

การบินพาณิชย์: ปัญหาสังคมและสิ่งแวดล้อม Commercial Aviation: Social and Environmental Issues

สุจิต ห่วงสุวรรณ¹ บุญมี จันทร์สวัสดิ์¹ และกมล น้อยทองเล็ก¹
Sutit Huangsuwan¹, Boonmee Chansawat¹ and Kamol Noitonglek¹

¹คณะการบิน มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Aviation, Eastern Asia University

Received: August 11, 2021

Revised: November 5, 2021

Accepted: November 12, 2021

บทคัดย่อ

การบินพาณิชย์เป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่มีอัตราการเติบโตสูงมาก มีผลดีหลายประการต่อความเป็นอยู่ที่ดีของประชากรทั่วโลก อย่างไรก็ตามสิ่งที่การบินพาณิชย์ทำให้เกิดปัญหาสังคมและสิ่งแวดล้อม คือ มลภาวะทางอากาศที่ส่งผลกระทบต่อดำรงชีวิตและการปฏิบัติการบิน แนวทางแก้ปัญหาที่สายการบินนำมาใช้ คือ การลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของอากาศยานโดยการใช้อากาศยานประสิทธิภาพสูง หรือใช้เชื้อเพลิงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และจัดเที่ยวบินตรง ซึ่งมีผลต่อการลงทุนของสายการบิน ในส่วนของผู้โดยสารทำได้โดยการลดการเดินทางทางอากาศ การปฏิบัติงานออนไลน์ การโดยสารชั้นประหยัด การเดินทางทางราง ซึ่งขึ้นอยู่กับความพึงพอใจส่วนบุคคล ส่วนหน่วยงานของรัฐควรเพิ่มการขนส่งทางรางในประเทศ และส่งเสริมการบินระหว่างประเทศ ส่วนมลภาวะทางเสียงและทางน้ำนั้น ผู้ดำเนินการหลักคือ ท่าอากาศยาน ต้องร่วมกับสายการบิน ดำเนินการป้องกันและลดผลกระทบให้อยู่ในระดับมาตรฐานสากล โดยขอรับความร่วมมือจากผู้เกี่ยวข้องและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกฝ่าย

คำสำคัญ: การบินพาณิชย์ ภาวะโลกร้อน มลภาวะทางอากาศ ก๊าซเรือนกระจก

Abstract

Commercial aviation is an economic activity with a high rate of growth. There are several benefits to the well-being of people around the world. However, what commercial aviation causes social and environmental problems is air pollution that affects livelihoods and flight operations. The solution that airlines adopted is to reduce the fuel consumption of aircraft by using high-efficiency aircraft or using environmentally friendly fuels and arranging direct flights which affect the investment of the airline. For air travellers, refraining from air travelling, online working, travelling on an economy flight, and using trains are contributions based on their preferences. For governmental agencies, promoting domestic travel by train is a must with international flights. Airports and airlines are responsible for noise and water pollution to reach international standards with close cooperation from all parties of stakeholders.

Keyword: commercial aviation, global warming, air pollution, greenhouse effect



บทนำ

การบินพาณิชย์เป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่มีอัตราการเติบโตสูงมาก เนื่องจากมีความต้องการจากทั้งผู้เดินทางเพื่อการปฏิบัติงาน ผู้เดินทางเพื่อการพักผ่อน และการขนส่งสินค้า ซึ่งความต้องการนี้เพิ่มสูงขึ้นตลอดมา จำนวนเที่ยวบินพาณิชย์ ในปี ค.ศ. 2004 มี 23.8 ล้านเที่ยวบินต่อวัน และในปี ค.ศ. 2019 มีจำนวน 38.9 ล้านเที่ยวบิน (Mazareanu, 2021b) หรือประมาณ 128,000 เที่ยวบินต่อวัน (IATA, 2020) องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) ประเมินการณ์ว่า จะมีเที่ยวบิน 90 ล้านเที่ยวบิน ในปี ค.ศ. 2040 (ICAO, 2018) องค์การควบคุมการบินยุโรป (EUROCONTROL) ประเมินการณ์ว่าจากปี ค.ศ. 2015 จำนวนเที่ยวบินในยุโรปจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.9 ต่อปี ในปี ค.ศ. 2040 จะมีเที่ยวบินต่อปีประมาณ 16.2-19.5 ล้านเที่ยวบิน (EUROCONTROL, 2015) นอกจากนั้นการบินพาณิชย์ มีปริมาณการขนส่งสินค้าทางอากาศเป็นจำนวนมากด้วย ในปี ค.ศ. 2018 มีการขนส่งสินค้าทางอากาศคิดเป็นมูลค่าร้อยละ 35 ของสินค้าทั่วโลก (worldwide trade by value) หรือเท่ากับ 6.5 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ แต่คิดเป็นน้ำหนักเพียงร้อยละ 0.5 ของสินค้าทั้งหมด แสดงว่า สินค้าที่ขนส่งทางอากาศเป็นสินค้าที่มีมูลค่าสูง เมื่อคิดระยะทางการขนส่งทั้งหมดร่วมกับ

น้ำหนักสินค้า แสดงว่า มีการขนส่งสินค้า 363 พันล้านตันกิโลเมตร ในช่วงวิกฤติโควิด-19 คือ เมษายน ค.ศ. 2021 การขนส่งสินค้าทางอากาศเพิ่มขึ้นร้อยละ 12 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนหน้าวิกฤติ (IATA Economics, 2021) เมื่อพิจารณาจากการเพิ่มจำนวนประชากรและความเติบโตทางเศรษฐกิจในทวีปเอเชีย คาดว่า ความต้องการการเดินทางทางอากาศจะเพิ่มสูงขึ้นสู่ระดับเดิม ภายหลังจากวิกฤติการณ์โควิด-19 นี้ (SOIF-IATA, 2018)

การบินพาณิชย์มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อมนุษยชาติในด้านเศรษฐกิจและสังคม แต่การบินพาณิชย์ก็ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เช่นกัน กลายเป็นวงจรที่ผู้มีส่วนได้เสียจะต้องพิจารณากำหนดแนวทางที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสังคมและการดำรงชีวิต

การบินพาณิชย์: ปัญหาสิ่งแวดล้อม

การบินพาณิชย์มีผลต่อเศรษฐกิจแต่ก็มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 3 ด้าน คือ มลภาวะทางอากาศ มลภาวะทางเสียง และมลภาวะทางน้ำ รายละเอียดของผลกระทบมีดังต่อไปนี้

1. มลภาวะทางอากาศ

มลภาวะทางอากาศเป็นผลกระทบที่สำคัญที่สุด เนื่องจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ของอากาศยานทำให้เกิดโอโซน ซึ่งประกอบด้วยก๊าซและฝุ่นละอองที่ทำให้สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงหลายชนิด ส่งผลทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน (global warming) คือ การที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้นทีละน้อย เนื่องจากความร้อนจากดวงอาทิตย์ถูกเก็บสะสมอยู่บริเวณผิวโลกและชั้นบรรยากาศไม่สามารถถ่ายเทออกไปสู่อวกาศได้ ความจริงกลไกนี้เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ พืชและสัตว์ เพราะหากไม่มีการกักเก็บความร้อน พื้นผิวโลกจะมีอุณหภูมิต่ำมากจนไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิต (Warm Heart Foundation, 2021) ตัวอย่างหนึ่งของผลเสียจากการที่ผิวโลกมีอุณหภูมิต่ำมากกว่าปกติ คือ การระเบิดของภูเขาไฟ ในปี ค.ศ. 1815 ทำให้ปี ค.ศ. 1816 เป็นปีที่ไม่มีฤดูร้อนในยุโรป เนื่องจากควันปกคลุมท้องฟ้าและอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกลดลง 3 องศาเซลเซียส ส่งผลให้พืชผลเสียหาย ขาดแคลนอาหาร ประชาชนล้มตายกว่า 100,000 คน (Volcano Discovery, 2021) แต่ปัญหาปัจจุบัน คือ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากขึ้นทุกขณะ ดังที่กล่าวแล้วว่า อุตสาหกรรมการผลิตพลังงานเป็นสาขาที่สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมากที่สุด ขณะที่อุตสาหกรรมการบินมีส่วนในการสร้างภาวะโลกร้อนจากโอโซนของอากาศยานด้วย

สภาวะโลกร้อน ทำให้อากาศแปรปรวนไปจากเดิม เช่น การระเหยของน้ำจากมหาสมุทรมีมากขึ้น ส่งผลให้พายุแบบต่าง ๆ มีกำลังแรงขึ้น จึงเกิดพายุรุนแรงในสภาพผิดปกติ หรือ ทำให้ทิศทางการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้บางพื้นที่เกิดความแห้งแล้งรุนแรง หรือ แปรปรวนอย่างคาดคะเนไม่ได้ อีกประการหนึ่ง คือ น้ำแข็งบริเวณขั้วโลกละลายเร็วขึ้น มีผลกับระดับน้ำทะเล ผลกระทบต่าง ๆ ทำให้สภาพอากาศปั่นป่วนไปทั่วโลก ฝนตกหนักโดยฉับพลัน เกิดอุทกภัย หรือ สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงไปอย่างสุดโต่ง เช่น ประเทศในแถบตะวันออกกลางซึ่งเป็นพื้นที่ที่เคยมีหิมะตก กลับมีหิมะ ประเทศที่เป็นเมืองหนาว มีคลื่นความร้อนสูงถึงระดับที่ทำให้เสียชีวิต การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ระดับน้ำทะเล น้ำแข็ง หิมะ และฝน กระบวนการเกษตร และป่าไม้ระบบนิเวศ ซึ่งส่งผลต่อความขาดแคลนอาหาร และสุขภาพ

ของมนุษย์ มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการระบาดของโรคมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อดำรงชีวิตของสัตว์และมนุษย์ตามมา (Warm Heart Foundation, 2021)

อากาศแปรปรวนที่เกิดจากสภาวะโลกร้อน ส่งผลกระทบต่อการบินหลายด้าน (IATA, 2019) เช่น อากาศที่มีการยกตัวแนวตั้ง (convective weather) กระแสลมกรด (jet stream) ทำให้อากาศแปรปรวนในเส้นทางบิน กระแสลมขวางทางวิ่ง (cross wind) สภาวะอากาศเหล่านี้ ส่งผลให้ต้องเปลี่ยนเส้นทางบิน ใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น หรืออาจถึงระดับที่ต้องหยุดการบินขึ้น สำหรับความเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศแบบสุดโต่ง (extreme weather) เช่น ลมแรง (high wind) หมอก พายุ กระแสอากาศปั่นป่วน (turbulence) และอากาศความร้อนสูงคงที่ (sustained extreme heat) นั้น พบว่า สามารถเกิดขึ้นในทุกระดับชั้นความสูง จึงส่งผลกระทบต่อการบินทั้งหมด ทำให้เสียเวลาการเดินทางเพิ่มขึ้น สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากขึ้น เกิดการล่าช้า และมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุมากขึ้น ซึ่งทำให้สูญเสียค่าใช้จ่าย ชีวิตและทรัพย์สิน ความขัดข้องในการเดินทางและการปฏิบัติงานของผู้โดยสาร รวมทั้งปัญหาทางการดำเนินงานของสายการบิน ทำให้อากาศยาน และหน่วยงานการจราจรทางอากาศ ตามมาอีกหลายชั้น สาเหตุที่ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ 2 ประเภท คือ

1.1 โอโซนของอากาศยาน ซึ่งประกอบด้วย

(1) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด มีปริมาณประมาณร้อยละ 70 ของโอโซน (Overton, 2019) ในปี ค.ศ. 2019 การบินพาณิชย์ปล่อยก๊าซคาร์บอน ๖ เข้าสู่บรรยากาศ 914 ล้านตัน คิดเป็นประมาณร้อยละ 2 ของปริมาณก๊าซคาร์บอน ๖ จากการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๖ โดยมนุษย์ทั้งหมด ซึ่งมีประมาณ 43 กิกะตัน (IATA, 2020) เปรียบเทียบข้อมูลก่อนหน้านี้ใน ปี ค.ศ. 2013 ปริมาณก๊าซคาร์บอน ๖ จากการการบินพาณิชย์เท่ากับ 710 ล้านตัน ในปี ค.ศ. 2017 เท่ากับ 860 ล้านตัน แสดงว่าในระยะเวลา 4 ปี ซึ่งเป็นระยะที่การบินพาณิชย์มีการเพิ่มก๊าซคาร์บอน ๖ สูงสุดเท่าที่เป็นมา มีอัตราการเพิ่มร้อยละ 21 ส่วนปี ค.ศ. 2018 มีปริมาณคาร์บอน ๖ 905 ล้านตัน สูงขึ้นจากปี ค.ศ. 2017 ร้อยละ 5 สหรัฐอเมริกา

ถือเป็นประเทศที่มีระบบการบินพาณิชย์ขนาดใหญ่ที่สุดในโลก ปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ 202.5 ล้านตัน เท่ากับร้อยละ 23.5 ของการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ จากการบินทั้งหมด ในปี ค.ศ. 2017 (Overton, 2019) สำหรับปี ค.ศ. 2019 สหรัฐอเมริกาปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ ร้อยละ 23 ภูมิภาคอื่นที่มีขนาดใหญ่รองลงมา คือ สหภาพยุโรป และจีน ปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ ร้อยละ 19 และ ร้อยละ 13 ตามลำดับ (Graver, 2020) ส่วนปี ค.ศ. 2020 หลังการระบาดของโควิด-19 การปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ เหลือเพียง 495 ล้านตัน (Mazareanu, 2021a)

เมื่อคำนวณสัดส่วนของการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ ตามจำนวนผู้โดยสารในการเดินทาง 1 กิโลเมตร อัตราเฉลี่ยเท่ากับ 90 กรัม ในปี ค.ศ. 2019 ลดลงร้อยละ 2 จากปี ค.ศ. 2018 หรือ เท่ากับร้อยละ 12 จากปี ค.ศ. 2013 มีข้อสังเกตว่า สัดส่วนการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ สูงสุด คือ ผู้โดยสารชั้น 1 และชั้นธุรกิจ สูงกว่าชั้นประหยัด 2.6-4.3 เท่า สัดส่วนของที่นั่งชั้นพิเศษ (premium) 2 ชั้นนี้รวมแล้ว เท่ากับร้อยละ 19 ของการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ จากการบินทั้งหมด ขณะที่เครื่องบินลำตัวแคบปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ ร้อยละ 37 เครื่องบินลำตัวกว้างปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ ร้อยละ 24 เที่ยวบินขึ้นประหยัดในประเทศ ปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ ร้อยละ 5 และการขนส่งสินค้าเท่ากับร้อยละ 15 (Graver, 2020)

เครื่องยนต์อากาศยานประเภทไอพ่น (jet) ปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ ปริมาณ 1 กิโลกรัมจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล 3.16 กิโลกรัม ไม่ว่าอยู่ในช่วงไหนของการบิน (ATAG, 2020) จากการคำนวณอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ จากอากาศยาน 2 รุ่น คือ B734-400 และ B747-400 พบว่า มีการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ เท่ากับ 90 กิโลกรัมต่อการบิน 1 ชั่วโมง แต่เนื่องจากผลกระทบของก๊าซคาร์บอน ๓ ที่มีต่อสภาพบรรยากาศมากขึ้น เมื่ออยู่ในระดับสูง ดังนั้น เมื่อคำนวณรวมกับการแผ่รังสี (radiative forcing) ซึ่งเท่ากับ 2 ผลกระทบจึงมีเท่ากับปริมาณก๊าซคาร์บอน ๓ 180 กิโลกรัม และเมื่อคำนวณรวมกับการใช้เชื้อเพลิงในการกลับ การขนส่งน้ำมันดิบ ความสูญเสียในการกลับ การบำรุงรักษา และการดำเนินงานของท่าอากาศยานด้วย ปริมาณก๊าซคาร์บอน ๓ จากการบินจะเท่ากับ 250 กิโลกรัมต่อการบิน 1 ชั่วโมง การคำนวณของกรมการขนส่ง

สหราชอาณาจักร (UK Department for Transport) เท่ากับ 134 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ไม่รวมค่าแผ่รังสี) สถาบันพลังงานแห่งชาติ สหราชอาณาจักร (National Energy Foundation) คำนวณได้ 150 กิโลกรัมต่อการบิน 1 ชั่วโมง ทั้งนี้เปรียบเทียบความเร็วการบินที่ 850 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Carbon Independent Organization, 2021)

อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่า สัดส่วนการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ ของการบินพาณิชย์เท่ากับร้อยละ 12 ของก๊าซคาร์บอน ๓ ที่เกิดจากการขนส่งทั้งหมด โดยการขนส่งทางบกมีสัดส่วนร้อยละ 74 (ATAG, 2020) เมื่อเปรียบเทียบกับ การปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ ทุกสาขา ตามการรวบรวมสถิติขององค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) จากปี ค.ศ. 2007 ถึง ปี ค.ศ. 2018 การผลิตพลังงานเป็นสาขาที่ปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ สูงสุด (OECD, 2021) คิดเป็นร้อยละ 44 ของก๊าซคาร์บอน ๓ ทั้งหมด มากกว่าสาขาการขนส่งทางบกกับภาคอุตสาหกรรมอื่นทั้งหมดรวมกัน (Tiseo, 2021)

(2) ไอน้ำ เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์ ทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจน เมื่อผสมกับออกซิเจนในอากาศจะเกิดเป็นน้ำ เมื่อเกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศระดับสูงกว่า 30,000 ฟุต จะควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำขนาดเล็กจำนวนมาก หากอุณหภูมิของอากาศต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำมาก ๆ คือ ระหว่าง -30 ถึง -50 องศาเซลเซียส หยดน้ำขนาดเล็กเหล่านี้จะแข็งตัวจนกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง โดยตาเปล่าจากพื้นดินจะมองเห็นเป็นทางเมฆสีขาว (condensation trail-contrail) หรือทางไอน้ำ (vapour trail) ซึ่งชักนำให้เกิดเมฆชนิดที่เป็นริ้ว เรียกว่า เมฆหางม้า (cirrus cloud) ซึ่งทั้งผลึกน้ำแข็งและเมฆจะดักจับรังสีอินฟราเรด และส่งผลให้เกิดภาวะเรือนกระจกสูงกว่าก๊าซคาร์บอน ๓ ถึง 3 เท่า เพราะถึงแม้การจับตัวของไอน้ำและเมฆจากไอเสียแต่ละครั้งจะมีระยะคงตัวประมาณ 1 ชั่วโมง แต่จากความหนาแน่นของเที่ยวบิน ทำให้มีผลกระทบต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ โดยภาพรวมในปัจจุบัน ผลกระทบจากไอน้ำมีสูงกว่าผลกระทบจากก๊าซคาร์บอน ๓ (Overton, 2019) ทางไอน้ำมีส่วนในการสร้างภาวะโลกร้อนมากกว่าสาเหตุอื่น (Pearce, 2019) มีผลการวิจัยเกี่ยวกับทางไอน้ำเมื่อปี ค.ศ.2011 พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่าในปี ค.ศ. 2050 เนื่องจากมาตรการของหน่วยงานกำกับ

ดูแลและสายการบินต่าง ๆ มุ่งไปที่การลดก๊าซคาร์บอน ๆ ทำให้ละเลยความสนใจเรื่องทางไอน้ำไป ไม่มีการกำหนดให้บันทึกหรือรายงานปริมาณไอน้ำแต่อย่างใด การวิจัยนี้ยังพบว่าปริมาณของทางไอน้ำมีส่วนสัมพันธ์กับเขม่า (soot) คือ เขม่ามีส่วนทำให้ทางไอน้ำคงตัวได้นานขึ้น กรณีที่ตรวจสอบว่ามีเขม่าน้อยลงร้อยละ 50 พบว่า ปริมาณทางไอน้ำลดลงร้อยละ 15 (Camero, 2019) โดยทั่วไปเมฆเป็นปัจจัยหนึ่งของภาวะโลกร้อน เพราะกักความร้อนบนพื้นดินไว้ (Toomey, 2017)

(3) ก๊าซอื่น ๆ จากไอเสียเครื่องยนต์อากาศยาน นอกเหนือจากก๊าซคาร์บอน ๆ ส่งผลต่อสภาวะภูมิอากาศต่างกัน แต่โดยภาพรวมล้วนมีส่วนเร่งสภาวะโลกร้อนทั้งหมด เช่น โอโซน (O_3) จะลดลงในระยะแรก แต่จะเพิ่มขึ้นในระยะยาว ส่วนก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้น (CH_4) (Ritchie, 2020) ก๊าซมีเทนมีผลต่อการกักเก็บความร้อนพื้นโลกมากกว่าก๊าซคาร์บอน ๆ 25 เท่า (US Environmental Protection Agency, 2016) แต่เนื่องจากมีปริมาณน้อยที่เกิดจากไอเสียของอากาศยาน จึงมีผลไม่มากในภาพรวม

(4) ฝุ่นและอนุภาค ไอเสียจากเครื่องยนต์อากาศยานปล่อยฝุ่นคาร์บอนดำ (BC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (Geometric Mean Diameter--GMD) ประมาณ 31.99 ± 0.8 นาโนเมตร (Nanometre--nm) หรืออาจเรียกว่า ไฮโดรคาร์บอนที่เผาไหม้ไม่หมด (Unburned Hydrocarbons--UHC) หรือ สารประกอบอินทรีย์ไม่คงตัว (Volatile Organic Compounds--VOC) ถือเป็นสารมีพิษ (toxic) ฝุ่นขนาดเล็กทำให้ทางไอน้ำก่อตัวได้ง่ายขึ้น และมีส่วนเสริมการก่อตัวของโอโซนด้วย ซึ่งโอโซนมีผลดีในการดักจับรังสีอันตรายจากอวกาศ แต่มีผลเสียต่อระบบการหายใจ หากร่างกายได้รับนานเกินไป (Afework et al., 2020)

1.2 การใช้เชื้อเพลิงของอากาศยาน อัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงของอากาศยาน ส่งผลโดยตรงของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ ผลการศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของอากาศยาน 5 รุ่น คือ B747 B777 B787 A340 และ A380 (Hunsiritrakun & Wangjiraniran, 2031) ในการบินปกติ อากาศยานรุ่น B747 มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสูงที่สุด เมื่อวิเคราะห์ทั้งวงจรการขึ้นลง (landing--take off cycle) พบว่า อากาศยานรุ่น A380 มีการใช้เชื้อเพลิงมากที่สุด แต่เมื่อวิเคราะห์ถึง

ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อน้ำหนักในการขนส่ง ซึ่งก่อให้เกิดรายได้ พบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าต่างกันไม่มาก เนื่องจากอากาศยานรุ่น B747 สามารถบรรทุกน้ำหนักได้ในปริมาณที่มากกว่า อากาศยานรุ่น B777 และ A340 เครื่องบินขนาดใหญ่อย่างแอร์บัส A380 นั้นมีอัตราการใช้ น้ำมันมากกว่า 9,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และจะปล่อยก๊าซคาร์บอน ๆ ถึง 500 กิโลกรัมต่อนาที ทั้งนี้ ค่าใช้จ่ายของการบินพาณิชย์ ในส่วนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงคิดเป็นอันดับสอง คือ ร้อยละ 17.7 อันดับแรกคือ ค่าจ้างพนักงาน ประมาณร้อยละ 32.3 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด (Rodrigue, 2021) ดังนั้น การลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจึงเป็นเป้าหมายที่ส่งผลดีกับทั้งผู้โดยสาร สายการบิน และสังคมส่วนรวม

ในภาพรวม สภาวะโลกร้อนมีผลกระทบต่อ การดำรงชีวิต สุขภาพ วิถีสังคม ในแง่ที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายด้านสังคม สูงขึ้นเป็นวงจรร เช่น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ที่พักอาศัยจะใช้พลังงานสูงขึ้น เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งส่งผลต่อการผลิตพลังงาน ซึ่งมีการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๆ มากขึ้นอีก ทำให้เกิดการเพิ่มภาวะโลกร้อนมากกว่าเดิม ดังนั้นจึงส่งผลเสียต่อสุขภาพ ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสุขภาพจึงเพิ่มขึ้น ซึ่งผลกระทบทางสุขภาพส่งผลกระทบต่อไปยังคุณภาพของประชากร และประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน ส่งผลต่อรายได้ ผลผลิตทางเศรษฐกิจ ที่จะส่งผลต่อความเป็นอยู่ของประชาชนจำนวนมาก

2. ผลกระทบทางเสียงและทางน้ำ

การบินพาณิชย์ส่งผลกระทบทางเสียงและน้ำ โดยตรงกับสังคมและชุมชนน้อยกว่าผลกระทบของมลภาวะทางอากาศ ผลกระทบ 2 ด้านนี้ เกิดขึ้นในพื้นที่ตั้งท่าอากาศยาน ดังรายละเอียด ต่อไปนี้

2.1 เสียง ฝ่ายนโยบายสิทธิประชาชนและรัฐธรรมนูญ (Policy Department for Citizens' Rights and Constitutional Affairs) สหภาพยุโรป ระบุว่า ผลกระทบจากเสียงอากาศยานขึ้นลงท่าอากาศยาน คือ รบกวนการนอน (sleep disturbance) สร้างความรำคาญ (community annoyance) สาเหตุหนึ่งของโรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular disease) และ

ปัญหาทางจิตใจ (mental health) (Elliff, Cremaschi & Huckenvisa, 2020) จากการศึกษาการตีราคาที่ดินรอบพื้นที่ทำอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อมูลค่าที่ดินรอบพื้นที่ทำอากาศยาน 5 ด้าน คือ ความปลอดภัย เสียง ทัศนียภาพ มลภาวะทางอากาศ และการจราจร ผลปรากฏว่า มลภาวะด้านเสียงมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางลบกับราคาที่ดิน (Limlomwongse Suksmith & Nitivattananon, 2015) นั่น คือ มลภาวะทางเสียงทำให้ราคาที่ดินลดต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยจำนวนมาก (Bell, 2001)

2.2 น้ำ มลภาวะทางน้ำจากการบินพาณิชย์ เกิดขึ้นจากการดำเนินงานของท่าอากาศยานเป็นหลัก แหล่งของมลภาวะ ได้แก่ สารเคมีต่าง ๆ เช่น สารเคมีที่ใช้ในการละลายน้ำแข็งและป้องกันน้ำแข็งเกาะอากาศยาน สารเคมีที่ใช้ในการละลายน้ำแข็งและป้องกันน้ำแข็งเกาะพื้นผิวในท่าอากาศยาน น้ำมันรั่วไหล และ สารเคมีและโพลีเมอร์ใช้ในการซ่อมหรือการดับเพลิง สารไฮโดรคาร์บอนจากวัสดุผิวและการรั่วไหลจากอากาศยาน สารกำจัดวัชพืชและสัตว์ (ICAO Environment, 2019) สารต่าง ๆ เช่น ไนโตรเจน ไนโตรเจนออกไซด์ และทองแดง (Walters & Spuller, 2021) น้ำที่ใช้ในการบำบัดของเสีย ฝุ่น โคลน รวมทั้งน้ำธรรมชาติจากฝนหรือพายุที่ปนเปื้อนสารเคมี ฝุ่นโคลนและของเสียต่าง ๆ (Baxter, Srisaeng & Wild, 2019) ผลกระทบของน้ำที่ปนเปื้อนเหล่านี้เกิดขึ้นกับแหล่งน้ำธรรมชาติและพื้นดินรอบท่าอากาศยาน เช่น ไนเตรต

ทำให้เกิดสาหร่ายมากจนคลุมผิวน้ำ ทำให้น้ำขาดออกซิเจน น้ำเสีย จนไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โลหะต่าง ๆ ทำให้น้ำใต้ดินปนเปื้อนเป็นอันตรายต่อการนำไปบริโภค หรือบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนสารเคมีต่าง ๆ การป้องกันและบำบัดน้ำปนเปื้อนเหล่านี้ ถือเป็นภารกิจสำคัญอย่างหนึ่งของท่าอากาศยาน

แนวทางการลดผลกระทบจากมลภาวะ

แนวทางการลดผลกระทบจากมลภาวะทางอากาศ มลภาวะทางเสียง และมลภาวะทางน้ำ มีดังต่อไปนี้

1. แนวทางการลดมลภาวะทางอากาศ ความพยายามลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเป็นทางการ

คือ พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ในปี ค.ศ. 1994 ซึ่งเป็นไปตามกรอบความร่วมมือด้านความเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change) มีประเทศเข้าร่วม 197 ประเทศ (UNFCCC, 2021b) ล่าสุด คือ การลงนามสนธิสัญญาแก้ปัญหาโลกร้อนกรุงปารีส (Paris agreement) ปี ค.ศ. 2015 มีสมาชิก 196 ประเทศบังคับใช้ เมื่อ พฤศจิกายน ค.ศ. 2016 จุดมุ่งหมาย คือ การจำกัดภาวะโลกร้อนให้เหลือไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส เป้าหมาย คือ 1.5 องศา เมื่อเทียบกับระยะก่อนยุคอุตสาหกรรม (UNFCCC, 2021a) ในส่วนของการบินพาณิชย์สามารถลดผลกระทบลงได้ค่อนข้างมาก ในปี ค.ศ. 2018 อัตราส่วนการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ เท่ากับ 125 กรัม ต่อรายได้ต่อระยะทาง (RPK) ในปี ค.ศ. 1960 อัตราที่สูงกว่านี้ 11 เท่า และในปี ค.ศ. 1950 อัตราที่สูงกว่านี้ 20 เท่า (Ritchie, 2020) แนวทางการลดภาวะโลกร้อน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ สายการบิน ผู้โดยสาร และรัฐบาล ดังต่อไปนี้

1.1 แนวทางที่ปฏิบัติโดยสายการบิน

(1) เส้นทางบินตรง เส้นทางบินที่ไม่ต้องมีจุดแวะพัก จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพราะการบินขึ้นและลงจอด (LTO) จะเป็นช่วงที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงมากที่สุด และจะปล่อยก๊าซคาร์บอน ๓ ออกมามากที่สุด หากบินตรงโดยไม่หยุดพัก ก็จะใช้เชื้อเพลิงน้อยลง เกิดก๊าซคาร์บอน ๓ น้อยลง อย่างไรก็ตามสายการบินจะต้องมีอัตราการใช้น้ำมันน้อยกว่าร้อยละ 65 (Rodrigue, 2021) จึงจะครอบคลุมค่าใช้จ่ายในการบินเที่ยวนั้นได้ในบางกรณี จำเป็นต้องรวบรวมเส้นทางเพื่อเพิ่มจำนวนผู้โดยสาร (Hsu & Eie, 2013) จึงเป็นเรื่องที่ผู้บริหารสายการบินจะต้องเปรียบเทียบผลดีผลเสียของการประหยัดเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากที่นั่ง

(2) การเพิ่มที่นั่งชั้นประหยัด เพราะสามารถจัดได้จำนวนมาก ทำให้การบินแต่ละเที่ยวบินสามารถบรรทุกผู้โดยสารได้จำนวนมาก อย่างไรก็ตามต้องเป็นไปตามความต้องการของผู้โดยสาร และต้องคำนึงว่า รายได้ร้อยละ 75 ของสายการบินมาจากค่าโดยสารชั้นพิเศษ (Nugent, 2021)

(3) การใช้อากาศยานประสิทธิภาพสูง ปัจจุบันบริษัทผลิตอากาศยานได้ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการผลิตเครื่องยนต์และผลิตเครื่องบิน เช่น โบอิง ได้ผลิตอากาศยานรุ่นใหม่ที่มีชื่อเสียงมากของโบอิง คือ B787 Dream Liner ที่ถือว่ามีประสิทธิภาพสูงพิเศษ (super-efficient) เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องบินคู่แข่งทุกรุ่น เนื่องจากการใช้โลหะผสม (composite) มากถึงร้อยละ 80 ของทั้งหมด และใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน 2 ชุด ในการสตาร์ทเครื่องยนต์และระหว่างให้บริการภาคพื้นดิน เฉพาะรุ่น B787-10Max สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้มากกว่าคู่แข่งร้อยละ 10 และประหยัดได้มากกว่ารุ่นเดิมของโบอิงเองร้อยละ 25 (Boeing, 2017) นอกจากนี้ได้กำหนดนโยบายการผลิตเครื่องบินขนาดกลาง (New Midsize Airplane--NMA) และขนาดเล็ก (Future Small Airplane--FSA) เพื่อตอบสนองความเปลี่ยนแปลงของตลาดการเดินทางทางอากาศ (Hardiman, 2021) ส่วนแอร์บัส ได้พัฒนาเครื่องบินรุ่นซีโร-อี (ZERO-e) ซึ่งหมายถึงมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์ คือ ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงรุ่นเบลด (BLADE) มีปีกเพียวลมขึ้น ลดความผิดในการปะทะอากาศลงร้อยละ 50 จากปีกแบบเดิม ทำให้สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงลงร้อยละ 5 นอกจากนี้มีการพัฒนาอากาศยานที่ใช้พลังงานไฟฟ้าต่าง ๆ อีกหลายรุ่นที่สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงและลดการปล่อยก๊าซได้มากกว่าเดิม (Airbus S.A.S, 2021) สายการบินที่เปลี่ยนมาใช้เครื่องบินที่ประหยัดเชื้อเพลิงดังกล่าว จะสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๖ ไปด้วย อย่างไรก็ตามปัญหา คือ สายการบินต้องใช้งบลงทุนเพิ่มขึ้น ขณะที่อายุการใช้งานอากาศยานรุ่นเดิมยังเหลืออยู่ จึงเป็นแนวทางที่ผู้บริการจะต้องเปรียบเทียบผลดีผลเสียจากการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง การจ่ายภาษีคาร์บอน การบำรุงรักษา กับการลงทุนใหม่ และจำนวนผู้โดยสารที่เพิ่มขึ้น

(4) การพัฒนาเชื้อเพลิงชนิดใหม่ ในวงการบินมีความพยายามที่จะพัฒนาเชื้อเพลิงที่ยั่งยืนสำหรับการบิน (Sustainable Aviation Fuel--SAF) คือ เชื้อเพลิงที่แปรรูปมาจากน้ำมันปาล์มอาหาร ไขมันสัตว์ น้ำมันพืช และเศษไม้หรือพืชต่าง ๆ รัฐบาลสหรัฐอเมริกา กำลังผลักดันกฎหมายยกเว้นภาษีสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงดังกล่าว อย่างไรก็ตามเท่าที่ผ่านมาการพัฒนาไปได้ไม่มาก เนื่องจากต้นทุน

การผลิตสูงกว่าเชื้อเพลิงปัจจุบันประมาณ 3-4 เท่า ในประเทศเนเธอร์แลนด์มีความพยายามผลิตพลังงานจากน้ำและก๊าซคาร์บอน ๖ และได้ทดสอบการบินจริงแล้วเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2021 นี้ แต่ต้นทุนการผลิตยังสูงกว่าปกติ 6-7 เท่า (Nugent, 2021) ดังนั้นปัจจุบันเชื้อเพลิงอากาศยานยังใช้น้ำมันชนิดเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับ การขนส่งทางบก ที่สามารถพัฒนามาใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างแพร่หลายแล้ว

อย่างไรก็ตาม สายการบินจำนวนหนึ่งได้จัดสรรงบประมาณในการพัฒนาเชื้อเพลิงชนิดใหม่นี้ เช่น สายการบินยูไนเต็ด (United Airlines) ประกาศร่วมทุนกับหลายกิจการในการพัฒนาเชื้อเพลิงจากขยะ ในวงเงิน 3.4 ล้านดอลลาร์สหรัฐ สำหรับปี ค.ศ. 2021 สายการบินอังกฤษ (British Airways) กำหนดแผนการใช้พลังงานยั่งยืนไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ภายในปี ค.ศ. 2030 ทำนองเดียวกับสายการบินไรอันแอร์ (Ryanair) ประกาศแผนการใช้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 12.5 ภายในปีเดียวกัน สหภาพยุโรปเริ่มพิจารณาบังคับให้สายการบินระยะสั้นต้องใช้เชื้อเพลิงยั่งยืนในปี ค.ศ. 2030 เช่นเดียวกัน สมาคมขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ (IATA) กำลังผลักดันนโยบายการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซไฮโดรเจนสำหรับเที่ยวบินระยะสั้น (Nugent, 2021)

(5) การจัดเก็บภาษีคาร์บอน (carbon tax) เป็นเงินชดเชยการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๖ จากเครื่องบินที่ทำการบินในแต่ละเที่ยวบิน คือ การบริจาคเงินให้หน่วยงานที่รับผิดชอบดำเนินการในการลดคาร์บอนแทน หลายประเทศส่วนใหญ่ในกลุ่ม EU ให้ความร่วมมือในมาตรการดังกล่าว แต่ประเทศใหญ่ ๆ บางประเทศ กลับไม่ให้ความร่วมมือ เช่น สหรัฐอเมริกา จีน และอินเดีย แนวทางนี้ สายการบินจะเรียกเก็บเงินจากผู้โดยสาร อัตราการเรียกเก็บแตกต่างกันไปแต่ละประเทศ ตัวอย่างอัตราการเรียกเก็บภาษีคาร์บอนตามตาราง 1 (Lopez, 2019)

ตาราง 1

อัตราภาษีคาร์บอนของประเทศในสหภาพยุโรป (ยูโรดอลลาร์)

ประเทศ	ประเภท/ระยะทาง	ในสหภาพฯ	ต่างประเทศ
ฝรั่งเศส	ชั้นประหยัด	1.5	9
	ชั้นธุรกิจ	3	18
สวีเดน	ทุกประเภท	6	25
เยอรมนี	ระยะไม่เกิน 6,000 กม	8	25
	ระยะทางเกิน 6,000 กม	8	42
เนเธอร์แลนด์	การเดินทาง	7	7
	การขนส่งสินค้า ต่อ 1 ตัน	3.85	3.85

Note. From “Aviation tax: Which EU countries charge passengers? Euronews” by F. Lopez, 2019, retrieved from <https://www.euronews.com/2019/07/10/aviation-tax-which-eu-countries-charge-passengers>

1.2 แนวทางที่ปฏิบัติโดยผู้โดยสาร

(1) จำกัดสัมภาระ ควรเดินทางให้มีสัมภาระน้อยที่สุด เมื่อนำสัมภาระไปมาก ก็จะทำให้เครื่องบินมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น และต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น ควรนำไปเฉพาะสิ่งจำเป็น และเลือกสิ่งของที่ชิ้นเล็กและมีน้ำหนักเบา

(2) เลือกเดินทางชั้นประหยัด เลือกเดินทางชั้นประหยัด เพราะมีที่นั่งจำนวนมาก ทำให้การบินแต่ละเที่ยวบินสามารถบรรทุกผู้โดยสารได้จำนวนมากขึ้น อย่างไรก็ตามในเที่ยวบินระยะไกล อาจทำให้ผู้โดยสารเกิดความเมื่อยล้า และเกิดความไม่สะดวกต่าง ๆ ได้ เพราะการบริการระหว่างชั้นธุรกิจแตกต่างจากชั้นประหยัด

(3) การเลือกสายการบิน ผู้โดยสารควรตรวจสอบว่า สายการบินใช้เครื่องบินรุ่นที่ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๆ หรือไม่ ดังนั้นในการเลือกเที่ยวบินควรมีข้อมูลรุ่นเครื่องบินที่สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ ซึ่งผู้โดยสารควรได้รับข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากสายการบินด้วย ตามข้อมูลปัจจุบัน เครื่องบินที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดเชื้อเพลิงมากที่สุด คือ B787 Dream Liner ดังกล่าวแล้วข้างต้น

(4) ใช้การเดินทางทางบก ในมุมมองที่เข้มงวดมาก มีข้อเสนอแนะว่า ควรลดการเดินทางโดยเครื่องบินให้น้อยลง ซึ่งอาจเป็นไปได้หากมีการเดินทางที่สะดวก รวดเร็ว เช่น ทางราง หรือควรเลิกเดินทางโดยเครื่องบิน

กลุ่มผู้เคลื่อนไหวทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีเด็กหญิงชาวสวีเดน คือ เกรต้า ธันเบิร์ก (Greta Thunberg) เป็นผู้นำ เรียกการเดินทางทางอากาศที่ไม่จำเป็นว่าเป็นเรื่องน่าละอาย (flight shame) แนวคิดนี้ได้รับความเชื่อถือมากขึ้นจนทำให้ประชาชนในสหภาพยุโรปมีแนวโน้มลดการเดินทางทางอากาศระยะสั้นลง (Nugent, 2021)

(5) ลดการเดินทางเพื่อปฏิบัติงาน ปัจจุบันมีการส่งเสริมให้มีการปฏิบัติงานออนไลน์มากขึ้น มีการนำเทคโนโลยีการสื่อสารใหม่ที่ทำให้สื่อสารได้รวดเร็วและส่งผ่านข้อมูลได้มาก มีโปรแกรมและแอปพลิเคชันใหม่ ๆ เกิดขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานร่วมกัน ผู้บริหารสูงสุดของไมโครซอฟท์ คือ บิลล์ เกตส์ คาดว่า การเดินทางเพื่อการปฏิบัติงานหลังวิกฤติโควิด-19 จะเหลือเพียงประมาณครึ่งหนึ่งจากระดับเดิม และการทำงานในสำนักงานจะลดลงประมาณ ร้อยละ 30 โดยใช้การทำงานจากที่อยู่อาศัยแทน ขณะที่กิจการที่ปรึกษาแมคคินซี (McKinsey) ประมาณว่า การเดินทางเพื่อปฏิบัติงานจะลดลงร้อยละ 20 จากระดับเดิม (Higgins-Dunn, 2020)

1.3 แนวทางที่ปฏิบัติโดยรัฐบาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

(1) ส่งเสริมการขนส่งทางราง มองในแง่สังคม การบินพาณิชย์เป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ให้ประโยชน์กับประชากรเพียงร้อยละ 20 ของประชากรทั้งหมดของโลก

(Ritchie, 2020) ผลการวิจัยเรื่องหนึ่งสรุปว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน ๖ ประมาณครึ่งหนึ่งของการบินพาณิชย์เป็นผลมาจากการเดินทางของผู้โดยสารที่คิดเป็นเพียงร้อยละ 1 ของประชากรโลก (Gössling & Humpe, 2020) ดังนั้น นโยบายการส่งเสริมการเดินทางและการขนส่งทางราง ควรได้รับการสนับสนุนในทุกพื้นที่ เนื่องจากการขนส่งทางรางมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (European Commission. Directorate-General for Energy and Transport, 2008) รัฐบาลของแต่ละประเทศมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเดินทางทางราง ประเทศฝรั่งเศสห้ามการเดินทางเที่ยวบินระยะสั้น หากระหว่างเมืองนั้นมีทางรถไฟ ประเทศออสเตรเลียอุดหนุนงบประมาณสายการบินแห่งชาติให้ยกเลิกเที่ยวบินระยะสั้นในประเทศ สมาคมการบินในประเทศเยอรมนีเริ่มกำหนดแนวทางทดแทนเส้นทางบินกับกิจการรถไฟ ประเทศอิตาลีและเบลเยียมอนุมัติงบประมาณเพิ่มขึ้นในการพัฒนาทางรถไฟ เป็นส่วนหนึ่งของการฟื้นฟูเศรษฐกิจหลังวิกฤติโควิด-19 ส่วนสหรัฐอเมริกา นั้น ถึงแม้จะพยายามเริ่มต้นทดแทนการเดินทางทางอากาศภายในประเทศด้วยการเดินทางทางรถไฟ แต่ผู้บริหารการรถไฟเยอรมันระบุว่า ต้องมีการพัฒนาอีกมาก เพราะการรถไฟของสหรัฐถูกละเลยไปเป็นเวลานาน (Nugent, 2021)

(2) การสนับสนุนและการจูงใจอื่น ๆ การสนับสนุนจากรัฐบาลเกี่ยวกับมาตรการต่าง ๆ ในรูปของการกำหนดกฎระเบียบให้สอดคล้องกับการดำเนินงานของหน่วยราชการทุกส่วน การจัดสรรเงินอุดหนุนและเงินกู้สำหรับผู้ดำเนินการด้านการบิน และการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารที่จำเป็นสำหรับผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย (Climate and Development Knowledge Network, 2017)

2. แนวทางการลดมลภาวะทางเสียง องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) ระบุว่า มลภาวะทางเสียงของอากาศยานเป็นสาเหตุสำคัญของการต่อต้านการบินและท่าอากาศยาน โดยได้กำหนดแนวทางป้องกันปัญหามลภาวะทางเสียงไว้ ตามเอกสารฉบับที่ 9829 เรื่อง แนวทางการจัดการเสียงแบบสมดุล (Balanced Approach to Aircraft Noise Management) แยกเป็น 4 แนวทาง คือ (1) ลดเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง ซึ่งขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีการผลิตอากาศยาน (2) การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน

(3) ข้อจำกัดการบิน และ (4) มาตรการลดระดับเสียง (ICAO, 2008) มาตรการสำคัญอีกประการหนึ่งที่อยู่ระหว่างการดำเนินการขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) คือ การกำหนดมาตรฐานด้านเสียงของอากาศยาน ความเร็วเหนือเสียง คาดว่าจะแล้วเสร็จในระหว่างปี ค.ศ. 2020-2025 (ICAO, 2019)

3. แนวทางการลดมลภาวะทางน้ำ มลภาวะทางน้ำเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในระยะที่มีการเติบโตของอุตสาหกรรม หรือการขยายตัวของเมือง ซึ่งโดยปกติทุกท้องถิ่นมีกำหนดกฎหมายหรือข้อบังคับด้านน้ำเสียอยู่แล้ว ท่าอากาศยานในฐานะหน่วยงานหนึ่งในท้องถิ่น สามารถกำหนดแนวทางการบำบัดหรือกำจัดน้ำเสียได้ตามมาตรฐานของเมืองหรือท้องถิ่นนั้น ๆ

การบินพาณิชย์: ปัญหาสังคม

การเจริญเติบโตของการบินพาณิชย์ ส่งผลต่อการจ้างงานจำนวนมาก ในปี ค.ศ. 2018 ทั่วโลกมีสายการบินจำนวน 1,478 สายการบิน มีเครื่องบินกว่า 33,299 ลำ เส้นทางบิน 48,000 เส้นทาง ท่าอากาศยานจำนวน 3,780 แห่ง และมีกิจการบริการเดินอากาศ 162 กิจการ มีผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมการบินทั่วโลกประมาณ 87.7 ล้านคน เฉพาะผู้ปฏิบัติงานโดยตรงในการขนส่งทางอากาศคือ สายการบิน ท่าอากาศยาน และการจราจรทางอากาศ มีจำนวนประมาณ 11 ล้านคน (IATA, 2020) การจ้างงานในอุตสาหกรรมการบิน มีอัตราส่วนในการเพิ่มมูลค่าเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจต่อคนสูงกว่าสาขาอาชีพอื่น 4.3 เท่า (ATAG, 2020) มูลค่าทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมการบินในปี ค.ศ.2019 เท่ากับ 3.5 ล้านล้าน (trillion) ดอลลาร์สหรัฐ เท่ากับร้อยละ 4.1 ของมูลค่าธุรกรรมทั่วโลกทั้งหมด หรือ เปรียบเทียบลำดับของรายได้ประชาชาติทุกประเทศ อุตสาหกรรมการบินจะมีรายได้เป็นลำดับที่ 17 ของประเทศทั้งหมด (IATA, 2020) ประมาณเท่ากับรายได้ประชาชาติของประเทศเนเธอร์แลนด์ (ATAG, 2020) ดังนั้น ถึงแม้ว่าการบินพาณิชย์เป็นต้นเหตุสำคัญอย่างหนึ่งของภาวะโลกร้อน แต่ยังเป็นอุตสาหกรรมที่มีความจำเป็นต่อสังคมโดยรวมอยู่

ที่ผ่านมาอุตสาหกรรมการบินประสบความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาได้เป็นอย่างดี และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในอีกหลายด้าน เป้าหมายของอุตสาหกรรมการบินในการลดก๊าซเรือนกระจก คือ ภายในปี ค.ศ. 2050 อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะต้องลดลงมากกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณในปี ค.ศ.2015 (ATAG, 2021) ในแง่ของประสิทธิภาพ การเดินทางทางอากาศมีประสิทธิภาพสูงเมื่อพิจารณาจากอัตราการใช้ประโยชน์จากที่นั่ง (occupancy) ซึ่งเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 82 แสดงว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าการเดินทางทางบกและทางน้ำ ในขณะที่ค่าโดยสารลดต่ำลงจากอดีตอย่างมาก เปรียบเทียบว่าค่าโดยสารจากเมืองซินีเย ประเทศออสเตรเลียถึงกรุงลอนดอนสหราชอาณาจักร ในปี ค.ศ. 1945 เท่ากับค่าจ้าง 130 สัปดาห์ แต่ปัจจุบันเท่ากับ 1.7 สัปดาห์เท่านั้น (ATAG, 2020) เท่ากับว่า การเดินทางทางอากาศเป็นการเดินทางที่ประหยัดเป็นผลดีกับผู้เดินทาง ในขณะที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซฯ น้อยกว่า

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการบินพาณิชย์ มีผลกระทบต่อสังคมหลายประการ อุตสาหกรรมการบินได้กำหนดแนวทางเพื่อแก้ไขปัญหาแล้วดังกล่าวข้างต้น แต่แนวทางในการแก้ปัญหานั้น ๆ มีผลกระทบต่อสังคมเกี่ยวกับค่าใช้จ่าย ความสะดวกสบาย ความปลอดภัย ต้นทุนในการดำเนินการ และความเชื่อมั่นของผู้โดยสาร ซึ่งจะแยกการพิจารณาออกเป็น 2 ประเด็น คือ มลภาวะทางอากาศ มลภาวะทางเสียงและทางน้ำ ดังต่อไปนี้

1. มลภาวะทางอากาศ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากไอเสียอากาศยานเป็นปัญหาสำคัญที่สุดต่อสิ่งแวดล้อม ในส่วนของการบินพาณิชย์ พบว่า แนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้ดำเนินการมาแล้วมีผลกระทบต่อสังคมหลายประการ แยกออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ผู้โดยสาร สายการบิน และหน่วยงานของรัฐ ดังต่อไปนี้

1.1 ผู้โดยสาร เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งของแนวทางรักษาสภาพแวดล้อมจากการเดินทางทางอากาศ ซึ่งหมายถึง การลดความสะดวกสบายในการเดินทางลง เช่น การลดปริมาณสัมภาระ การเลือกเดินทางชั้นประหยัด การเลือกเดินทางระยะสั้น (ในประเทศ) โดยการโดยสารรถไฟแทน และการเรียกเก็บภาษีคาร์บอนจากผู้เดินทาง

ทางอากาศ ซึ่งเป็นแนวทางที่จะต้องได้รับการยอมรับจากประชาชนทั่วไป การรณรงค์สร้างความตระหนักรู้ด้านสิ่งแวดล้อม จึงเป็นภารกิจที่สำคัญของสังคม

1.2 สายการบิน สายการบินมีภาระในด้านการลงทุน จะต้องสร้างความสมดุลระหว่าง รายได้-รายจ่าย การลงทุนเปลี่ยนอากาศยานเป็นรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง ตลอดจนการจัดเที่ยวบินตรงระยะทางไกลเพื่อประหยัดเชื้อเพลิงและลดมลภาวะนั้น เป็นภาระค่าใช้จ่ายที่ต้องอาศัยเวลาและการเติบโตของตลาดการบิน หากสายการบินมีภาระการลงทุนสูงจนไม่สามารถดำเนินการได้จะเกิดผลเสียต่อการจ้างงานและกระทบต่อความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจด้วย

1.3 หน่วยงานของรัฐ ในแง่ของการสนับสนุนอุตสาหกรรมการบินต่าง ๆ หน่วยงานของรัฐจำเป็นต้องสร้างความสมดุลที่ให้ประโยชน์แก่ประชาชนส่วนรวมมากที่สุด ในแง่ของการกำหนดนโยบายโครงสร้างการขนส่งของประเทศ โดยเฉพาะความสมดุลระหว่างการเดินทางทางรางและการเดินทางทางอากาศ ตัวอย่างของประเทศที่ผ่านการพิจารณาตัดสินใจเรื่องนี้มาแล้ว คือ ประเทศอินเดีย (Manish, 2018) การตัดสินใจครั้งนั้นส่งผลให้เกิดการขยายตัวของการบินในขณะที่การรถไฟเกิดการพัฒนาและทำให้รายได้สูงขึ้นด้วย การเดินทางทางรถไฟ มีผลดีในการลดก๊าซเรือนกระจกได้ค่อนข้างชัดเจนในการเดินทางในประเทศ เนื่องจากการบินภายในประเทศมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและอนุภาคที่เป็นมลภาวะสูงที่สุดเมื่อเปรียบการเดินทางทั้งหมด (BBC News, 2019) แต่ต้องคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่ว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าหรือน้ำมันของรถไฟนั้น เท่ากับว่า มีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมพลังงานด้วย ดังกล่าวแล้ว ส่วนกรณีการเดินทางระหว่างทวีป ถึงแม้ปัจจุบันเริ่มมีเส้นทางรถไฟเชื่อมระหว่างทวีปเอเชียและยุโรปแล้วก็ตาม (Global Times, 2021) ยังไม่สามารถทดแทนการเดินทางทางอากาศได้

สรุปแนวทางในการแก้ปัญหา เพื่อลดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบินพาณิชย์นั้น มีผลกระทบต่อสังคมในแง่ต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นว่า เกี่ยวข้องกับผู้โดยสาร สายการบิน และรัฐบาล สรุปได้ตามตาราง 2

ตาราง 2

แนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผู้ปฏิบัติหลัก และผลกระทบต่อสังคม

แนวทาง	ผู้ปฏิบัติ			ผลกระทบต่อสังคม
	ผู้โดยสาร	สายการบิน	รัฐบาล	
1. การเดินทางขึ้นประหยัด	✓	✓		กรณีเส้นทางไกล ผู้โดยสารพักผ่อนไม่เพียงพอ
2. สัมภาระส่วนตัว	✓			ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจส่วนบุคคลที่จำกัดไม่ได้
3. เที่ยวบินตรง		✓		จำนวนผู้โดยสารอาจไม่เพียงพอ
4. เชื้อเพลิงยั่งยืน		✓	✓	อยู่ในระยะกำลังพัฒนา
5. อากาศยานประสิทธิภาพสูง		✓		การลงทุนใหม่ การบำรุงรักษา
6. การเดินทางทางราง	✓		✓	การเดินทางระหว่างทวีป และมลภาวะทางอากาศในอุตสาหกรรมพลังงาน
7. อากาศยานไร้คนขับ		✓		ยังไม่ได้ได้รับความเชื่อมั่นจากผู้เดินทาง
8. ภาษีคาร์บอน			✓	ผู้โดยสารรับภาระเพิ่มในค่าโดยสาร
9. การปฏิบัติงานออนไลน์	✓		✓	อาชญากรรมไซเบอร์ และความปลอดภัยข้อมูล

Note. From “POLICY BRIEF: Driving, connecting and communicating: The many roles of national government in climate adaptation planning. Climate and Development Knowledge Network”, by Climate and Development Knowledge Network, 2017, retrieved from <https://cdkn.org/resource/policy-briefdriving-connecting-and-communicating-the-many-roles-of-national-government-in-climate-adaptation-planning/>

2. มลภาวะทางเสียงและทางน้ำ ปัญหามลภาวะในข้อนี้มีผลกระทบต่อสังคมน้อยกว่าภาวะโลกร้อน แนวทางที่นำมาใช้สามารถควบคุมความเสียหายต่อการดำรงชีวิตได้ในระดับที่ยอมรับได้ ไม่ปรากฏผลกระทบที่รุนแรงต่อชุมชน รัฐสภาสหภาพยุโรปสรุปจากการศึกษาในปี ค.ศ. 2020 ว่า ผลสำเร็จของมาตรการเกี่ยวกับเสียงและน้ำบริเวณท่าอากาศยาน มีความเกี่ยวข้องกับชุมชนในพื้นที่อย่างชัดเจน คือ ประชาชน หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ต้องให้ความสนใจกับการดำเนินงานของท่าอากาศยานอย่างใกล้ชิด (Elliff et al., 2020) ในเบื้องต้นการสร้างท่าอากาศยานนั้นเน้นการเลือกพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลชุมชน และเป็นพื้นที่แหล่งน้ำขนาดใหญ่ แต่แนวโน้มอย่างหนึ่งของสังคมปัจจุบัน คือ การย้ายที่อยู่เข้าไปในบริเวณที่มีการจ้างงานจำนวนมาก มีจุดเด่นด้านความสะดวกในการเดินทาง แต่ปัญหาด้านเสียงเป็นจุดด้อยสำหรับการอยู่อาศัยในพื้นที่ท่าอากาศยาน จึงเป็นเรื่องของการยอมรับจุดด้อยและจุดเด่นตามความต้องการส่วนบุคคล (Folger

& Kvilhaug, 2021) ส่วนปัญหาน้ำเสียนั้นจะส่งผลต่อพืชและสัตว์ตามธรรมชาติมากกว่าประชาชน (Njord et al., 2005) ปัญหาทางสังคมในด้านนี้จึงไม่อยู่ในระดับร้ายแรง

สรุป

ผลกระทบสำคัญของการบินพาณิชย์ที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม คือ ภาวะโลกร้อนจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และไอน้ำควบแน่นของไอเสียเครื่องยนต์ ภาวะโลกร้อนทำให้เกิดสภาพอากาศแปรปรวนที่เป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตและการปฏิบัติการบิน แนวทางการแก้ปัญหา คือ สายการบินลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของอากาศยาน โดยการใช้อากาศยานประสิทธิภาพสูง หรือใช้เชื้อเพลิงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จัดเที่ยวบินตรง ผู้โดยสารลดการเดินทางทางอากาศ การปฏิบัติงานออนไลน์ การโดยสารขึ้นประหยัด การเดินทางทางราง หน่วยงานของรัฐควรเพิ่มขีดความสามารถในการขนส่งทางราง และส่งเสริมการบิน

ระหว่างประเทศ ส่วนมลภาวะทางเสียงและทางน้ำนั้นส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชนในพื้นที่ตั้งของท่าอากาศยาน ผู้ดำเนินการหลักคือท่าอากาศยานจะต้อง

ร่วมมือกับสายการบินดำเนินการป้องกันและลดผลกระทบให้อยู่ในระดับมาตรฐานสากล โดยขอรับความร่วมมือจากผู้เกี่ยวข้องและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกฝ่าย



References

- Afework, B., Hanania, J., Jenden, J., Lloyd, E., Stenhouse, K., Toor, J., & Donev, J. (2020). *Greenhouse gas energy education*. Retrieved from https://energyeducation.ca/encyclopedia/Greenhouse_gas
- Airbus S.A.S. (2021). *Future aircraft Airbus*. Retrieved from <https://www.airbus.com/company/sustainability/environment/future-aircraft.html>
- ATAG. (2020). *Facts & figures ATAG Air transport action group*. Retrieved from <https://www.atag.org/facts-figures.html>
- Baxter, G., Srisaeng, P., & Wild, G. (2019). An assessment of airport sustainability: Part 3-water management at Copenhagen Airport. *Resources*, 8(3), 135. <https://doi.org/10.3390/resources8030135>
- Bell, R. (2001). The impact of airport noise on residential real estate. *The Appraisal Journal*, 69(3), 312–321. <https://www.proquest.com/openview/a02e28687cf0a7dd7c388b3bc6391530/1?pq-origsite=gscholar&cbl=35147>
- Boeing. (2017). *Boeing: 787-10 first flight, Boeing*. Retrieved from <http://www.boeing.com/commercial/787-10>
- Camero, K. (2019). *Aviation's dirty secret: Airplane contrails are a surprisingly potent cause of global warming, Science / AAAS*. Retrieved from <https://www.sciencemag.org/news/2019/06/aviation-s-dirty-secret-airplane-contrails-are-surprisingly-potent-cause-global-warming>
- Carbon Independent Organization. (2021). *Aviation, Carbon Independent.Org*. Retrieved from <https://www.carbonindependent.org/22.html>
- Climate and Development Knowledge Network. (2017). *POLICY BRIEF: Driving, connecting and communicating: The many roles of national government in climate adaptation planning, Climate and Development Knowledge Network*. Retrieved from <https://cdkn.org/resource/policy-briefdriving-connecting-and-communicating-the-many-roles-of-national-government-in-climate-adaptation-planning/>
- Elliff, T., Cremaschi, R. M., & Huckenvisa, V. (2020). *Impact of aircraft noise pollution on residents of large cities, Policy Department for Citizens' Rights and Constitutional Affairs*. Retrieved from [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/650787/IPOL_STU\(2020\)650787_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/650787/IPOL_STU(2020)650787_EN.pdf)
- EUROCONTROL. (2015). *European aviation in 2040 challenges of growth flight forecast*. Retrieved from https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2019-07/challenges-of-growth-2018-annex1_0.pdf

- European Commission. Directorate-General for Energy and Transport. (2008). *Modern rail modern Europe: Towards an integrated European railway area*. Retrieved from <https://data.europa.eu/doi/10.2768/22613>
- Gössling, S., & Humpe, A. (2020). The global scale, distribution and growth of aviation: Implications for climate change. *Global Environmental Change*, 65(November), 102194. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102194>
- Graver, B. (2020). *CO₂ emissions from commercial aviation: 2013, 2018, and 2019*. International Council on Clean Transportation. Retrieved from <https://theicct.org/publications/co2-emissions-commercial-aviation-2020>
- Hardiman, J. (2021). *Boeing's future aircraft: What should we expect? simple flying*. Retrieved from <https://simpleflying.com/boeing-next-aircraft/>
- Higgins-Dunn, N. (2020, November 17). Bill Gates says more than 50% of business travel will disappear in post-coronavirus world. *CNBC*. Retrieved from <https://www.cnbc.com/2020/11/17/coronavirus-bill-gates-says-more-than-50percent-of-business-travel-will-disappear-long-term.html>
- Hsu, C. I., & Eie, W. Y. (2013). Airline network design and adjustment in response to fluctuation in jet fuel prices. *Mathematical and Computer Modelling*, 58(11), 1791–1803. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2013.04.005>
- Hunsiritrakun, A., & Wangjiraniran, W. (2013). Energy-related greenhouse gas mitigation for commercial aircraft. *Journal of Energy Research*, 10(3), 15-28. (in Thai)
- IATA. (2019). *The impact of climate change on aviation*. Retrieved from <https://www.iata.org/content/assets/0772118eec2e40bbba472b862e4f45ec/sfo2019-day3-climate-change.pdf>
- IATA. (2020). *Global fact sheet benefits aviation beyond border statistics*. Retrieved from <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet-benefits-aviation-statistics/>
- IATA Economics. (2021). *Air cargo market analysis*. Retrieved from <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-freight-monthly-analysis---may-2021/>
- ICAO. (2008). *Balanced approach to aircraft noise management*, ICAO. Retrieved from <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/noise.aspx>
- ICAO. (2018). *The world of air transport in 2018*, ICAO. Retrieved from <https://www.icao.int/annual-report-2018/Pages/the-world-of-air-transport-in-2018.aspx>
- ICAO. (2019). *Supersonic aircraft noise standards development*, ICAO environment. Retrieved from <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/Supersonic-Aircraft-Noise-Standards-Development.aspx>
- ICAO Environment. (2019). *Water management at airports*, ICAO. Retrieved from <https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Water%20management%20at%20airports.pdf>

- Limlomwongse Suksmith, P., & Nitivattananon, V. (2015). Aviation impacts on property values and management: The case of Suvarnabhumi International Airport. *IATSS Research*, 39(1), 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2014.07.001>
- Lopez, F. (2019, July 10). Aviation tax: Which EU countries charge passengers?. *Euronews*. Retrieved from <https://www.euronews.com/2019/07/10/aviation-tax-which-eu-countries-charge-passengers>
- Mazareanu, E. (2021a). *CO₂ emissions of airlines worldwide 2004-2021* Statista. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/1186820/co2-emissions-commercial-aviation-worldwide/>
- Mazareanu, E. (2021b). *Airline industry worldwide-number of flights 2004-2021*, Statista. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/564769/airline-industry-number-of-flights/>
- Nugent, C. (2021). The pandemic cut aviation's emissions in half in 2020. How can the industry solve its long-term Carbon problem?. *Time*. Retrieved from <https://time.com/6048871/pandemic-airlines-carbon-emissions/>
- OECD. (2021). *Air transport CO₂ emissions*, OECD. stat. Retrieved from https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=AIRTRANS_CO2#
- Overton, J. (2019). *Fact sheet: The growth in Greenhouse gas emissions from commercial aviation white papers*, Environmental and Energy Study Institute. Retrieved from <https://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-the-growth-in-greenhouse-gas-emissions-from-commercial-aviation#7>
- Pearce, F. (2019). *How airplane contrails are helping make the planet warmer*, Yale E360. Retrieved from <https://e360.yale.edu/features/how-airplane-contrails-are-helping-make-the-planet-warmer>
- Ritchie, H. (2020). *Climate change and flying: What share of global CO₂ emissions come from aviation? our world in data*. Retrieved from <https://ourworldindata.org/CO2-emissions-from-aviation>
- Rodrigue, J. P. (2021). *Passenger airlines operating costs, United States, 2019, the geography of transport systems*. Retrieved from <https://transportgeography.org/contents/chapter5/air-transport/airline-operating-costs/>
- SOIF-IATA. (2018). *Future of the airline industry 2035*, SOIF-IATA. Retrieved from <https://bit.ly/3ixsvoj>
- Tiseo, I. (2021). *Share of global CO₂ emissions by sector 2020*, Statista. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/1129656/global-share-of-co2-emissions-from-fossil-fuel-and-cement/>
- Toomey, D. (2017). *Investigating the Enigma of clouds and climate change* Yale E360. Retrieved from <https://e360.yale.edu/features/investigating-the-enigma-of-clouds-and-climate-change>
- UK Civil Aviation Authority. (2015). *Short-haul delays. UK-EU transition*. Retrieved from <https://www.caa.co.uk/passengers/resolving-travel-problems/delays-cancellations/delays/short-haul-delays/>
- UNFCCC. (2021a). *The Paris Agreement United Nations Climate Change*. Retrieved from <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

- UNFCCC. (2021b). *What is the United Nations Framework Convention on climate change? United Nations Climate Change*. Retrieved from <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>
- US Environmental Protection Agency. (2016, January 11). Importance of Methane [Overviews and Factsheets]. *EPA*. Retrieved from <https://www.epa.gov/gmi/importance-methane>
- Volcano Discovery. (2021). *Which was the world's biggest eruption? Volcano Discovery*. Retrieved from <https://www.volcanodiscovery.com/volcanoes/facts/biggest-eruption.html>
- Walters, E., & Spuller, K. (2021). Effects of airport runoff pollution on water quality in bay area sites near San Francisco and Oakland airports. *Journal of Emerging Investigators*, 4(1), 1-4. <https://www.emerginginvestigators.org/articles/effects-of-airport-runoff-pollution-on-water-quality-in-bay-area-sites-near-san-francisco-and-oakland-airports/pdf>
- Warm Heart Foundation. (2021). *Climate change, what is it? Understanding the basic facts about global warming Warm Heart Worldwide*. Retrieved from <https://warmheartworldwide.org/climate-change/>

