจหน้าที่และวิธีการจัดตั้งคณะกรรมการ และตลาดซื้อขายล่วงหน้า Components, roles, authorities, duties and procedures for establishing the committee and the energy crops futures market	พพ. DEDE
1.2	การศึกษาการจัดทำโซนนิ่งพื้นที่เพาะปลูกพืชพลังงาน การบริหารจัดการและการจัดตั้งชุมชนเพื่อการเพาะปลูกพืชพลังงาน A Study on Energy Crop Zoning and Management & Establishment of Energy Crop Cultivation Communities								■	■	■	■							โซนนิ่งพืชพลังงาน สัดส่วนพืชพลังงาน/พืชอาหาร Energy crop zoning, proportion of energy and food crops	พพ., กษ., มท. DEDE, MoA, MoIn
1.3	การศึกษาความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการส่งเสริมพืชพลังงานในพื้นที่ความมั่นคง และพื้นที่เสื่อมสภาพ Feasibility study of Energy Crop Cultivation Promotion in Security and Deteriorated Areas										■	■	■	■	■	■			พื้นที่เป้าหมายที่จะกำหนดเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืชพลังงาน The target areas that will be designated promotion areas for energy crop cultivation	พพ., กษ., มท., กห., ทส. DEDE, MoA, MoI, MoD, MoN
1.4	การพัฒนาสายพันธุ์ วิธีการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวพืชพลังงาน เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไร่ ลดต้นทุน เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร รวมถึงการพัฒนาสายพันธุ์สำหรับพื้นที่เสื่อมสภาพหรือพื้นที่รกร้าง (ปาล์ม อ้อยและมันสำปะหลัง) Varieties development Methods of cultivation and harvesting of energy crops to increase productivity per area, reduce costs, increase income for farmers Including varieties development for deteriorated or wasteland areas (palm, sugarcane and cassava)								■	■	■	■	■	■	■	■	■	สายพันธุ์ การเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวพืชพลังงานที่มีผลผลิตสูง Varieties, cultivation and harvesting of high-yield energy crops	กวก., กษ. DoA, MoA
1.5	การพัฒนาสายพันธุ์ วิธีการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวพืชพลังงานทางเลือก (สบู่ดำ สาหร่าย ฯลฯ) Varieties development Methods of cultivation and harvesting of alternative energy crops (jatropha, algae, etc.)											■	■	■	■	■			สายพันธุ์ การเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวพืชพลังงานทางเลือก Varieties, cultivation and harvesting of alternative energy crops	กวก., กษ., อว. DoA, MoA, MHESI
1.6	การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักร หุ่นยนต์และระบบอัจฉริยะในการควบคุมดูแลการผลิตพืชพลังงานครบวงจร Machinery research and development of robots and intelligent systems to control the production of integrated energy crops								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	เครื่องจักร หุ่นยนต์และระบบอัจริยะ Machinery, robots, and intelligent systems	พพ., สนพ., อว. DEDE, DEP, MHESI
1.7	การศึกษาการบังคับ ส่งเสริมและสนับสนุนการคัดแยกขยะจากต้นทาง เพื่อลดค่าใช้จ่ายและต้นทุนการนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ A study of mandatory guidelines, promotion and support for the classification of waste from the source in order to reduce the costs and costs of producing biofuels											■	■	■	■				แนวทางการบังคับ ส่งเสริมและสนับสนุน Mandatory guidelines, promotion and support	พพ., กทม., อปท. มท. DEDE, City of Bangkok, LGO, MoIn

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะสั้น-กลาง Short-medium terms (for year 20..)							ระยะยาว Long term (for year 20..)										ตัวชี้วัด Metric	ผู้รับผิดชอบ Responsible organization
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
1.8	การศึกษาวิธีการรวบรวมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแบบครบวงจร Study of integrated agricultural waste collection methods																		วิธีการรวบรวมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ต้นทุนค่าแรงที่เหมาะสม Methods of collecting agricultural waste, appropriate labor costs	พพ., กษ., อปท. DEDE, MoA, LGO
1.9	การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรและระบบอัจฉริยะ สำหรับคัดแยกขยะแบบครบวงจร Research and development of integrated intelligent machines and systems for waste classification																		เครื่องจักรคัดแยกขยะ Waste classification equipment	อว., พพ. MHESI, DEDE
1.10	การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรและระบบอัจฉริยะ สำหรับเก็บรวบรวมเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร Research and development of intelligent machines and systems for collecting agricultural waste																		เครื่องจักรรวบรวมเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร Machinery for collecting agricultural waste	อว., พพ. MHESI, DEDE
2. ด้านเทคโนโลยี / Technology																				
2.1	การศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานแบบใหม่ และผลักดันให้ได้รับการรับรองจาก ICAO Study and development of new aircraft biofuel production technology for the ICAO certification																		เทคโนโลยีใหม่ที่เป็นองค์ความรู้และสิทธิบัตรของประเทศ New technologies and patents developed in the Thailand	พพ., อว. DEDE, MHESI
2.2	การวิจัยและพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาจากวัสดุภายในประเทศ เพื่อการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน สำหรับเทคโนโลยีที่ได้รับการรับรองจาก ICAO แล้ว Research and development of catalysts from domestic materials for biojet production from ICAO-certified technology																		ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผลิตในประเทศไทย Catalysts produced in Thailand	พพ., อว. DEDE, MHESI
2.3	การพัฒนาหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการ เพื่อเตรียมความพร้อมบุคลากรสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน โดยใช้ทรัพยกรจากหน่วยงานที่เคยได้รับทุนวิจัยจากกองทุนฯ Workshop curriculum development to prepare personnel for the production of biojet using resources from organizations that have previously received research grants																		หลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการ Workshop curriculum	พพ., อว. DEDE, MHESI
2.4	การอบรมเชิงปฏิบัติการบุคลากรเพื่อรองรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน Personnel training to support the production of biojet																		จำนวนบุคลากรที่ได้รับประกาศนียบัตร Number of participants who have received a certificate	พพ., อว. DEDE, MHESI
2.5	การศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีการจัดเก็บและระบบจัดส่งเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของเชื้อเพลิงหลังการผลิต A research of storage technology and biojet delivery systems and factors affecting the properties of post-production fuels																		เทคโนโลยีการเก็บเชื้อเพลิงที่เหมาะสม Appropriate fuel storage technology	พพ., อว. DEDE, MHESI
2.6	การสร้างความเชื่อมั่นการใช้งานเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานที่ผลิตได้ในประเทศโดยการทดสอบกับเครื่องยนต์ของเครื่องบิน Confidence building for the use of locally produced biojet by testing with aircraft engines																		ผลการทดสอบการใช้งานกับเครื่องยนต์จริง Test results of the actual engine	พพ.,กห. DEDE, MoD

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะสั้น-กลาง Short-medium terms (for year 20..)							ระยะยาว Long term (for year 20..)										ตัวชี้วัด Metric	ผู้รับผิดชอบ Responsible organization
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
2.7	การสร้างความเชื่อมั่นการใช้งานเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานที่ผลิตได้ในประเทศโดยการทดลองบินจริง Confidence building for the use of locally produced biofuels by actual flight testing																		ผลการทดสอบการใช้งานกับเครื่องบินจริง Test results of the actual aircraft	พพ.,กห. DEDE, MoD
2.8	การศึกษาและจัดทำแผนงานเพื่อเตรียมโครงสร้างพื้นฐานรองรับการจำหน่ายและการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน Study and preparation of a work plan to prepare the infrastructure to support the sale and use of biojet																		ผลการศึกษาและแผนปฏิบัติการ Study results and action plans	พพ., ทอท., กพท. MoEN, AoT, CAAT
2.9	การจัดตั้งเครือข่ายการผลิตและทดสอบเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานระดับภูมิภาคเอเชียตะวันออกเชียงใต้แบบครบวงจร The establishment of a fully integrated biojet production and testing network for Southeast Asia																		ศูนย์ทดสอบน้ำมันชีวภาพ Biofuel testing center	พพ., อว. DEDE, MHESI
2.10	การประเมินวัฏจักรชีวิตของวัตถุดิบแต่ละชนิดสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในประเทศ Life cycle assessment of each type of raw material for domestic biojet production																		ผลกระทบของวัตถุดิบแต่ละชนิด The effects of each type of raw materials	พน.,ทส. MoEN, MoN
3. ด้านนโยบาย / Policy																				
3.1	การสาธิตและนำร่องการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานที่ผลิตได้เองผ่านหน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานในกำกับ Demonstration and pilot use of self-produced biojet through government agencies or regulatory agencies																		มีการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในหน่วยงานภาครัฐ The use of aircraft biofuels in government agencies	พน., กห. MoEN, MoD
3.2	การศึกษาภาพรวมของผลกระทบในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานต่อประเทศไทย An overview study of the impact of biojet use on Thailand																		ผลกระทบเชิงบวกและเชิงลบในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในประเทศไทย Positive and negative effects on the use of biojet in Thailand	พน., พณ. MoEN, MoC
3.3	การนำประเทศเข้าเป็นหนึ่งในคณะทำงานของ ICAO และ CORSIA Pushing Thailand to be a member of the working groups of ICAO and CORSIA																		ตัวแทนใน ICAO และ CORSIA Representatives in ICAO and CORSIA	กพท, คค. CAAT, MoT
3.4	การกำหนดนโยบาย เป้าหมาย และกรอบระยะเวลาที่ชัดเจนในการผลักดันมาตรการในการลดคาร์บอนไดออกไซด์ ภาคอากาศยาน รวมทั้งการกำหนดเป็นระเบียบบังคับ และบทลงโทษ Establishing clear policies, targets, and a time frame for driving carbon dioxide reduction measures in the aviation sector, including establishing regulations and penalties Change the relevant regulations to promote biojet																		นโยบาย เป้าหมายและกรอบดำเนินการที่ชัดเจน Clear policies, targets and operational framework	กพท. CAAT
3.5	แก้ไขกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องในการส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน Change the relevant regulations to promote biojet																		ไม่มีกฎระเบียบที่เป็นอุปสรรคต่อการส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน no regulations that hinder the promotion of biojet	ทุกหน่วยงาน All

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะสั้น-กลาง Short-medium terms (for year 20..)							ระยะยาว Long term (for year 20..)										ตัวชี้วัด Metric	ผู้รับผิดชอบ Responsible organization
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
3.6	การส่งเสริมและผลักดันให้มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานกับสายการบินภายในประเทศ Promoting and encouraging the use of biojet for domestic airlines																		มีการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานกับเที่ยวบินภายในประเทศ The use of biojet with domestic flights	พน., ทอท., กพท. MoEN, AoT, CAAT
3.7	การลดภาษีสนามบิน/ภาษีน้ำมันสำหรับสายการบินที่ใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน Airport tax/fuel tax reduction for airlines using biojet																		ภาษี ค่าธรรมเนียมและสิทธิพิเศษที่มอบให้สายการบิน Taxes, fees and special privileges granted to airlines	พน., ทอท., กพท. MoEN, AoT, CAAT
3.8	การจัดตั้งคณะกรรมการระดับภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพื่อการบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานของภูมิภาค Establishment of the Southeast Asian Committee for Regional Biofuels Management																		คณะกรรมการซึ่งเป็นตัวแทนของแต่ละประเทศ Committee composed of representatives of Southeast Asian countries	พน. MoEN
3.9	การพัฒนาประเทศให้เป็นศูนย์กลางด้านการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ Promoting Thailand to be the center for biojet production in Southeast Asia																		มีการจำหน่ายเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานให้กับสายการบินที่ต้องการ Biojet sold to the desired airlines	พน. MoEN

หมายเหตุ พน. = กระทรวงพลังงาน ทอท = การท่าอากาศยานไทย กพท. = สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย พพ. = กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน มท. = กระทรวงมหาดไทย อก. = กระทรวงอุตสาหกรรม กษ. = กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
พณ. = กระทรวงพาณิชย์ กห. = กระทรวงกลาโหม ทส. = กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม อว. = กระทรวงอุดมศึกษา วิจัยและนวัตกรรม กรก. = กรมวิชาการเกษตร อปท. = องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น คค. = กระทรวงคมนาคม

Note: MoEN=Ministry of Energy, MoI=Ministry of Indristry, MoC=Ministry of Commerce, MoA= Ministry of Agriculture and Cooperatives, MoT= Ministry of Transportation, MoD= Ministry of Defense, MHESI= Ministry of Higher Education, Sciences and Innovation, MoN= Ministry of Natural Resources and Environment, MoIn= Ministry of Interior, LGO= Local government organization, AoT= Airport Authority of Thailand, CAAT=Civil Aviation Authority of Thailand, DEDE=Department of Alternative Energy Development and Efficiency, DoA= Department Of Agriculture

8.2 ข้อเสนอแนะแนวทางการจัดการสนับสนุนการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานเชิงพาณิชย์

จากแผนการลงทุนเชิงพาณิชย์ที่กล่าวมาข้างต้น ที่ปรึกษาได้นำมาวิเคราะห์ต่อเนื่องถึงแนวทางการลงทุนหรือส่งเสริมสนับสนุนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานสำหรับผู้ลงทุน โดยพิจารณาความพร้อมของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานภายในประเทศไทย โดยสรุปสามารถพิจารณาความเป็นไปได้ใน 3 ประเด็น คือ

1. ผลิตเองจากเทคโนโลยี และองค์ความรู้ที่มีอยู่ในประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยมีวัตถุดิบหลากหลายที่สามารถนำไปผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานได้ รวมถึงมีการวิจัยและต้นแบบการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพในหลายหน่วยงาน

2. ซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานจากต่างประเทศเข้ามาผสมน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานที่ผลิตได้ในประเทศ ซึ่งน้ำมันอากาศยานเป็นน้ำมันที่เปิดเสรีในการจำหน่าย สามารถซื้อจากผู้ผลิตรายใดก็ได้ทั้งในและต่างประเทศ

3. ซื้อเทคโนโลยีการผลิตจากต่างประเทศที่ ICAO รับรอง เพื่อมาลงทุนสร้างโรงงานผลิตในประเทศ ซึ่งมีบริษัทผู้ผลิตเทคโนโลยีจำหน่ายหลายราย

ในส่วนมาตรการส่งเสริมและสนับสนุนการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานในเชิงพาณิชย์ จากแผนปฏิบัติการส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานอย่างยั่งยืน มีมาตรการส่งเสริมและสนับสนุนการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานเชิงพาณิชย์ 2 มาตรการ ได้แก่

1) การลดภาษีสนามบินและหรือภาษีน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับสายการบินที่ใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานตามข้อเสนอของผู้ประกอบการสายการบิน

2) การส่งเสริมและผลักดันให้มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานกับสายการบินภายในประเทศ

โดยมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับภาษีน้ำมันเชื้อเพลิงคือ พระราชบัญญัติภาษีสรรพสามิต พ.ศ. 2527 ที่ได้กำหนดไว้ทั้งแบบอัตราภาษีตามมูลค่า และ/หรืออัตราภาษีตามปริมาณตามแต่ประเภทของสินค้า ปัจจุบันอัตราภาษีน้ำมัน

8.2 Suggestions for management methodology to support the use of commercial biojet

From the above mentioned commercial investment plans, investment guidelines or supports for the production of biojet for investors have accordingly analyzed considering the readiness of technology for producing biojet in Thailand. These can be summarized in 3 possibilities:

(1) In-house (domestic) production from technology and knowledge available in Thailand due to the varieties of raw materials that can be used to produce biojet including research and prototype of biofuel production in many organizations

(2) Procurement of biojet from abroad to mix with the biojet produced in Thailand. Since the biojet can be freely traded, and can be purchased from any manufacturers both domestic and abroad.

(3) Purchase foreign production technology that is approved by ICAO in order to invest in a manufacturing plant in the country in which there are many technology suppliers

In terms of measures to promote and support the commercial use of biojet, from a sustainable biofuels promotion plan for aircraft, there are 2 measures to promote and support the use of commercial biojet, which are:

(1) Reducing airport taxes and or fuel taxes for airlines using biojet as proposed by the airline operators

(2) Promoting and encouraging the use of biojet for domestic flights

With laws related to fuel taxes,

และผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ใช้อยู่คือ อัตราภาษีตามมูลค่า 0% - 36% และอัตราภาษีตามปริมาณ 0 - 7 บาท/หน่วย

namely The Excise Tax Act B.E. 2527 (1984) which has been specified in both the tax form by value and/or tax by quantity according to type of products. Currently, the oil and oil product taxes are at 0% - 36% and tax by volume 0 - 7 baht / unit.

9. การจัดสัมมนาเผยแพร่ผลการศึกษา

ในการดำเนินงานที่ปรึกษาฯ ได้จัดประชุมเพื่อระดมความคิดเห็น และจัดสัมมนาเพื่อเผยแพร่ผลการศึกษาต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้งภาครัฐ หน่วยงานด้านการวิจัย และภาคเอกชนที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดมีดังนี้

9.1 การประชุมเพื่อระดมความคิดเห็น

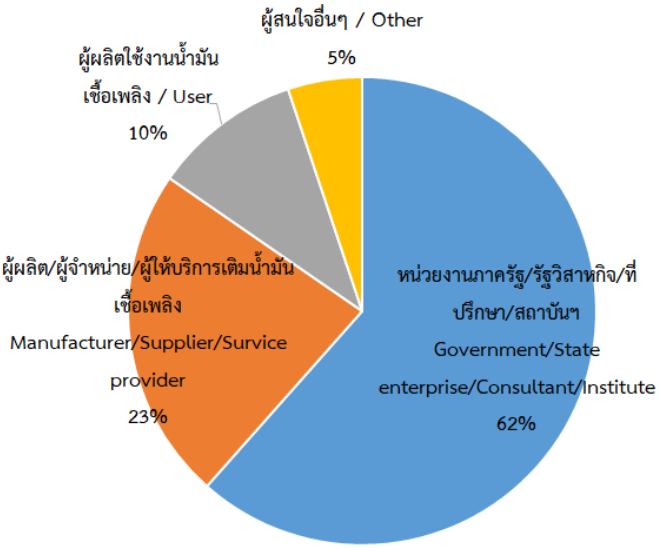
ภายหลังจากจัดทำร่างแนวทางการส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานแล้วเสร็จ ที่ปรึกษาได้จัดประชุมเพื่อระดมความคิดเห็น โดยเชิญหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้าร่วมการประชุมดังกล่าว ณ ห้องประชุมบุญรอด-นิธิพัฒน์ ชั้น 11 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เมื่อวันพุธที่ 5 กุมภาพันธ์ 2563 มีผู้เข้าร่วมประชุมจำนวน 39 คนแบ่งตามกลุ่มต่างๆ ได้ดัง**รูปที่ 8**

9. Seminar to disseminate the results of the study

In this project, a brainstorming meeting with stakeholders was organized as well as a seminar to disseminate the results of studies to all stakeholders and related organizations including government, research agencies and private sectors. The summaries are as follows:

9.1 Stakeholders' Brainstorming Meeting

After completing the draft guidelines for the promotion of biojet, brainstorming meeting with stakeholders organized to gather ideas and comments. The meeting was held at Boon Rawd-Nithiphat conference room, 11th floor, Department of Alternative Energy Development and Efficiency on Wednesday February 5, 2020. There were 39 participants in the meeting, divided into various groups, as shown in **Figure 8**.



รูปที่ 8 สัดส่วนของผู้เข้าร่วมประชุมระดมความคิดเห็น
Figure 8 various group of participants in the meeting

จากการจัดประชุมระดมความคิดเห็นสามารถสรุปประเด็นข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เข้าร่วมร่วมประชุมที่เป็นประโยชน์ดังนี้

1) ควรเพิ่มการวิเคราะห์ TOWS Matrix เพื่อหากลยุทธ์ในการส่งเสริมสนับสนุน

2) ควรมีนโยบายส่งเสริมจากภาครัฐ หากปล่อยให้เอกชนดำเนินธุรกิจเองอาจจะไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจากราคาน้ำมันชีวภาพอากาศยานสูงกว่าน้ำมันอากาศยานทั่วไปมาก

3) การใช้งานน้ำมันชีวภาพอากาศยานมีความเป็นไปได้ด้านความมั่นคง เนื่องจากไม่ได้คำนึงถึงการแข่งขันด้านราคา

4) หากมีความร่วมมือกันระหว่างกลุ่มประเทศอาเซียนควบคู่ไปด้วย อาจจะมีความเป็นไปได้มากกว่าการดำเนินนโยบายในประเทศเพียงอย่างเดียว

5) ภาครัฐควรออกมาตรการส่งเสริมในการให้แรงจูงใจมากกว่ามาตรการด้านภาษีที่จะอาจจะต้องลงทุนสูง

From the brainstorming meeting, the ideas, opinions, and suggestions of the participants can be summarized as follows:

1) TOWS Matrix Analysis should be added to identified strategies to promote and support.

2) There should be a policy from the government to promote the use of biojet since the private sectors will not be able to run their own businesses with biojet while the price of aviation biofuel is higher than regular jet fuel.

3) The use of biojet is possible for trading security without considering the price competition.

4) If there is cooperation among ASEAN countries, there would be the better feasibility than implementation with only domestic policies.

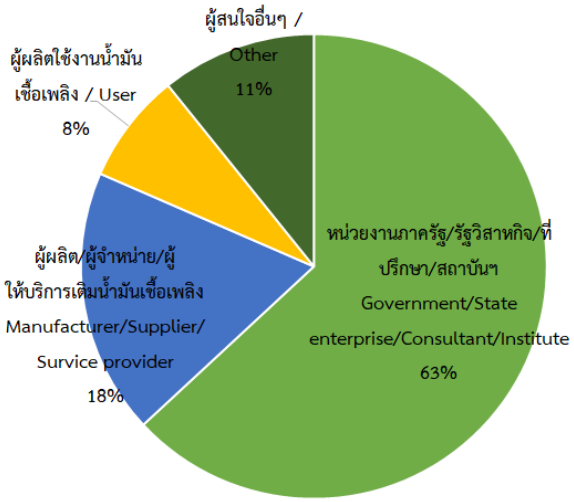
5) The government should issue measures to encourage rather than tax measures that may require high investment.

9.2 การสัมมนาเผยแพร่ผลการศึกษา

ภายหลังจากจัดประชุมระดมความคิดเห็น ที่ปรึกษาได้นำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงผลการศึกษาและจัดทำร่างแนวทางการส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยานเพื่อนำเสนอต่อผู้เกี่ยวข้องอีกครั้ง โดยที่ปรึกษาได้จัดสัมมนาเผยแพร่ผลการศึกษา โดยมีตัวแทนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย ผู้ใช้งาน และหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง การจัดสัมมนาจัดขึ้นในวันพุธที่ 19 กุมภาพันธ์ 2563 ณ โรงแรม เดอะทวินทาวเวอร์ กรุงเทพฯ มีผู้เข้าร่วมประชุมจำนวน 65 คน แบ่งตามกลุ่มต่างๆ ได้ดัง**รูปที่ 9**

9.2 Seminar to disseminate the results of the study

After the brainstorming meeting, the resultant suggestions were used to improve the study results and guidelines for the promotion of biojet to be presented to the related organization by conducting a formal seminar held on Wednesday 19 February 2020. There were 65 participants in the meeting, divided into various groups, as shown in **Figure 9.**



รูปที่ 9 สัดส่วนของผู้เข้าร่วมสัมมนาเผยแพร่ผลการศึกษา
Figure 9 various group of participant of the seminar

จากการจัดสัมมนาเผยแพร่ผลการศึกษาสามารถสรุปประเด็นข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เข้าร่วมร่วมประชุมที่เป็นประโยชน์ดังนี้

1) ภาครัฐควรเป็นผู้ส่งเสริมสนับสนุนการใช้น้ำมันอากาศยานชีวภาพ และกำหนดเป็นแผนการส่งเสริมที่ชัดเจน เนื่องจากภาคเอกชนต้องการการขับเคลื่อนจากภาครัฐ

2) ควรมีการบรรจุน้ำมันชีวภาพอากาศยานในแผนพลังงานของประเทศ และจัดทำแผนแม่บทการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพอากาศยาน

The summaries of the opinions and suggestions of the attendees are as follows:

1) The government should promote and support the use of biojet and define a clear promotion plan because the private sectors need the drive from the government.

2) The subject of biojet should be included in the country's energy plan and the government should make a master plan for the use of biojet.