การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืน ด้วยเทคโนโลยีการสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์ สำหรับประเทศไทย

A Feasibility Study of Investment on Sustainable Aviation Fuel Using Alcohol-to-jet Synthetic Paraffinic Kerosene (ATJ-SPK) Technology for Thailand

จิตรเทพ เนื่องจำนงค์[1] และฆนัทนันท์ ทวีวัฒน์[2]

Jittathep Nuengjamnong[1] and Kanatnan Thaweewat[2]

คณะเศรษฐศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี

Faculty of Economics at Sriracha, Kasetsart University Sriracha Campus, Chonburi Province

E-mail: jittathep.n@ku.th

Received: 2025-6-10**; Revised:** 2025-10-28**; Accepted:** 2025-10-30

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ 1) ด้านตลาด 2) ด้านเทคนิค และ 3) ด้านการเงิน ของการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วยเทคโนโลยีการสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์ สำหรับประเทศไทย โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์เชิงลึก และข้อมูลทุติยภูมิศึกษารวบรวมจากเอกสารที่เกี่ยวข้องของภาครัฐและภาคเอกชน ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์เชิงพรรณนาและเชิงปริมาณโดยใช้เครื่องมือทางการเงินที่มีการปรับมูลค่าเงินตามเวลา ผลการศึกษาพบว่า 1) มีความเป็นไปได้ทั้งทางด้านตลาด เนื่องจากตลาดเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนทั่วโลกมีการเติบโตอย่างรวดเร็วจากนโยบายและข้อกำหนดการส่งเสริม ReFuelEU Aviation และอัตราการเติบโตของปริมาณการผลิตไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการที่มากขึ้นถึง 449 พันล้านลิตรในปี ค.ศ. 2050 2) มีความความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค เนื่องจากมีเทคโนโลยีการผลิตที่สามารถผลิตได้จริงในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้ต้นทุนในการลงทุน 10,419,992,067 บาท ต้นทุนการดำเนินงานและการผลิต 1,656,363,682 บาทต่อปี รวมถึงมีแหล่งวัตถุดิบที่ใช้ผลิตเอทานอลในประเทศเพียงพอ และ 3) มีความความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน เนื่องจากเมื่อกำหนดอายุโครงการ 25 ปี ต้นทุนเงินทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (WACC) เท่ากับร้อยละ 9.23 ทำให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 30,124,462,544 บาท ดัชนีความสามารถในการทำกำไร (PI) เท่ากับ 3.89 เท่า อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับร้อยละ 29.38 อัตราผลตอบแทนภายในที่มีการปรับค่าแล้ว (MIRR) เท่ากับร้อยละ 15.33 สรุปได้ว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน แต่อย่างไรก็ตามสาเหตุที่โครงการนี้ผลตอบแทนค่อนข้างสูง เนื่องจากราคาเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนสูงกว่าเชื้อเพลิงอากาศยานจากฟอสซิลถึง 3 เท่า ดังนั้น ในอนาคตหากราคาขายมีแนวโน้มปรับลดลงตามกลไกตลาด โครงการนี้ยังคงสามารถรับการเปลี่ยนแปลงด้านผลตอบแทนได้ โดยหากราคาเฉลี่ยในปัจจุบัน 67.96 บาทต่อลิตร ลดลงเหลือ 57.16 บาทต่อลิตร โครงการก็ยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุน

คำสำคัญ: การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ, เชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืน, การสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์, การลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืน

Abstract

The study aimed to: 1) Market Feasibility Study, (2) Technical Feasibility Study, and (3) Financial Feasibility Study of investment on sustainable aviation fuel using alcohol-to-jet synthetic paraffinic kerosene (ATJ-SPK) technology for Thailand, The research methodology involved primary data collection through in-depth interviews and secondary data obtained from relevant government and private sector documents. The data were analyzed using descriptive and quantitative methods, including financial tools that incorporate time value of money adjustments. The results revealed feasibility across all three aspects. In terms of market feasibility, the global sustainable aviation fuel market is expanding rapidly, driven by policies and mandates such as ReFuelEU Aviation. However, the current production growth remains insufficient to meet the projected demand of 449 billion liters by 2050. In terms of technical feasibility, the production technology is proven at an industrial scale, requiring an initial investment of 10,419,992,067 Baht and annual operating and production costs of 1,656,363,682 Baht. Additionally, domestic ethanol feedstock is sufficiently available. In terms of financial feasibility, assuming a 25-year project lifespan and a Weighted Average Cost of Capital (WACC) of 9.23%, the project yields a Net Present Value (NPV) of 30,124,462,544 Baht, a Profitability Index (PI) of 3.89, an Internal Rate of Return (IRR) of 29.38%, and a Modified Internal Rate of Return (MIRR) of 15.33%, indicating strong investment potential. However, the high returns are largely due to sustainable aviation fuel prices being approximately three times higher than fossil-based aviation fuel. Therefore, even if the market-driven price decreases from the current average of 67.96 Baht/liter to 57.16 Baht/liter, the project would remain financially viable.

Keywords: Feasibility study, Sustainable Aviation Fuel (SAF), Alcohol -to-Jet Synthetic Paraffinic Kerosene (ATJ-SPK), Investment on Sustainable Aviation Fuel

บทนำ

การปฏิวัติอุตสาหกรรมในช่วงศตวรรษที่ 18 เป็นจุดเริ่มต้นของการเติบโตทางเศรษฐกิจที่พึ่งพาการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล อย่างหนักหน่วง ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลักดันให้โลกเข้าสู่ ภาวะโลกเดือด (World Meteorological Organization, 2023) ซึ่งก่อให้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่รุนแรงและบ่อยครั้งขึ้น ด้วยเหตุนี้ การประชุมรัฐภาคีจึงมีข้อตกลงร่วมกันเพื่อควบคุมอุณหภูมิโลกไม่ให้เพิ่มขึ้นเกิน 1.5 องศาเซลเซียส และเรียกร้องให้ทุกประเทศลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและเพิ่มสัดส่วนพลังงานทดแทน โดยกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างชัดเจน (United Nations, 2023) ส่งผลให้ประเทศไทยต้องเร่งดำเนินมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกภาคอุตสาหกรรมเพื่อบรรลุ Thailand Carbon Neutrality Goal 2050

อุตสาหกรรมการบินเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมสำคัญที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณสูง เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานจากฟอสซิล แม้ความพยายามในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะมีมาอย่างต่อเนื่อง แต่การเติบโตของอุตสาหกรรมทำให้การปล่อยคาร์บอนรวมยังคงเพิ่มขึ้น องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) จึงกำหนดเป้าหมายระยะยาวในการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมการบินระหว่างประเทศสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Fly Net Zero 2050) ภายในปี ค.ศ. 2050 โดยอาศัย

เชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืน (Sustainable Aviation Fuel: SAF) เป็นหัวใจสำคัญ ซึ่งสามารถลดการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตได้มากถึงร้อยละ 73 ถึง 99 เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล และยังสามารถใช้งานร่วมกับเครื่องบินได้ทันที (Drop in Fuel) โดยไม่ต้องเปลี่ยนเครื่องยนต์ (วิจัยกรุงศรี, 2567ก)

สำหรับการผลิต SAF ในประเทศไทย ขณะนี้เริ่มมีการลงทุนโดยใช้เทคโนโลยีจากน้ำมันใช้แล้ว (HEFA-SPK) แต่เมื่อพิจารณาถึงศักยภาพของประเทศเกษตรกรรม จึงพบว่ายังมีอีกเทคโนโลยีที่มีความพร้อมในเชิงพาณิชย์และเหมาะสมกว่า คือ เทคโนโลยีการผลิตจากแอลกอฮอล์ (Alcohol to Jet: ATJ-SPK) ซึ่งใช้วัตถุดิบหลักคือ เอทานอล ที่ผลิตจากพืชพลังงานที่มีปริมาณมากในประเทศ เช่น อ้อยและมันสำปะหลัง การเลือกใช้เทคโนโลยี ATJ-SPK นี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้าง Green Economy และ Circular Bioeconomy ของประเทศ เพราะนอกจากจะช่วยตอบสนองความต้องการเชื้อเพลิงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังสามารถสร้างประโยชน์ต่อภาคการเกษตรและเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ที่ ปริมาณการผลิต SAF ทั่วโลกยังไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการที่คาดว่าจะสูงถึง 449 พันล้านลิตรในปี ค.ศ. 2050 อันเป็นโอกาสสำคัญสำหรับประเทศไทยในการเป็นผู้ผลิต

ด้วยเหตุนี้ การศึกษานี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วยเทคโนโลยี ATJ-SPK สำหรับประเทศไทย โครงการดังกล่าวเป็นโครงการใหม่ที่ต้องใช้เงินลงทุนสูงมาก ดังนั้น ก่อนการตัดสินใจลงทุนจึงจำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์อย่างรอบด้าน โดยใช้ กรอบแนวคิดการศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study Framework) ซึ่งครอบคลุมเครื่องมือการวิเคราะห์หลักสองด้าน คือ Techno-Economic Analysis (TEA) เพื่อประเมินความคุ้มค่าด้านเทคนิคและการเงิน และ Life Cycle Assessment (LCA) เพื่อเสริมความเข้าใจด้านความยั่งยืนเชิงสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์นี้จึงมุ่งเน้นการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนอย่างครอบคลุมทั้งทางด้านตลาด ด้านเทคนิค และด้านการเงิน เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินความเหมาะสมของการลงทุน รวมถึงตอบคำถามวิจัยที่ชัดเจน: หากราคาขาย SAF ลดลงจากราคาเฉลี่ยปัจจุบันที่ 67.96 บาทต่อลิตร โครงการจะยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุนได้ที่ระดับราคาต่ำสุดเท่าใด

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านตลาดของการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วยเทคโนโลยีการสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์ สำหรับประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคของการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วยเทคโนโลยีการสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์ สำหรับประเทศไทย
3. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงินของการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วยเทคโนโลยีการสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์ สำหรับประเทศไทย

การทบทวนวรรณกรรม

1. แนวคิดการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ (Feasibility Study) คือ การวิเคราะห์และประเมินโครงการอย่างครอบคลุมเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจลงทุน โดยมุ่งเน้นการเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนที่คาดการณ์เพื่อนำไปสู่โครงการที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริงและให้ผลตอบแทนคุ้มค่าสูงสุด (ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ, 2542) การศึกษานี้จะวิเคราะห์ความเป็นไปได้ 3 ด้าน ที่สัมพันธ์กัน ด้านตลาด เพื่อวิเคราะห์อุปสงค์และอุปทานและประเมินความเสี่ยงในการเข้าสู่ตลาด ด้านเทคนิค เพื่อคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโครงการ โดยพิจารณาประสิทธิภาพ ขอบเขต และการจัดหาวัตถุดิบ (อ้างอิงการศึกษาของ Sheldon et al., 2024 ซึ่งศึกษาเทคโนโลยี ATJ-SPK ที่ใช้วัตถุดิบเอทานอล) และ ด้านการเงิน เพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินและประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน โดยใช้เครื่องมือทางการเงินที่มีการปรับมูลค่าเงินตามเวลา

(Time Value of Money) ได้แก่ NPV, PI, IRR, MIRR และการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (SVT) เพื่อให้สามารถตัดสินใจลงทุนได้อย่างถูกต้อง (จุไร ทัพวงษ์ และคณะ, 2555)

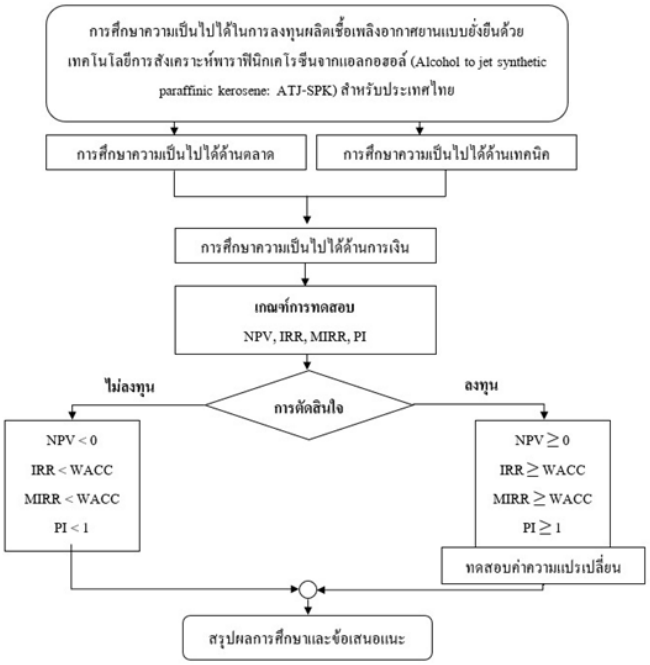
2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบเทคโนโลยี SAF ปัจจุบัน การผลิต เชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืน (SAF) มีหลายเส้นทางเทคโนโลยีที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน แต่ละรูปแบบมีจุดแข็งและข้อจำกัดที่ส่งผลต่อต้นทุนการผลิต (Capital Intensity) และศักยภาพในการลดคาร์บอน (Carbon Intensity: CI) เทคโนโลยีที่ ครองตลาดโลก (>90%) คือ HEFA-SPK (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) ซึ่งมีข้อได้เปรียบด้าน Capital Expenditure (Capex) ต่ำ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่พร้อมใช้ แต่มี ข้อจำกัดด้านวัตถุดิบ (น้ำมันพืชใช้แล้วและไขมันสัตว์) ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการขยายกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการ 449 พันล้านลิตรในปี ค.ศ. 2050 (IEA, 2021) ในขณะที่เทคโนโลยี FT-SPK (Fischer-Tropsch) และ ATJ-SPK (Alcohol-to-Jet) เป็นทางเลือกที่กำลังเติบโต โดย ATJ-SPK มี ต้นทุนการลงทุนปานกลาง (ต่ำกว่า FT-SPK) และให้ศักยภาพการลดคาร์บอนที่น่าพอใจเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล (ICCT, 2025)

3. ช่องว่างองค์ความรู้ (Knowledge Gap) และเหตุผลในการเลือก ATJ-SPK การศึกษาที่มีอยู่ยังขาดการวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับ ATJ-SPK ในบริบทของประเทศไทย การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นเทคโนโลยีนี้เพื่อเติมเต็มช่องว่างองค์ความรู้ เนื่องจาก ATJ-SPK มีความเหมาะสมเชิงกลยุทธ์กับประเทศไทยซึ่งเป็นฐานการผลิต เอทานอล จากพืชเกษตรพลังงาน (อ้อย/มันสำปะหลัง) ที่มีปริมาณมากอย่างต่อเนื่อง การลงทุนนี้จึงเป็นโอกาสในการสร้าง Circular Bioeconomy และรับประกันความมั่นคงของวัตถุดิบ (Feedstock Security) ในระยะยาว ซึ่งตอบโจทย์การขยายกำลังการผลิตได้อย่างยั่งยืน การใช้ Techno-Economic Analysis (TEA) และ Life Cycle Assessment (LCA) ในการประเมินนี้จึงเป็นการยืนยันความคุ้มค่าและความยั่งยืนของ ATJ-SPK ในบริบทเศรษฐกิจพลังงานใหม่ของประเทศไทยอย่างสมบูรณ์ที่สุด

สรุป การทบทวนวรรณกรรมเน้นที่การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ (Feasibility Study) ทั้ง 3 ด้าน (ตลาด เทคนิค การเงิน) สำหรับโครงการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืน (SAF) แม้เทคโนโลยี HEFA-SPK จะครองตลาด แต่มีข้อจำกัดด้านวัตถุดิบ การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นเทคโนโลยี Alcohol-to-Jet (ATJ-SPK) ซึ่งเหมาะสมเชิงกลยุทธ์กับประเทศไทยเนื่องจากมี เอทานอล จากพืชเกษตรเป็นวัตถุดิบที่ยั่งยืน . การประเมินจะใช้ กรอบการศึกษาความเป็นไปได้ ร่วมกับหลักการ Techno-Economic Analysis (TEA) และ Life Cycle Assessment (LCA) เพื่อประเมินความคุ้มค่าและความยั่งยืนสำหรับการลงทุนในประเทศ

กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วยเทคโนโลยีการสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์ สำหรับประเทศไทย จากแนวคิดทฤษฎีและการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล ที่ได้กล่าวมาทั้งหมด จึงสามารถนำมากำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษา ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาใช้การรวบรวมข้อมูลทั้งปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยข้อมูลปฐมภูมิได้จากการ สัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview) กับผู้เชี่ยวชาญและผู้เกี่ยวข้องในห่วงโซ่คุณค่าของ SAF และผู้ประกอบการเอทานอล รวม 6-8 ราย ซึ่งถูกคัดเลือกตามความเชี่ยวชาญด้านนโยบาย/ตลาด เทคนิค/การผลิต SAF และวัตถุดิบ/เอทานอล โดยแนวคำถามหลักจะมุ่งเน้นการยืนยันสมมติฐานสำคัญด้านราคาตลาด ประสิทธิภาพของเทคโนโลยี ATJ-SPK (Yield Rate) และต้นทุนการดำเนินงาน/การลงทุน (CAPEX/OPEX) การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพดำเนินการโดยใช้เทคนิค Triangulation และ Member Checking ควบคู่กันไป ขณะที่ข้อมูลทุติยภูมิได้จากการทบทวนเอกสารทางวิชาการและรายงานเชิงเศรษฐศาสตร์พลังงานที่เกี่ยวข้อง (เช่น IEA, ICCT) เพื่อนำมากำหนดพารามิเตอร์และสมมติฐานในการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

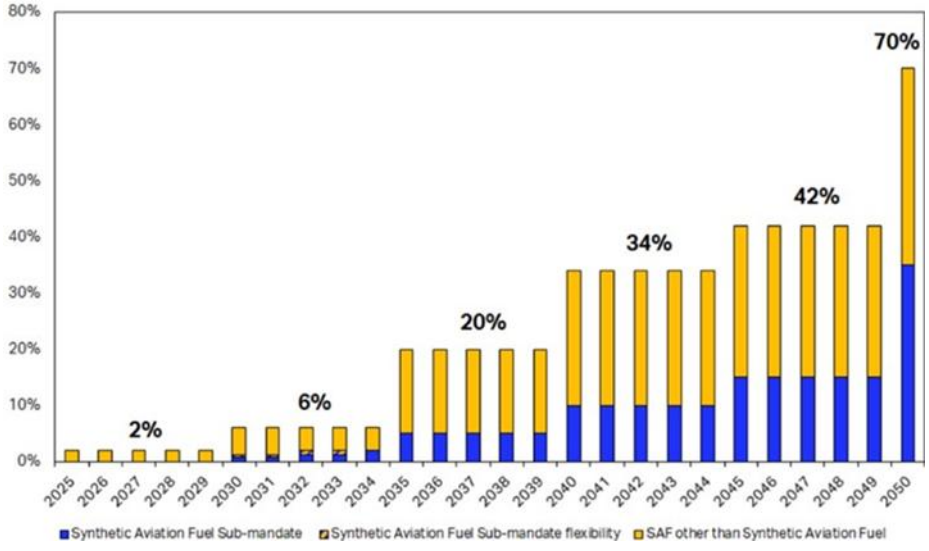
การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ประกอบด้วยการวิเคราะห์เชิงพรรณนาเพื่อสรุปภาพรวมด้านตลาดและด้านเทคนิค และการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อประเมินความคุ้มค่าทางการเงิน การวิเคราะห์เชิงปริมาณมี 5 ขั้นตอนหลัก คือ: 1) การประมาณการกระแสเงินสด (Cash Flow) ตลอด 25 ปี โดยใช้หลักการ Real Cash Flow (ไม่รวมเงินเฟ้อ) ซึ่งต้องพิจารณาการคำนวณค่าเสื่อมราคาและเงินทุนหมุนเวียนอย่างชัดเจน 2) การกำหนดต้นทุนเงินทุน โดยคำนวณ WACC จากข้อมูลตลาด (Nominal Rate) และทำการแปลงเป็น Real WACC ด้วย สมการของฟิชเชอร์ (Fisher Equation) เพื่อให้สอดคล้องกับ Real Cash Flow 3) การประเมินความคุ้มค่า ด้วยตัวชี้วัดหลัก 4 ตัว คือ NPV, PI, IRR และ MIRR 4) การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) โดยใช้ Switching Value Test (SVT) เพื่อหาค่าวิกฤตของตัวแปรหลัก 3 ด้าน (ผลตอบแทน ต้นทุนลงทุน ต้นทุนดำเนินงาน) และขยายการวิเคราะห์ไปยัง ราคาวัตถุดิบเอทานอล และ อัตราแลกเปลี่ยน (THB/USD) 5) การวิเคราะห์สถานการณ์และความไม่แน่นอน (Scenario & Monte Carlo Analysis) โดยมีการกำหนดสถานการณ์ที่แตกต่างกัน 3 กรณี เพื่อประเมินผลกระทบต่อ NPV ภายใต้สภาวะตลาดที่หลากหลาย และใช้ Monte Carlo Simulation (ถ้ามีการดำเนินการ) เพื่อจำลองความน่าจะเป็นที่โครงการจะมี NPV เป็นบวก ซึ่งเป็นไปตามแนวทางการประเมินความเสี่ยงเชิงลึก

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านตลาดของการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วยเทคโนโลยีการสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์ สำหรับประเทศไทย

จากการศึกษาแนวโน้มความต้องการใช้เชื้อเพลิงอากาศยาน พบว่า ภาพรวมตลาดเชื้อเพลิงอากาศยานทั่วโลกมีความต้องการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานของสายการบินพาณิชย์ทั่วโลกระหว่างปี ค.ศ.2005 ถึง 2024 แสดงให้เห็นถึงการเติบโตอย่างต่อเนื่องและมีนัยสำคัญ (Statista Research Department, 2024) โดยปริมาณการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานทั่วโลกในปี ค.ศ.2018 อยู่ที่ประมาณ 96 พันล้านแกลลอนหรือ 363 พันล้านลิตร และจากข้อมูลของ Energy Information Administration (EIA) ที่คาดการณ์การเติบโตว่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานเชิงพาณิชย์ทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นประมาณ 230 พันล้านแกลลอนหรือ 871 พันล้านลิตรในปี ค.ศ.2050 (The Institute for Energy Economics and Financial Analysis, 2024) จากการศึกษานโยบายและข้อกำหนดการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืน พบว่า องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) ได้กำหนดมาตรการและกฎเกณฑ์ระหว่างประเทศเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้สอดคล้องกับเป้าหมายในการมุ่งสู่การปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์สุทธิภายในปี ค.ศ.2050 ซึ่งได้กำหนดมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการส่งเสริมและบังคับใช้เชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนเป็นหนึ่งในมาตรการสำคัญ คิดเป็นร้อยละ 65 ของเป้าหมายทั้งหมด (International Air Transport Association, 2025) ซึ่งสหภาพยุโรปได้แสดงความมุ่งมั่นในการตอบสนองต่อเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก โดยได้ออกนโยบาย ReFuelEU Aviation ซึ่งกำหนดสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนขั้นต่ำในเชื้อเพลิงอากาศยาน โดยเริ่มจากร้อยละ 2 ในปี ค.ศ.2025 เพิ่มขึ้นเป็น 6% ในปี ค.ศ.2030 และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นร้อยละ 70 ในปี ค.ศ.2050 ดังแสดงในที่ 2 (International Air Transport Association, 2024a) ซึ่งนโยบายนี้ได้กลายเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ได้รับการยอมรับและนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายด้านเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนในหลายประเทศทั่วโลก

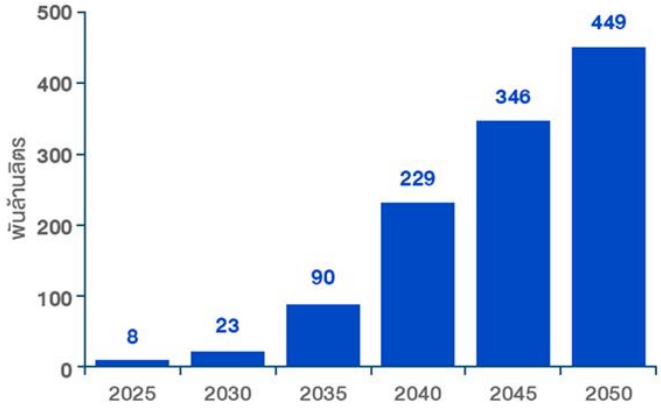


ภาพที่ 2 สัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนขั้นต่ำตามนโยบาย ReFuelEU Aviation

ภาพรวมตลาดเชื้อเพลิงอากาศยานทั่วโลกมีความต้องการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยจากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานของสายการบินพาณิชย์ทั่วโลกระหว่างปี ค.ศ. 2005 ถึง 2024 แสดงให้เห็นถึงการเติบโตอย่างต่อเนื่อง (Statista Research Department, 2024) โดยปริมาณการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานทั่วโลกในปี ค.ศ.2018 อยู่ที่ประมาณ 363 พันล้านลิตร และคาดการณ์ว่า

จะเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 871 พันล้านลิตรในปี ค.ศ.2050 (The Institute for Energy Economics and Financial Analysis, 2024) แรงผลักดันในการเปลี่ยนผ่านสู่เชื้อเพลิงสะอาดมาจากนโยบายระดับโลก เช่น องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) ที่กำหนดเป้าหมายมุ่งสู่การปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์สุทธิภายในปี ค.ศ.2050 โดยการส่งเสริมและบังคับใช้เชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืน (SAF) คิดเป็นร้อยละ 65 ของเป้าหมายทั้งหมด (International Air Transport Association, 2025) และนโยบาย ReFuelEU Aviation ของสหภาพยุโรปซึ่งกำหนดสัดส่วนการผสม SAF ขั้นต่ำอย่างต่อเนื่อง เริ่มจากร้อยละ 2 ในปี ค.ศ. 2025 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 6 ในปี ค.ศ. 2030 และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 70 ในปี ค.ศ.2050 ซึ่งนโยบายนี้ได้กลายเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่นำไปใช้เป็นแนวทางในหลายประเทศทั่วโลก (International Air Transport Association, 2024a) ส่งผลให้ความต้องการ SAF ทั่วโลกมีการเติบโตอย่างรวดเร็วและมีศักยภาพสูง โดยมูลค่าตลาดคาดการณ์ว่าจะขยายตัวถึง 25.62 พันล้านดอลลาร์สหรัฐภายในปี ค.ศ.2030 (MarketsandMarkets, 2025) ปริมาณความต้องการ SAF ต่อเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์สุทธิภายในปี ค.ศ. 2050 คาดการณ์ว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดดจาก 8 พันล้านลิตรในปี ค.ศ. 2025 จนสูงถึง 449 พันล้านลิตรในปี ค.ศ.2050 (International Air Transport Association, 2021) ในขณะที่ปริมาณการผลิต SAF ยังคงอยู่ในระดับต่ำ โดยคาดการณ์ว่าจะผลิตได้เพียง 2.7 พันล้านลิตรในปี ค.ศ.2025 ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอุปสงค์และอุปทาน 5.3 พันล้านลิตร ซึ่งคาดการณ์ว่าจะขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างมากในอนาคต เนื่องจากอัตราการเติบโตของการผลิตไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการที่เพิ่มขึ้น (International Air Transport Association, 2024b)

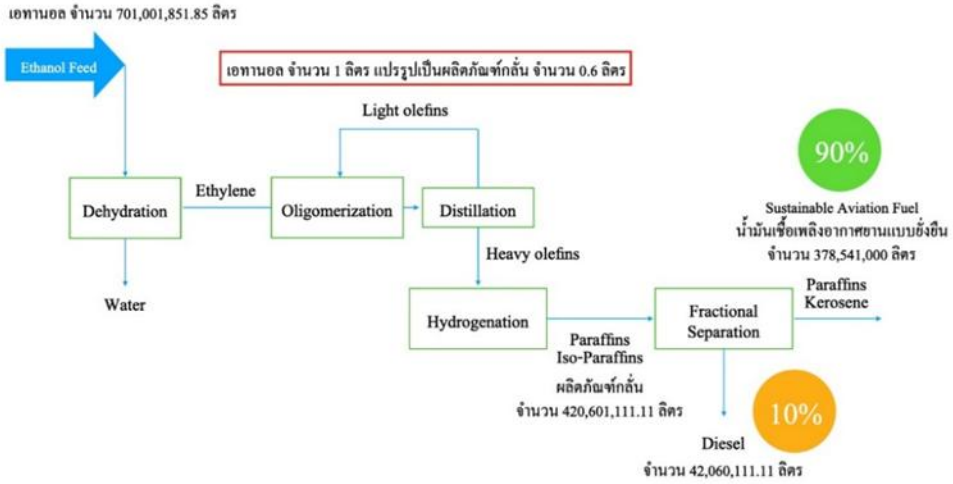
เมื่อพิจารณาในบริบทของประเทศไทย แม้ประเทศไทยจะยังไม่มีการกำหนด โควตา (Mandate) หรืออัตราการผสม SAF ภาคบังคับในประเทศ อย่างเป็นทางการ แต่เนื่องจากสายการบินพาณิชย์ทั่วโลกต้องปฏิบัติตามมาตรการลดการปล่อยคาร์บอนเมื่อทำการบินในเส้นทางระหว่างประเทศ ทำให้เกิด อุปสงค์ทางอ้อม ที่แน่นอนสำหรับการเติมเชื้อเพลิงในศูนย์กลางการบินหลักของภูมิภาค เช่น ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (BKK) และ ดอนเมือง (DMK) ซึ่งเป็นจุดยุทธศาสตร์สำคัญในห่วงโซ่ Logistics และมีโครงสร้างพื้นฐานท่อส่งน้ำมัน/คลังเชื้อเพลิงที่พร้อมรองรับการกระจายเชื้อเพลิงผสม เพื่อลดความเสี่ยงด้านราคาและความผันผวนของรายได้จาก "ราคาเฉลี่ยตลาดโลก" สมมติฐานด้านรายได้ของโครงการจึงอิงจากศักยภาพในการทำ สัญญาซื้อขายล่วงหน้า (Offtake Agreements) กับสายการบินหรือผู้จัดจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างประเทศ ซึ่งสัญญาดังกล่าวจะช่วย ล็อกปริมาณและราคาขาย ในช่วงเริ่มต้นของโครงการ โดยมีราคาขายที่คาดการณ์ไว้ในกรณีฐานที่ 67.96 บาท/ลิตร ซึ่งเป็นราคาที่รวม Policy Premium/คาร์บอนเครดิต บางส่วนแล้ว นอกจากนี้ตลาดโลกกำลังมองหาเทคโนโลยีทางเลือกนอกเหนือจาก HEFA-SPK ที่ใช้น้ำมันปรุงอาหารใช้แล้วเป็นวัตถุดิบหลักและมีปริมาณจำกัด การลงทุนในเทคโนโลยี Alcohol-to-Jet (ATJ-SPK) ซึ่งใช้ เอทานอลจากพืชเกษตรของไทยเป็นวัตถุดิบหลัก จึงตอบโจทย์ด้านความยั่งยืนของวัตถุดิบและสร้างความหลากหลายในการผลิต SAF ได้อย่างมีศักยภาพ ส่งผลให้โครงการมีความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกสูง และยืนยันว่าโครงการผลิต SAF ด้วยเทคโนโลยี ATJ-SPK จึงมีความเป็นไปได้ในการลงทุนด้านตลาดอย่างชัดเจน



ภาพที่ 3 การคาดการณ์ปริมาณความต้องการใช้เชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนต่อเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์ สุทธิภายในปี ค.ศ.2050

2. ผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคของการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วยเทคโนโลยีการสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์ สำหรับประเทศไทย

จากการศึกษามาตรฐานและข้อกำหนดเทคโนโลยี พบว่า เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วยกระบวนการสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์ (ATJ-SPK) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ASTM D7566 Annex A5 ซึ่งเป็นข้อกำหนดเฉพาะสำหรับเชื้อเพลิงอากาศยาน (International Civil Aviation Organization, 2025) โดยผลิตภัณฑ์ SAF neat ที่ผลิตได้สามารถผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานจากฟอสซิลแบบดั้งเดิมได้สูงสุด 50% โดยปริมาตร และหลังการผสมเชื้อเพลิงต้องมีคุณสมบัติทั้งหมดตรงตามข้อกำหนดของ ASTM D1655 ซึ่งข้อจำกัดสัดส่วนการผสมนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อแบบจำลองอุปสงค์ในประเทศ เนื่องจากอุปสงค์ที่แท้จริงของประเทศไทยจะสะท้อนความต้องการเชื้อเพลิงผสม โดย 1 ลิตรของเชื้อเพลิงผสมจะต้องใช้ 0.5 ลิตรของ SAF neat เป็นปริมาณสูงสุด การผลิต SAF ด้วยเทคโนโลยีนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สูงถึง 80% เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอากาศยานจากฟอสซิล และการศึกษานี้อ้างอิงกระบวนการผลิต 4 ขั้นตอนหลักตามการออกแบบของ LanzaJet (Sheldon et al., 2024) ได้แก่ 1) การกำจัดน้ำจากเอทานอล 2) การรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ของเอทิลีน 3) การเติมไฮโดรเจนให้กับโอเลฟิน และ 4) การแยกผลิตภัณฑ์ด้วยการกลั่นลำดับส่วนเพื่อแยกผลิตภัณฑ์หลักสองชนิด คือ เชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืน (ร้อยละ 90) จำนวน 378.54 ล้านลิตรต่อปี และน้ำมันดีเซลชีวภาพซึ่งเป็นผลพลอยได้ (ร้อยละ 10)



ภาพที่ 4 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนยั่งยืนด้วยเทคโนโลยีการสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์

ในด้านการจัดหาวัตถุดิบและต้นทุนการดำเนินงาน โครงการนี้ใช้เอทานอลเป็นวัตถุดิบหลักจำนวน 701 ล้านลิตรต่อปี โดยในกรณีฐานของการศึกษานี้ แหล่งเอทานอล ที่นำมาใช้ คือ เอทานอล 1G (First Generation) ที่ผลิตจากพืชเกษตรหลักของไทย เช่น กากน้ำตาล ร้อยละ 45.1, มันสำปะหลัง ร้อยละ 43.3, และน้ำอ้อย ร้อยละ 11.5 (วิจัยกรุงศรี, 2567ข) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อ Life Cycle Assessment (LCA) และเพดานการนับลดก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบกับเอทานอล 2G (Cellulosic) อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันประเทศไทยมีกำลังการผลิตเอทานอลรวมสูงถึง 6.77 ล้านลิตรต่อวัน (กองพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพ, 2568) และแผนพลังงานทดแทน (AEDP) มีเป้าหมายที่ท้าทายในการเพิ่มปริมาณการผลิตให้ถึง 11.3 ล้านลิตรต่อวันภายในปี ค.ศ.2036 เพื่อรองรับการผลิต SAF ที่จะใช้เอทานอลเพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดดจาก 1.12 ล้านลิตรต่อวันในปี ค.ศ.2025 เป็น 2.06 ล้านลิตรต่อวันในปี ค.ศ.2031 (คณะทำงานพัฒนาอุตสาหกรรมเอทานอล, 2568) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความพร้อมของวัตถุดิบ ในส่วนของ ไฮโดรเจน ซึ่งใช้ในขั้นตอนที่ 3 (การเติมไฮโดรเจน) และเป็นหนึ่งในต้นทุนการดำเนินงานหลักที่ 140 ล้านบาทต่อปี โครงการนี้มีสมมติฐานการใช้ ไฮโดรเจนสีเทา (Grey Hydrogen) ในช่วงเริ่มต้น โดยราคาของไฮโดรเจน (H_2) ที่ใช้ในการคำนวณ OPEX ได้รวมอยู่ในต้นทุนการดำเนินงาน 1,656.36 ล้านบาทต่อปีแล้ว ซึ่งการใช้ Grey Hydrogen ในช่วงแรกนี้มีผลต่อ Carbon Intensity (CI) ของผลิตภัณฑ์ SAF ที่ผลิตได้ และจะส่งผลต่อความสามารถในการรับ Policy Premium/คาร์บอนเครดิต ซึ่งโครงการมีศักยภาพในการเปลี่ยนผ่านไปใช้ Blue/Green Hydrogen ในระยะยาวเพื่อลด CI เพิ่มเติม

การวิเคราะห์ต้นทุนการลงทุน (CAPEX) และต้นทุนการดำเนินงาน (OPEX) พบว่า ต้นทุนการลงทุนสำหรับโรงงานที่มีกำลังการผลิต 378.541 ล้านลิตรต่อปี รวมทั้งสิ้น 10,419.992 ล้านบาท ซึ่งรวมต้นทุนอุปกรณ์ (1,287.43 ล้านบาท) โครงสร้างพื้นฐานเพิ่มเติม (5,270 ล้านบาท) และเงินทุนหมุนเวียน (3,118.35 ล้านบาท) ไว้แล้ว ขณะที่ต้นทุนการดำเนินงานและการผลิตรวมอยู่ที่ 1,656.36 ล้านบาทต่อปี ซึ่งครอบคลุมต้นทุนไฮโดรเจนและสาธารณูปโภคอื่น ๆ จากข้อมูลทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความพร้อมของเทคโนโลยีที่ได้รับการรับรอง, ศักยภาพด้านวัตถุดิบเอทานอลในประเทศที่สนับสนุนการขยายตัวตามแผนพลังงาน, และการประเมินต้นทุนที่ครอบคลุม ทำให้โครงการนี้มีความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคอย่างชัดเจน

3. ผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงินของการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วยเทคโนโลยีการสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์ สำหรับประเทศไทย

จากการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการเงิน กำหนดสมมติฐานหลักคือ โครงการมีอายุ 25 ปี (ก่อสร้าง 2 ปี, ดำเนินงาน 23 ปี) กำลังการผลิต 378.541 ล้านลิตรต่อปี ที่อัตราการใช้กำลังการผลิต 94% (330 วัน) โดยใช้โครงสร้างเงินทุน (D:E) ที่ 50:50 ซึ่งให้ต้นทุนเงินทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Nominal WACC) เท่ากับร้อยละ 9.23 (คำนวณจาก Ke ร้อยละ 12.46 และอัตราดอกเบี้ยกู้ยืมร้อยละ 7.50 ภายใต้อัตราภาษีนิติบุคคล 20%) ความสอดคล้องเชิงการเงิน ได้รับการแก้ไขโดยใช้หลักการ Real Cash Flow (ไม่รวมเงินเฟ้อ) และใช้ Real WACC ในการหามูลค่าปัจจุบัน เพื่อให้มีความสอดคล้องกันตามหลักวิชาการ โดย Real WACC ถูกแปลงจาก Nominal WACC ด้วยสมการของฟิชเชอร์ (Fisher Equation)

การประมาณการกระแสเงินสดและผลตอบแทน

ผลตอบแทนรวมของโครงการ (7,885 ล้านบาทต่อปี) มาจากการแยกโครงสร้างรายได้ 3 ช่องทางหลัก: (i) ราคาขายพื้นฐาน (อ้างอิง Offtake Contract ราคาเฉลี่ย 67.96 บาทต่อลิตร) (ii) Policy Premium/คาร์บอนเครดิต (รวมอยู่ในราคาขายเฉลี่ย 67.96 บาทต่อลิตร) และ (iii) รายได้จากผลพลอยได้ (By-product) คือ ดีเซลชีวภาพ (1,261.8 ล้านบาทต่อปี) ต้นทุนการลงทุนรวม (CAPEX) คือ 10,419.99 ล้านบาท ซึ่งได้มีการรวม ค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินงานและดอกเบี้ยระหว่างก่อสร้าง (IDC) ไว้ใน CAPEX แล้ว และต้นทุนการดำเนินงาน (OPEX) 1,656.36 ล้านบาทต่อปี เงินทุนหมุนเวียน (Net Working Capital: NWC) ถูกคำนวณจากระดับสินค้าคงคลัง, ลูกหนี้, และเจ้าหนี้การค้า เพื่อให้สะท้อนเงินสดที่ถูกผูกไว้ในแต่ละปีของโครงการอย่างแม่นยำ แผนภาษี ในกรณีฐานคืออัตราภาษี 20% โดยไม่มีสิทธิประโยชน์ BOI แต่มีการวิเคราะห์ผลกระทบของสิทธิประโยชน์ BOI (การยกเว้นภาษีนำเข้าเครื่องจักร) ในการวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อประเมินศักยภาพสูงสุดของโครงการ

ตัวชี้วัดความคุ้มค่าและการวิเคราะห์ความเสี่ยง

ผลลัพธ์ทางการเงินแสดงค่าที่สนับสนุนการลงทุนอย่างชัดเจน: NPV 30,124 ล้านบาท, PI 3.89, IRR 29.38% และ MIRR 15.33% อย่างไรก็ตาม เนื่องจากตัวเลขผลตอบแทนดังกล่าวดู "สูงผิดปกติ" เมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมพลังงานต้นน้ำ จึงได้ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงลึกเพิ่มเติม ดังนี้

1. จุดคุ้มทุนราคาขาย (Price Break-even) คำนวณหาจุดคุ้มทุนของราคาขาย SAF ที่ทำให้ NPV = 0 ซึ่งพบว่าโครงการยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุนตราบใดที่ราคาขาย SAF ไม่ต่ำกว่า 35.25 บาทต่อลิตร (ลดลงจากราคาฐาน 67.96 บาท/ลิตร ถึงร้อยละ 48.16) ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับรัฐบาลและผู้ให้กู้

2. การวิเคราะห์ความเสี่ยงขั้นสูง ใช้ Monte Carlo Simulation (มากกว่า 10,000 รอบ) แทนการทดสอบ SVT เพียงอย่างเดียว เพื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของ NPV/IRR และประเมิน ความน่าจะเป็นที่โครงการจะมี NPV เป็นบวก และใช้ Tornado Diagram เพื่อระบุว่าตัวแปรใด (ราคาขาย, ราคาเอทานอล, WACC) มีอิทธิพลต่อ NPV สูงสุด

3. การเปรียบเทียบ เมื่อเปรียบเทียบกับโครงการ SAF ในสหรัฐอเมริกา (LanzaJet) และสิงคโปร์ (Neste) ซึ่งมี Unit Production Cost (UPC) สูงกว่า 60 บาท/ลิตร ประเทศไทยมีความสามารถในการแข่งขันสูง เนื่องจากมี UPC ที่ต่ำกว่าและมี IRR ที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของโครงการ SAF ระดับโลกที่อยู่ในช่วงร้อยละ 15-20 แสดงให้เห็นว่าโครงการมีความได้เปรียบเชิงโครงสร้างต้นทุนวัตถุดิบ เอทานอล 1G อย่างชัดเจน

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน

ตัวชี้วัด	การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน		
	ค่าจากการวิเคราะห์	หลักเกณฑ์การตัดสินใจ	ผลการตัดสินใจ
NPV	30,124,462,544	NPV ≥ 0	ลงทุน

ตัวชี้วัด	การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน		
	ค่าจากการวิเคราะห์	หลักเกณฑ์การตัดสินใจ	ผลการตัดสินใจ
PI	3.89	PI ≥ 1	ลงทุน
IRR	29.38 %	IRR ≥ WACC	ลงทุน
MIRR	15.33 %	MIRR ≥ WACC	ลงทุน

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านตลาด แสดงให้เห็นถึงโอกาสทางธุรกิจที่สำคัญและมีศักยภาพสูงในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วยเทคโนโลยีการสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์ สำหรับประเทศไทย เนื่องจากความต้องการ SAF ทั่วโลกถูกขับเคลื่อนโดยนโยบายภาคบังคับ เช่น ReFuelEU Aviation และเป้าหมาย Net Zero 2050 ของ ICAO ซึ่งสร้างช่องว่างระหว่างอุปสงค์และอุปทานที่กว้างมาก โครงการจึงอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมในการตอบสนองความต้องการนี้ผ่าน สัญญาซื้อขายล่วงหน้า (Offtake Agreements) กับสายการบินหรือผู้จำหน่ายเชื้อเพลิง ณ ศูนย์กลางการบินหลักของไทย อย่างไรก็ตาม ความเสี่ยงด้านนโยบายในประเทศ เป็นข้อจำกัดเชิงระบบที่สำคัญที่สุด เพราะหากประเทศไทยไม่มีการประกาศใช้ โควตา (Mandate) หรือ กลไกคาร์บอนเครดิต ที่ชัดเจน จะส่งผลให้โครงการต้อง พึ่งพาตลาดส่งออก ผ่าน Offtake Agreements อย่างสมบูรณ์ เพื่อเข้าถึงราคาพรีเมียม โดยการลดลงของราคาขาย SAF เพียงร้อยละ 48.16 (เหลือ 35.25 บาท/ลิตร) ก็จะถึงจุดคุ้มทุน (NPV=0) ซึ่งแม้จะแสดงความยืดหยุ่นสูง แต่ก็ชี้ให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงนโยบายหรือการขาดการส่งเสริมในประเทศ จะเป็นปัจจัยสำคัญที่บีบให้สายการบินเลือกใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลราคาถูกกว่า และ กดดันอุปสงค์และราคา ของ SAF ในระยะยาว

จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค ประเทศไทยมีความได้เปรียบทางเทคนิคชัดเจนจากวัตถุดิบเอทานอล 1G จากพืชเศรษฐกิจที่หลากหลาย (อ้อย/มันสำปะหลัง) ซึ่งมีความมั่นคงด้านวัตถุดิบรองรับกำลังการผลิตตามแผนพลังงานทดแทน (AEDP) และเทคโนโลยี ATJ-SPK ที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากล ASTM D7566 Annex A5 ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สูงถึง 80% อย่างไรก็ตาม การลงทุนในโครงการนี้ต้องเผชิญกับ ความเสี่ยงด้านความยั่งยืนของวัตถุดิบ: การดึงเอทานอล 1G ปริมาณมาก 701 ล้านลิตรต่อปี) อาจก่อให้เกิดความกังวลด้าน ผลกระทบทางอ้อมจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (ILUC) ซึ่งกระทบต่อ Carbon Reduction Potential และการเข้าถึงตลาดพรีเมียมในอนาคต โครงการจึงต้องมี กลยุทธ์การเปลี่ยนผ่าน ไปใช้ เอทานอล 2G (Cellulosic) และต้องปรับเปลี่ยนไปใช้ Blue/Green Hydrogen แทน Grey Hydrogen เพื่อลด Carbon Intensity (CI) ในระยะยาวตามแนวทางของ IRENA (2023) นอกจากนี้ยังมี ข้อจำกัดห่วงโซ่โลจิสติกส์ ของไทยในการจัดส่ง SAF ไปยังสนามบินหลักและการจัดการเชื้อเพลิงผสม (จำกัด 50% ตาม ASTM D7566) ซึ่งต้องอาศัยการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานท่อส่งและคลังเชื้อเพลิงเฉพาะทาง รวมถึงการปฏิบัติตาม สนธิสัญญาความปลอดภัยเชื้อเพลิง ที่เข้มงวด

จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน แสดงให้เห็นว่าโครงการการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วยเทคโนโลยีการสังเคราะห์พาราฟินิกเคโรซีนจากแอลกอฮอล์มีความน่าสนใจและคุ้มค่าการลงทุนอย่างมีนัยสำคัญสำหรับประเทศไทย ด้วย NPV 30,124 ล้านบาท, PI 3.89 และ IRR 29.38% ซึ่งสูงกว่า WACC ร้อยละ 9.23 อย่างมาก สะท้อนถึงศักยภาพในการสร้างกำไรที่แข็งแกร่งและ ความสามารถในการรองรับการเพิ่มขึ้นของต้นทุนการลงทุน (SVTIC 289.10%) และ ต้นทุนการดำเนินงาน (SVTOC 136.89%) ที่สูงผิดปกติ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ข้อสรุปมีความสมเหตุสมผลและน่าเชื่อถือต่อสถาบันการเงิน การบริหารความเสี่ยงต้องดำเนินการตามแนวทางของ UNEP Finance Initiative (2022) โดยไม่พึ่งพาเพียงการทดสอบ SVT แต่ต้องใช้การวิเคราะห์ความอ่อนไหวขั้นสูง (Monte Carlo Simulation) เพื่อประเมิน Probability of NPV < 0 และความไม่แน่นอนของปัจจัยต่าง ๆ นอกจากนี้ โครงการต้องจัดการกับ ความเสี่ยงเทคโนโลยี จากการพึ่งพาเทคโนโลยีต่างชาติ (ค่าลิขสิทธิ์/ความพร้อมอะไหล่) และ ความผันผวนของตลาด

ดีเซลพลอยได้ ซึ่งมีสัดส่วนรายได้ที่สำคัญ หากดีมานด์ดีเซลชีวภาพผันผวนจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อ Margin ของโครงการ ดังนั้น การควบคุมต้นทุนและการสร้างแผนรองรับสถานการณ์ที่ต้นทุนเพิ่มขึ้นอย่างกะทันหัน จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องบริหารจัดการอย่างรอบคอบ เพื่อรักษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้อย่างยั่งยืนตลอดอายุโครงการ

สรุป

การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วยเทคโนโลยี ATJ-SPK สำหรับประเทศไทย แสดงให้เห็นว่าโครงการมีความเป็นไปได้สูงทั้งในมิติของตลาด เทคนิค และการเงิน โดยผลการวิเคราะห์ชี้ชัดว่าโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุนอย่างมีนัยสำคัญและมีความจำเป็นเชิงยุทธศาสตร์ต่อการก้าวสู่การเป็นศูนย์กลางการผลิตพลังงานสะอาดสำหรับภาคการบินในระดับภูมิภาค ความคุ้มค่าทางการเงิน ได้รับการยืนยันจากตัวชี้วัดหลัก: NPV 30,124 ล้านบาท, IRR 29.38% และความสามารถในการรองรับความเสี่ยงที่สูง โดยโครงการจะยังคงคุ้มค่าตราบใดที่ราคาขาย SAF ไม่ต่ำกว่า 35.25 บาท/ลิตร (เทียบกับราคาฐาน 67.96 บาท/ลิตร) และต้นทุนการลงทุนไม่เพิ่มเกินกว่าร้อยละ 289.10% ซึ่งผลลัพธ์เหล่านี้อยู่ภายใต้สมมติฐานที่สำคัญคือ (1) ราคา SAF อ้างอิง Offtake Contract, (2) Utilization Rate 94%, (3) อัตราแลกเปลี่ยน 35 บาท/ดอลลาร์, (4) เพดานการผสม 50%, และ (5) การมี Policy Credit สนับสนุน นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีข้อได้เปรียบที่สำคัญด้าน วัตถุดิบเอทานอล ที่มีความมั่นคงสูงจากพืชเกษตรและศักยภาพของเทคโนโลยีที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากล อย่างไรก็ตาม แม้จะมีศักยภาพสูง แต่ความสำเร็จในระยะยาวขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการปัจจัยเสี่ยงหลัก ได้แก่ ความไม่แน่นอนของนโยบายอัตราผสมในประเทศ, ความผันผวนของราคาเอทานอล, ความเสี่ยงด้าน ILUC จากการใช้วัตถุดิบ 1G, และ ความเสี่ยงทางเทคโนโลยี/โลจิสติกส์ ที่ต้องพึ่งพาต่างประเทศ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 การพัฒนากลไกตลาดและนโยบายในประเทศ (Policy & Credit Mechanism)

1) ภาครัฐ ควรเร่งรัดการจัดทำ นโยบายอัตราผสมขั้นต่ำ (Blending Mandate) และกลไกภาษีคาร์บอน/เครดิต สำหรับ SAF ที่คาดการณ์ได้ เพื่อสร้างอุปสงค์ในประเทศและลดการพึ่งพิงตลาดส่งออกอย่างเดียว

2) จัดตั้งกองทุนสนับสนุนการลงทุน SAF ภายใต้กระทรวงพลังงาน เพื่อลดความเสี่ยงด้าน CAPEX ในช่วงเริ่มต้น และสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านไปสู่การใช้เทคโนโลยีลดคาร์บอนเข้มข้น (เช่น Blue/Green Hydrogen)

1.2 การสร้างความมั่นคงด้านรายได้และวัตถุดิบ (Offtake & LCA)

1) ภาคเอกชน ต้องเร่งดำเนินการ Offtake Agreement กับสายการบินหรือผู้จัดจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ในระยะ 5-10 ปี เพื่อล็อกปริมาณและราคาขาย ทำให้กระแสเงินสดมีความแน่นอนและเป็น Bankable Revenue

2) ดำเนินการ Life Cycle Assessment (LCA) ตามมาตรฐาน ICAO CORSIA อย่างเคร่งครัด เพื่อยืนยันศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกและเป็นหลักฐานในการรับ Policy Premium รวมถึงกำหนดแผน Risk Mitigation Strategy เพื่อประกันความเสี่ยงราคาเอทานอล ไฟฟ้า และไฮโดรเจนอย่างเป็นระบบ

1.3 การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านโลจิสติกส์ (SAF Hub Development)

1) สร้างพันธมิตรภาครัฐ–เอกชน (Public-Private Partnership: PPP) เพื่อลงทุนในการพัฒนา โครงสร้างพื้นฐานด้านโลจิสติกส์ SAF Hub ณ ท่าอากาศยานหลัก (BKK/DMK) ซึ่งรวมถึงท่อส่ง, คลังเก็บเชื้อเพลิงเฉพาะทาง, และการปรับปรุงขั้นตอนการผสมเชื้อเพลิง (Blending) เพื่อรองรับข้อจำกัด 50% ของ ATJ-SPK อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

2) ส่งเสริมการลงทุนใน โครงสร้างพื้นฐานด้านโลจิสติกส์พลังงาน ในเขตเศรษฐกิจพิเศษ เพื่อรองรับการขยายตัวของวัตถุดิบ (เอทานอล) และผลิตภัณฑ์ (SAF) ไปยังภูมิภาคอย่างราบรื่น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยต่อไปควรขยายขอบเขตการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืนด้วย เทคโนโลยีทางเลือกอื่น ๆ ที่ใช้พลังงานทดแทนและวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงในประเทศไทย เช่น Power-to-Liquids (PtL) หรือเทคโนโลยี FT ที่ใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (2G) เพื่อสร้างความหลากหลายทางเทคโนโลยีและเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานและรายได้ของประเทศในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

กองพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพ. (2568). *รายงานหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง (เช่น รายงานสถานการณ์เชื้อเพลิงชีวภาพของประเทศไทย พ.ศ. 2568)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

คณะทำงานพัฒนาอุตสาหกรรมเอทานอล สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2568). *ประชุมคณะทำงานพัฒนาอุตสาหกรรมเอทานอล Feedstock for Thai Ethanol Industry ครั้งที่ 2/2568*. กรุงเทพฯ.

จุไร ทัพวงษ์, วิชญะ นาครักษ์, วิโรจน์ นรารักษ์, สมศักดิ์ มีทรัพย์หลาก, & สภาสินี ตันติศรีสุข. (2555). *การวิเคราะห์โครงการและแผนงาน (Project and Program Analysis)* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ. (2542). *การวิเคราะห์และประเมินโครงการ* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

วิจัยกรุงศรี. (2567ก). *CORSIA กับอนาคตการบินที่ยั่งยืน*. ธนาคารกรุงศรีอยุธยา. กรุงเทพฯ. สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2568 จาก https://www.krungsri.com/th/research/research-intelligence/corsia-2024

วิจัยกรุงศรี. (2567ข). *แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2567–2569: อุตสาหกรรมเอทานอล*. สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2568 จาก https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/energy-utilities/ethanol/io/io-ethanol-2024-2026

International Air Transport Association. (2021). *Net-zero carbon emissions by 2050*. Retrieved March 20, 2025, from https://www.iata.org/en/pressroom/pressroom-archive/2021-releases/2021-10-04-03/

International Air Transport Association. (2024a). *ReFuelEU Aviation handbook*. Retrieved March 1, 2025, from https://www.iata.org/contentassets/d13875e9ed784f75bac90f000760e998/refuel-eu-aviation-handbook.pdf

International Air Transport Association. (2024b). *Disappointingly slow growth in SAF production*. Retrieved March 3, 2025, from https://www.iata.org/en/pressroom/2024-releases/2024-12-10-03/

International Air Transport Association. (2025). *Net zero 2050: Sustainable aviation fuels (SAF)*. Retrieved March 10, 2025, from https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---alternative-fuels

International Civil Aviation Organization. (2025). *Approved conversion processes* [Online]. Retrieved March 1, 2025, from https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Conversion-processes.aspx

International Council on Clean Transportation (ICCT). (2025). *The Global Automaker Rating 2024/2025*. International Council on Clean Transportation (ICCT).

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). *Decarbonizing aviation: Sustainable aviation fuels and risk mitigation strategies*. Abu Dhabi: IRENA. Retrieved March 10, 2025, from https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA_World_energy_transitions_outlook_2023.pdf

MarketsandMarkets. (2025). *Sustainable aviation fuel market size, share & analysis* [Online]. Retrieved March 20, 2025, from https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/sustainable-aviation-fuel-market-70301163.html

Sheldon, J., Stosich, C., & Walker, M. (2024). *Production of ATJ-SPK from ethanol feedstock*. University of Pennsylvania, School of Engineering and Applied Science, Department of Chemical & Biomolecular Engineering. Retrieved March 20, 2025, from https://repository.upenn.edu/entities/publication/aaa068ad-9f6d-4389-b222-fd8909f04529

Statista Research Department. (2024). *Total fuel consumption of commercial airlines worldwide between 2005 and 2023, with a forecast for 2024*. Retrieved February 28, 2025, from https://www.statista.com/statistics/655057/fuel-consumption-of-airlines-worldwide/

The Institute for Energy Economics and Financial Analysis. (2024). *Sustainable aviation fuel: Not a panacea, but likely helpful if key issues are resolved*. Retrieved March 20, 2025, from https://ieefa.org/sites/default/files/2024-08/Sustainable%20Aviation%20Fuel_August%202024%20%281%29.pdf

UNEP Finance Initiative (UNEP FI). (2022). *Guidance on climate risk assessment and mitigation for energy transition financing*. Retrieved March 10, 2025, from https://www.unepfi.org/risk-centre/resources/

United Nations. (2023). *COP28 ends with call to 'transition away' from fossil fuels; UN's Guterres says phaseout is inevitable*. Retrieved October 20, 2024, from https://news.un.org/en/story/2023/12/1144742

World Meteorological Organization. (2023). *State of the global climate 2023*. Geneva: World Meteorological Organization.