สถาบันวิจัยเศรษฐกิจ
ป๋วย อึ๊งภากรณ์

PIERspectives
Perspectives from the Frontier

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กับ เศรษฐกิจ (Climate Change and the Economy)

No. 2

พฤษภาคม 2567

กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงค์
กฤษฎ์เลิศ สัมพันธารักษ์
สวิสา พงษ์เพ็ชร

บทความ PIERspectives ชุดนี้ต้องการฉายภาพกว้างเกี่ยวกับประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งมีหลากหลายมิติ และแต่ละมิติมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับหลายภาคส่วน โดยแบ่งออกเป็น 2 บทความต่อเนื่องกัน

บทความแรกนี้จะนำเสนอแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกและของประเทศไทย ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตและแบบจำลองภูมิอากาศต่าง ๆ ตลอดจนผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อเศรษฐกิจในภาพรวมและภาคเศรษฐกิจต่าง ๆ

ส่วนบทความที่ 2 จะนำเสนอความจำเป็นในการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas mitigation) การปรับและขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ (low carbon economy) และการดำเนินการด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change adaptation) โดยเฉพาะอย่างยิ่งความท้าทายและอุปสรรคในการดำเนินงาน ไม่ว่าจะเป็นด้านองค์ความรู้ ด้านการเข้าถึงเทคโนโลยี หรือด้านการเข้าถึงแหล่งเงินทุน ซึ่งนำไปสู่บทบาทของภาครัฐและภาคส่วนอื่น ๆ ในการสนับสนุนการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1. แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของลักษณะอากาศเฉลี่ยหรือความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศอย่างมีนัยสำคัญและต่อเนื่องเป็นทศวรรษหรือนานกว่านั้น ซึ่งตามคำนิยามของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติหรือจากกิจกรรมของมนุษย์ก็ได้ ในขณะที่คำนิยามตามกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งทางตรงหรือทางอ้อมที่ทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศของโลกเปลี่ยนแปลง และเป็นการเปลี่ยนแปลงที่นอกเหนือจากการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน

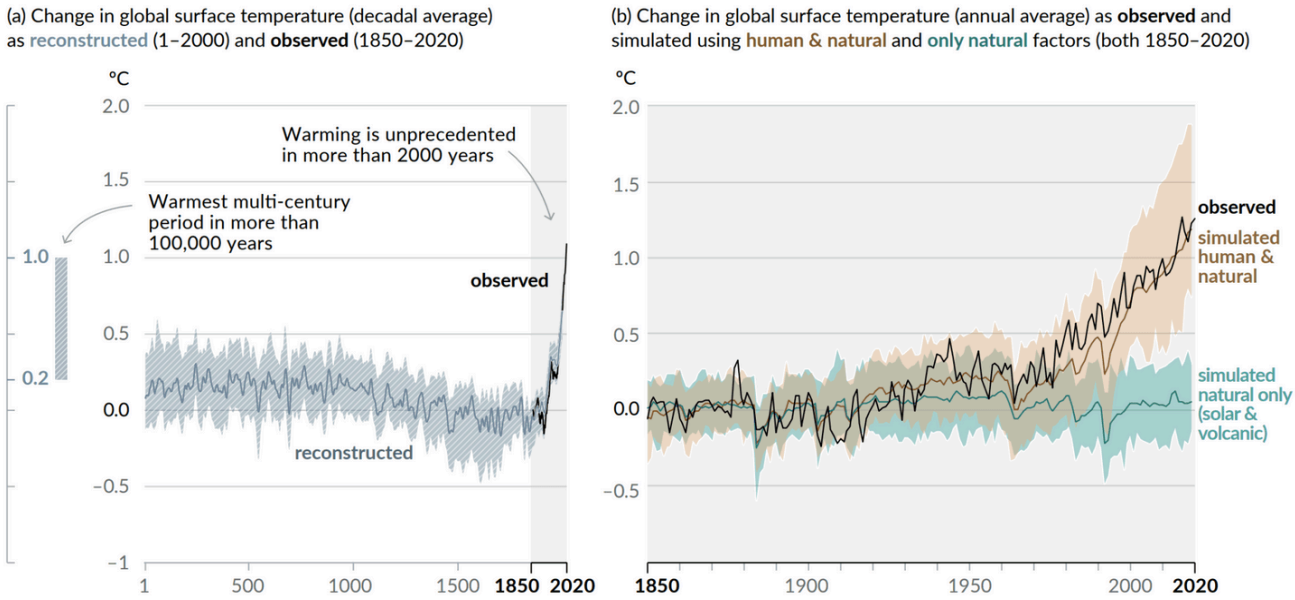
ความสนใจเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพิ่งเริ่มได้รับความสนใจเป็นวงกว้างไม่นานมานี้ ถึงแม้ว่านักวิทยาศาสตร์ได้เตือนถึงปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมาตั้งแต่ช่วงปี 1970-1980 แล้วก็ตาม ซึ่งทศวรรษดังกล่าวเป็นช่วงที่ทั่วโลกประสบปัญหาวิกฤตการลดลงของโอโซน (ozone depletion) หรือภาวะการสูญเสียปริมาณก๊าซโอโซนในชั้นบรรยากาศโลกชั้นสตราโตสเฟียร์ (stratosphere) ที่ระดับความสูงประมาณ 20-40 กิโลเมตรเหนือพื้นดิน โดยปฏิกิริยาเคมีระหว่างก๊าซโอโซนกับสารเคมีที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น โดยเฉพาะสาร CFC (chlorofluorocarbons) ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ “หลุมโอโซน” (ozone hole) ทำให้รังสีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตจากดวงอาทิตย์สามารถส่องมายังพื้นผิวโลกได้โดยตรง วิกฤตการณ์ดังกล่าวได้ขับเคลื่อนให้หลายประเทศทั่วโลกทำข้อตกลง *พิธีสารมอนทรีออล* (Montreal Protocol) ร่วมกันในปี 1987 เพื่อยกเลิกการใช้สารซีเอฟซีในอุตสาหกรรม ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 1989 เป็นต้นมา วิกฤตการณ์ดังกล่าวเป็นจุดเริ่มต้นของความสนใจด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในวงกว้าง ซึ่งความสนใจนี้เพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา

สภาพภูมิอากาศของโลกตั้งแต่ในอดีตมีการแปรปรวนอยู่แล้ว ถึงแม้ว่าสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอดีตอาจไม่ได้มีความชัดเจนนัก แต่คาดว่าน่าจะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติต่าง ๆ เช่น กระแสน้ำทะเล พลังงานแสงอาทิตย์ การประทุของภูเขาไฟ โดยมีหลักฐานทางธรณีวิทยาจากยุคน้ำแข็ง การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล ตลอดจนบันทึกทางประวัติศาสตร์ของมนุษย์หลายร้อยปีในอดีต (UNISDR, 2008) โดยรูปที่ 1a แสดงให้เห็นว่าในช่วงก่อนยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม (ก่อนปี 1850) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยมีการแกว่งตัวอยู่บ้าง แต่อยู่ในกรอบแคบ ๆ

อย่างไรก็ตาม กิจกรรมของมนุษย์เป็นสาเหตุสำคัญของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวโลกในช่วงหลังยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม รูปที่ 1 ด้านซ้าย แสดงให้เห็นว่าตั้งแต่ปี 1850 เป็นต้นมานั้นอุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 1.1 องศาเซลเซียส (°C) ส่วนรูปที่ 1 ด้านขวา แสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวโลกที่เกิดจากสาเหตุหรือปัจจัย

ทางธรรมชาติ (ได้แก่ แสงอาทิตย์และภูเขาไฟ) และที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งสอดคล้องกับข้อสันนิษฐานที่ว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวโลกอย่างมากในช่วงหลังยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมนั้นเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มากขึ้นและการเพิ่มขึ้นของประชากรที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรมและรองรับการขยายตัวของเมือง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศของโลกเพิ่มขึ้น

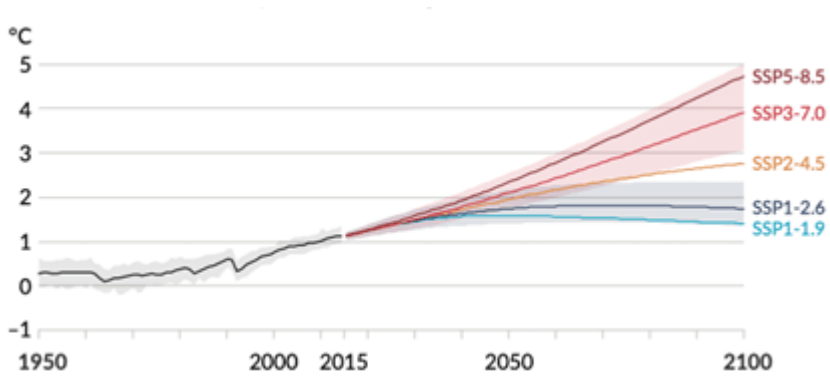
รูปที่ 1: การเปลี่ยนแปลงของอุณภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงปี 1850-1900



ที่มา: IPCC (2023)

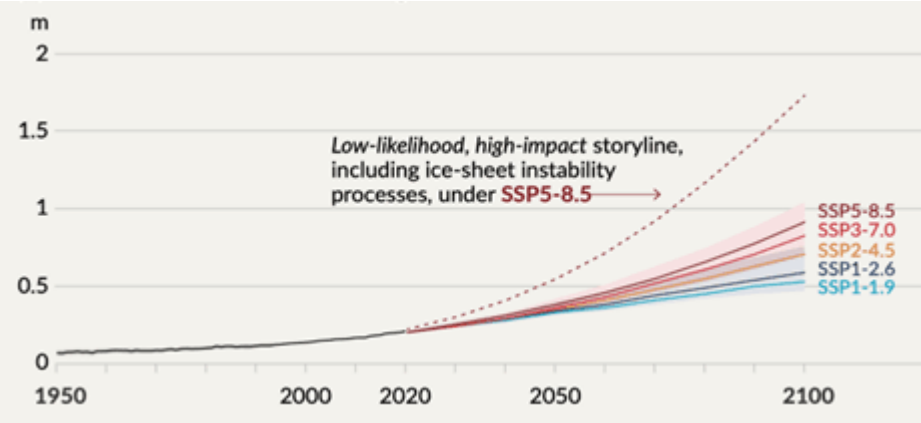
การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกอย่างมีอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับช่วงปี 1850-1900 นั้นสะท้อนให้เห็นได้จากอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น ธารน้ำแข็งที่ลดลง และระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น รายงานประเมินสถานการณ์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศฉบับที่ 6 ของ IPCC (The Sixth Assessment Report 6: AR6, IPCC, 2023) พบว่าอุณหภูมิพื้นผิวของโลกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและเพิ่มขึ้นในอัตราที่เร่งตัวมากขึ้นตั้งแต่ปี 1970 ดังรูปที่ 2 ในขณะที่ธารน้ำแข็งบริเวณมหาสมุทรอาร์กติกลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงปี 2011-2020 พื้นที่ธารน้ำแข็งเฉลี่ยต่อปีบริเวณมหาสมุทรอาร์กติกลดลงถึงระดับที่ต่ำที่สุดนับตั้งแต่ปี 1850 เป็นต้นมา นอกจากนี้ ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยทั่วโลกได้เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 0.20 เมตรในช่วงปี 1901-2018 โดยเพิ่มในอัตราที่เร่งมากขึ้น จากเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1.3 มิลลิเมตรต่อปีระหว่างปี 1901-1971 เป็น 1.9 มิลลิเมตรต่อปีระหว่างปี 1971-2006 และ 3.7 มิลลิเมตรต่อปีระหว่างปี 2006-2018 ดังรูปที่ 3

รูปที่ 2: การเปลี่ยนแปลงของอุณภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงปี 1850-1900



ที่มา: IPCC (2023)

รูปที่ 3: การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลเฉลี่ยทั่วโลกเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงปี 1900



ที่มา: IPCC (2023)

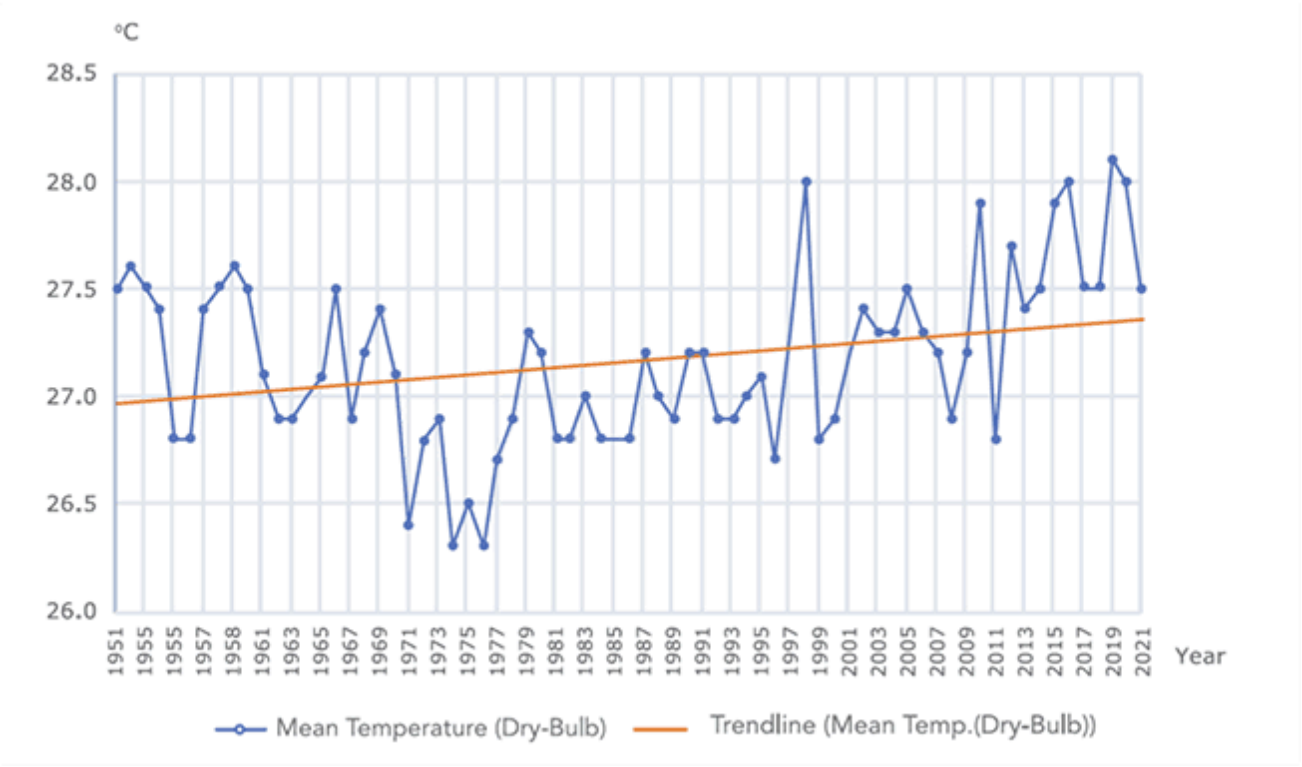
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนอกจากจะสะท้อนให้เห็นจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยแล้วยังทำให้เกิดสภาพอากาศสุดขั้วที่รุนแรงและถี่ขึ้นอีกด้วย สภาพอากาศสุดขั้ว (extreme weather events) คือเหตุการณ์ทางภูมิอากาศและลมฟ้าอากาศ ณ พื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งและเวลาใดเวลาหนึ่งในรอบปีที่เกิดขึ้นในระดับที่รุนแรงแต่มีความถี่การเกิดไม่บ่อยครั้ง (Limsakul, 2015; Field, 2012; Stocker, 2013) เช่น น้ำท่วม ภัยแล้ง พายุหมุนเขตร้อน ความร้อนสุดขั้ว เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศที่กำหนดความรุนแรงและความถี่ของเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้วนั้นเกิดจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมหาสมุทร บรรยากาศ และพื้นดิน โดยมีการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นปัจจัยเสริม ส่งผลให้สภาพอากาศสุดขั้วมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้นและมีความถี่ในการเกิดที่สูงขึ้น อีกทั้งมีความแปรปรวนสูงทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา (Alexander et al., 2009; Kenyon & Hegerl, 2010)

2. สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงที่ผ่านมาสะท้อนให้เห็นได้จากทั้งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยและสภาพอากาศสุดขั้ว ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

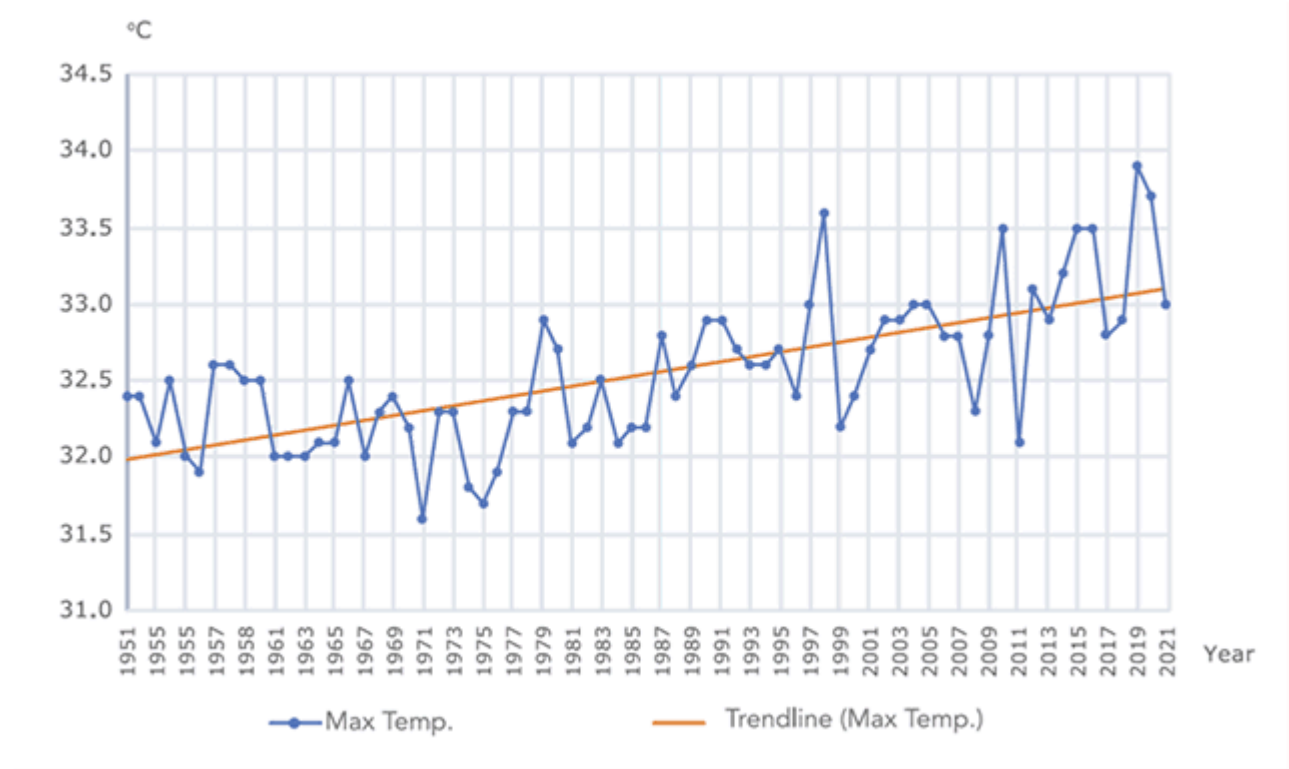
1. **ประเทศไทยมีสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นและร้อนยาวนานขึ้น** หากพิจารณา*อุณหภูมิเฉลี่ย* (mean temperature) ของประเทศไทยย้อนหลัง 70 ปี ตั้งแต่ปี 1951 จนถึงปี 2021 (รูปที่ 4) จะพบว่าในภาพรวมอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 1°C สำหรับ*ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุด* (mean maximum temperature) (รูปที่ 5) และ*ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำสุด* (mean minimum temperature) (รูปที่ 6) นั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน โดยการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดและค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 1°C (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2022) ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศนี้มีความแตกต่างกันตามภูมิภาค โดยภาคตะวันออกและภาคกลางเผชิญการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยมากกว่าภาคอื่น ๆ (Limjirakan & Limsakul, 2012) (รูปที่ 7)

รูปที่ 4: อุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยระหว่างปี 1951-2021



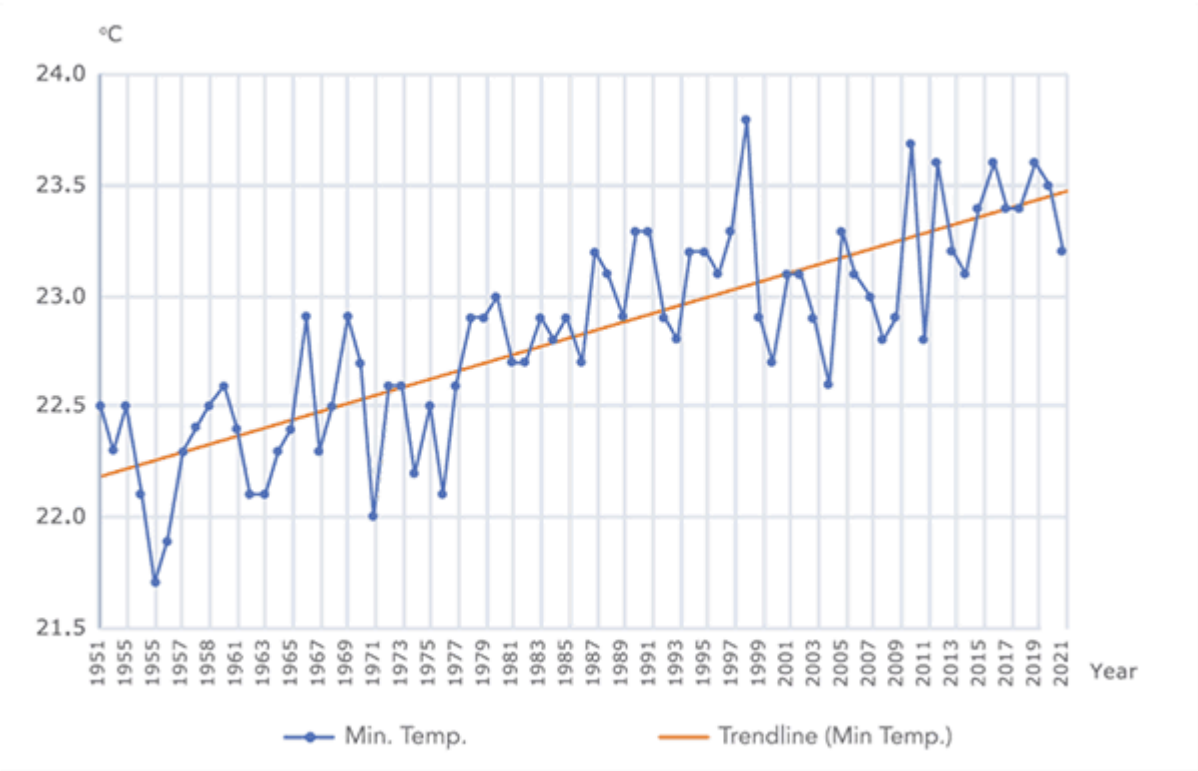
ที่มา: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (2022)

รูปที่ 5: อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของประเทศไทยระหว่างปี 1951-2021



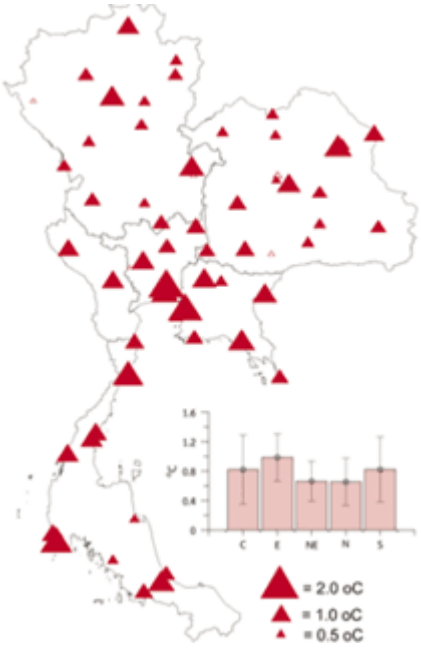
ที่มา: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (2022)

รูปที่ 6: อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยของประเทศไทยระหว่างปี 1951-2021



ที่มา: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (2022)

รูปที่ 7: การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยในอดีตจำแนกรายภูมิภาค



ที่มา: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (2022)

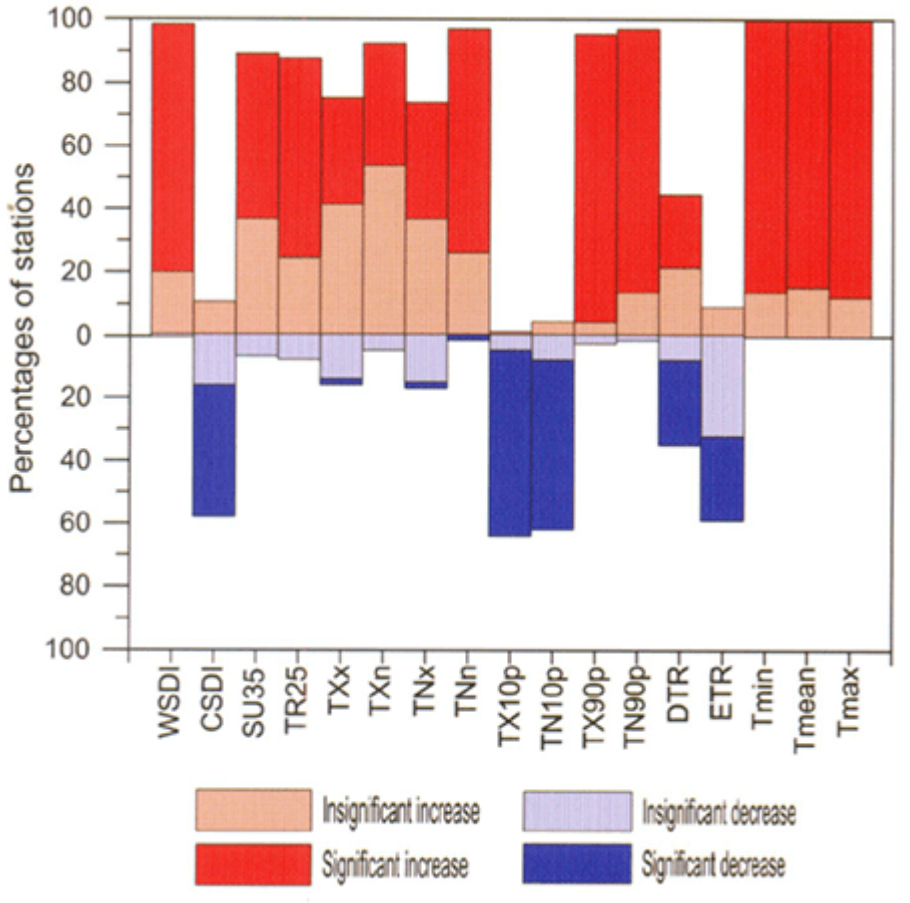
2. ***สภาพอากาศสุดขั้วของประเทศไทยมีความรุนแรงขึ้นและถี่ขึ้น*** ดังที่เห็นได้จากทั้งอุณหภูมิสุดขั้ว ความถี่และความรุนแรงของสถานการณ์ฝนตก และจำนวนพายุที่มีความรุนแรง ดังนี้

- **ประเทศไทยมีแนวโน้มที่อุณหภูมิสูงขึ้นและยาวนานขึ้นทั้งกลางวันและกลางคืน** โดย Limjirakan & Limsakul (2012) พบว่า *ดัชนีจำนวนคืน/วันที่อากาศหนาว* (cold nights/days) มีแนวโน้มลดลงใน 83.1-90.8% ของสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศผิวพื้นทั้งหมดของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยจำนวนคืนที่หนาวลดลง 12 วันและจำนวนวันที่หนาวลดลง 8 วัน ในรอบ 40 ปี ในทางกลับกัน *ดัชนีจำนวนคืน/วันที่อากาศอบอุ่น* (warm nights/days) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จำนวนคืนที่อบอุ่นเพิ่มขึ้น 14.4 วัน และจำนวนวันที่อบอุ่นเพิ่มขึ้น 13.6 วัน ในรอบ 40 ปี การศึกษานี้ยังพบว่า *ดัชนีช่วงระยะเวลาที่หนาว* cold spell duration) ลดลงอย่างชัดเจนทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยและการลดลงของคืนและวันที่อากาศหนาว ในทางกลับกัน *ดัชนีช่วงระยะเวลาที่อบอุ่น* (warm spell duration) ในประเทศไทยยาวนานขึ้น โดยช่วงเวลาที่หนาวลดลงประมาณ 6.8 วันในรอบ 40 ปี ในขณะที่ช่วงระยะเวลาที่อบอุ่นเพิ่มขึ้นประมาณ 19.6 วันในรอบ 40 ปี สำหรับ *ดัชนีจำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35°C* (summer day: SU35) เพิ่มขึ้น 21.6 วันในรอบ 40 ปี ในขณะที่ *ดัชนีจำนวนคืนที่อุณหภูมิสูงกว่า 25°C* (tropical night: TR25) เพิ่มขึ้น 45.6 วันในรอบ 40 ปี

- **ความถี่ของเหตุการณ์ฝนตกในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีแนวโน้มลดลง แต่ความเข้มของฝนที่ตกกลับเพิ่มขึ้น** Limsakul & Singhruck (2016) พบว่า (1) *ดัชนีปริมาณฝนจากเหตุการณ์ฝนตกหนัก* ในช่วงปี 1955-2011 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในหลายพื้นที่ของประเทศไทย เช่นเดียวกันกับ *ดัชนีความเข้มของฝนรายวันอย่างง่าย* (simple daily intensity index: SDII) ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำฝนรวมรายปีและจำนวนวันที่ฝนตก (2) *ดัชนีจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง* (consecutive wet days: CWD) ซึ่งบ่งบอกถึงระยะเวลาที่ฝนตกชุกในช่วงฤดูฝน และ *ดัชนีจำนวนวันที่ฝนไม่ตกอย่างต่อเนื่อง* (consecutive dry days: CDD) ซึ่งบ่งบอกถึงสภาวะความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในรอบปี พบว่าจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่องมีแนวโน้มลดลง (ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของจำนวนวันที่ฝนไม่ตกอย่างต่อเนื่องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เพิ่มในอัตราที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ) (3) *ดัชนีปริมาณฝนสูงสุดในรอบหนึ่งวัน* (maximum 1-day precipitation: Rx1day) ซึ่งบ่งชี้เหตุการณ์ฝนตกหนัก พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย แต่จำนวนสถานีที่พบว่าดัชนี Rx1day มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมีสัดส่วนมากกว่าจำนวนสถานีที่พบการลดลงของดัชนี ดังนั้น ถ้าพิจารณาในภาพรวมของประเทศไทย พบว่าที่ผ่านมาประเทศไทยเผชิญเหตุการณ์ฝนตกหนักเพิ่มขึ้น (4) *ดัชนีจำนวนวันฝนตกหนัก* (heavy precipitation day: R20) ซึ่งบอกถึงความถี่ในการเกิดเหตุการณ์ฝนตกหนัก พบว่า ดัชนีมีแนวโน้มลดลงในพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ ในขณะที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่กรุงเทพมหานครและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รูปที่ 8 สรุปผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิในบริบทของประเทศไทยจาก 65 สถานีตรวจวัดทั่วประเทศ ระหว่างปี 1970-2009 และรูปที่ 9 สรุปผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของฝนในประเทศไทยซึ่งตรวจวัดจาก 41 สถานี ระหว่างปี 1955-2011

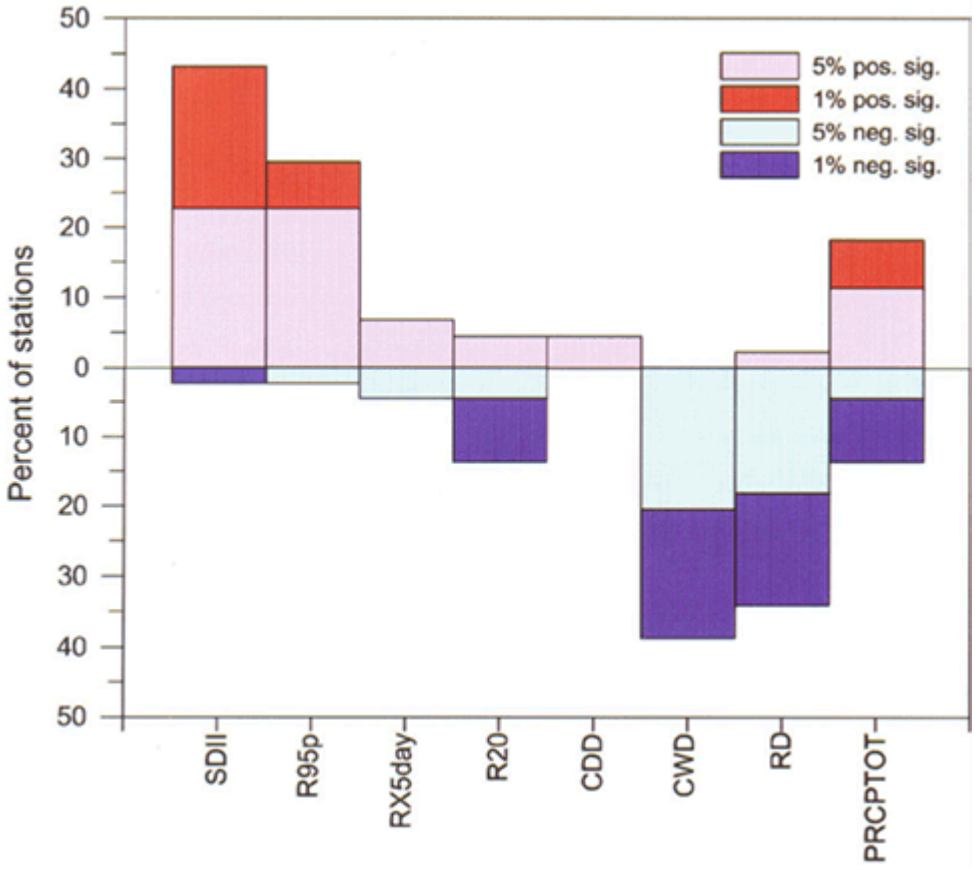
- **จำนวนพายุที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทยในแต่ละปีมีแนวโน้มลดลง แต่จำนวนพายุที่มีความรุนแรงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น** โดยหากพิจารณาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงจำนวนพายุหมุนเขตร้อนซึ่งประกอบด้วยพายุดีเปรสชั่นเขตร้อน พายุโซนร้อน และพายุไต้ฝุ่น ที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทยในระหว่างปี 1950-2020 นั้น ในภาพรวมจำนวนพายุต่อปีที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทยมีแนวโน้มลดลง (รูปที่ 10) แต่พายุในระดับที่รุนแรงกว่าพายุดีเปรสชั่น[1] ที่เกิดขึ้นในรอบทุก ๆ 10 ปี กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (รูปที่ 11)

รูปที่ 8: แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิ ระหว่างปี 1970–2009



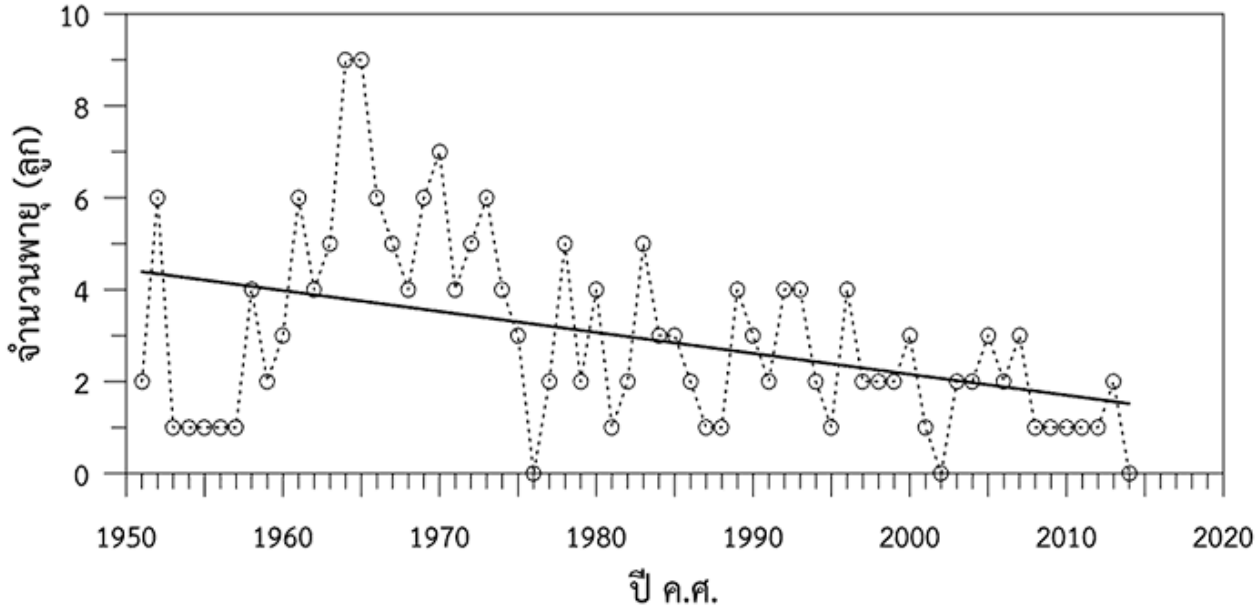
ที่มา: Limsakul (2015)

รูปที่ 9: แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของฝน ระหว่างปี 1955–2011



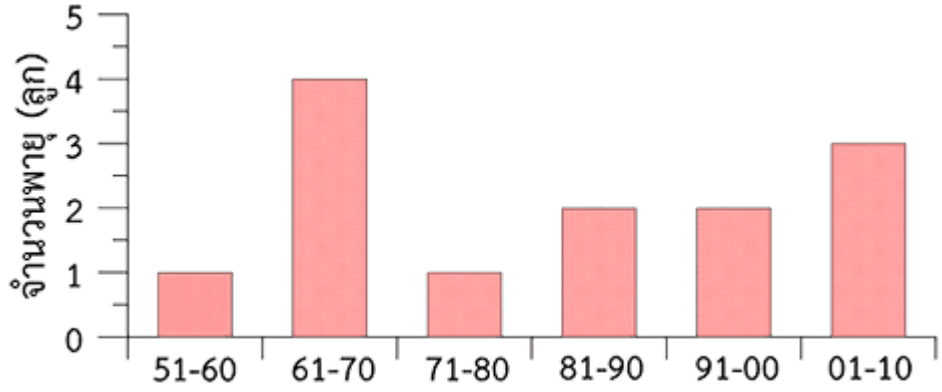
ที่มา: Limsakul (2015)

รูปที่ 10: จำนวนพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทยระหว่างปี 1950–2020



ที่มา: Thai Meteorological Department (2015)

รูปที่ 11: จำนวนพายุหมุนเขตร้อนในระดับที่รุนแรงกว่าพายุดีเปรสชั่นที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทยในคาบเวลาทุก ๆ 10 ปี



ที่มา: Thai Meteorological Department (2015)

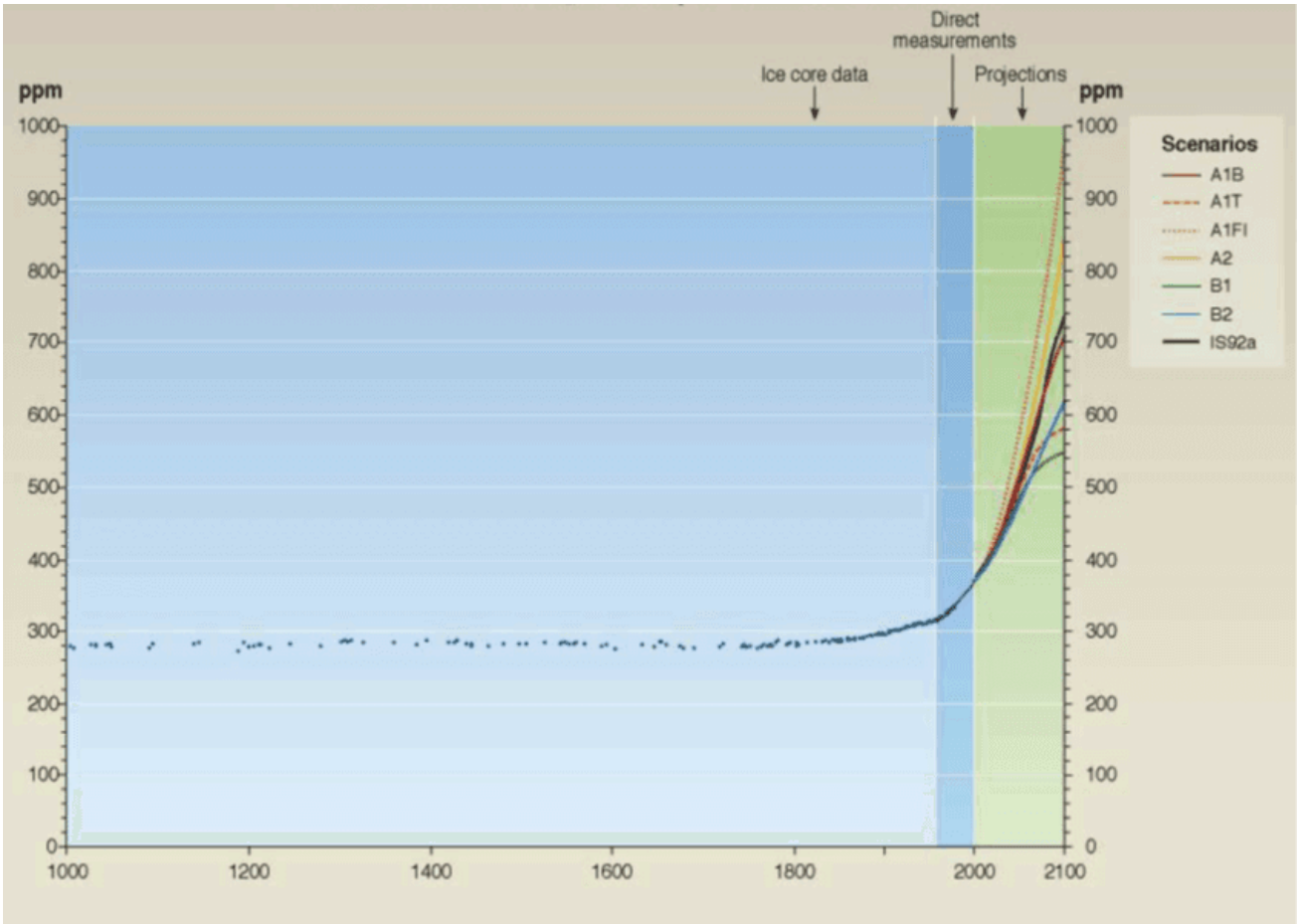
3. ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตและแบบจำลองภูมิอากาศ

การจำลองภูมิอากาศในอนาคต (climate scenario) เป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญสำหรับการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการพัฒนาแนวทางในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญของแบบจำลองภูมิอากาศเหล่านี้ ในต่างประเทศได้มีการพัฒนาแบบจำลองภูมิอากาศขึ้นหลายรูปแบบ ทั้งแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ไม่มากนัก (มาตราส่วนหลายร้อยกิโลเมตร) จนถึงแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาคหรือท้องถิ่นซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง

3.1. ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้ SRES

ภาพจำลอง Special Report on Emissions Scenarios (SRES) เป็นภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตรุ่นแรก ๆ ที่พัฒนาโดย IPCC ภายใต้ข้อสมมติของการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในทิศทางต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ ได้แก่ A1, A2, B1 และ B2 โดย A1 เป็นสถานการณ์ที่โลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง A2 เป็นสถานการณ์ที่โลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง-ปานกลาง B1 เป็นสถานการณ์ที่โลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ และ B2 เป็นสถานการณ์ที่โลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปานกลาง-ต่ำ[2] ส่วนรูปที่ 12 แสดงปริมาณการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ (atmospheric concentration) ระหว่างช่วงปี 1000–2100 โดยบางช่วงเวลาเป็นข้อมูลจากแกนน้ำแข็ง (ice core) บางช่วงเวลาเป็นข้อมูลที่ตรวจวัดจริง และบางช่วงเวลาเป็นข้อมูลจากการคาดการณ์จากแบบจำลองภายใต้ฉากทัศน์ต่าง ๆ

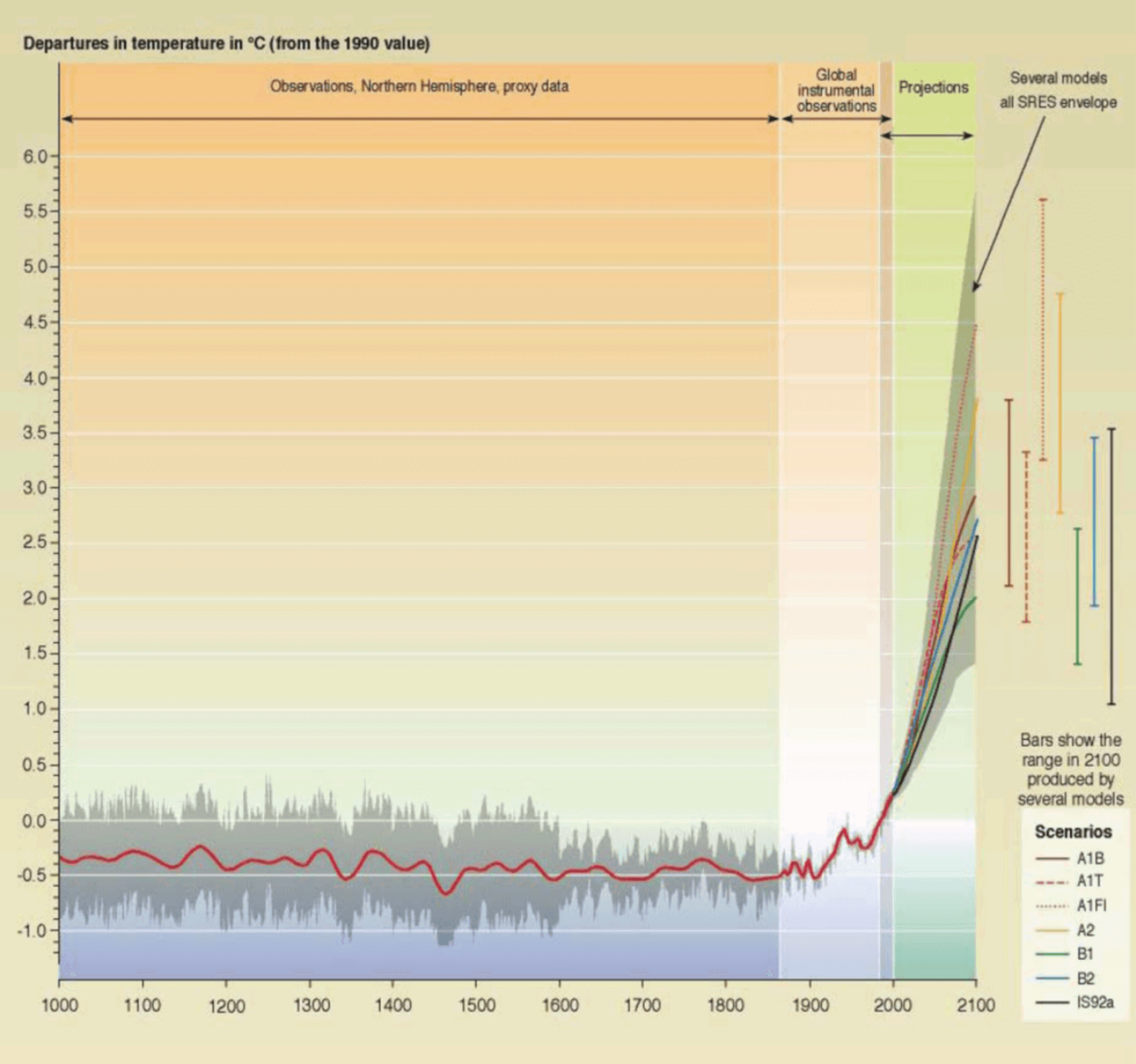
รูปที่ 12: ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศโลก



ที่มา: IPCC (2000) และ Boonprakob et al. (2010)

เมื่อนำข้อมูลการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศในอนาคตภายใต้ภาพจำลองต่าง ๆ ของ SRES มาเป็นปัจจัยนำเข้าในแบบจำลองภูมิอากาศโลก ผลการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศจะแตกต่างกันตามรูปแบบของการพัฒนาและปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ เช่น ภายใต้การพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมแบบ B2 อุณหภูมิของโลกอาจเพิ่มขึ้น 1.5°C ในปี 2100 ในขณะที่ภายใต้การพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมแบบ A1FI อุณหภูมิของโลก อาจเพิ่มขึ้นสูงถึง 5.6°C ในปี 2100 (รูปที่ 13)

รูปที่ 13: ภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต (temperature scenarios) จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCM) ตาม SRES scenarios



ที่มา: Boonprakob et al. (2010)

3.2. ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก (RCP)

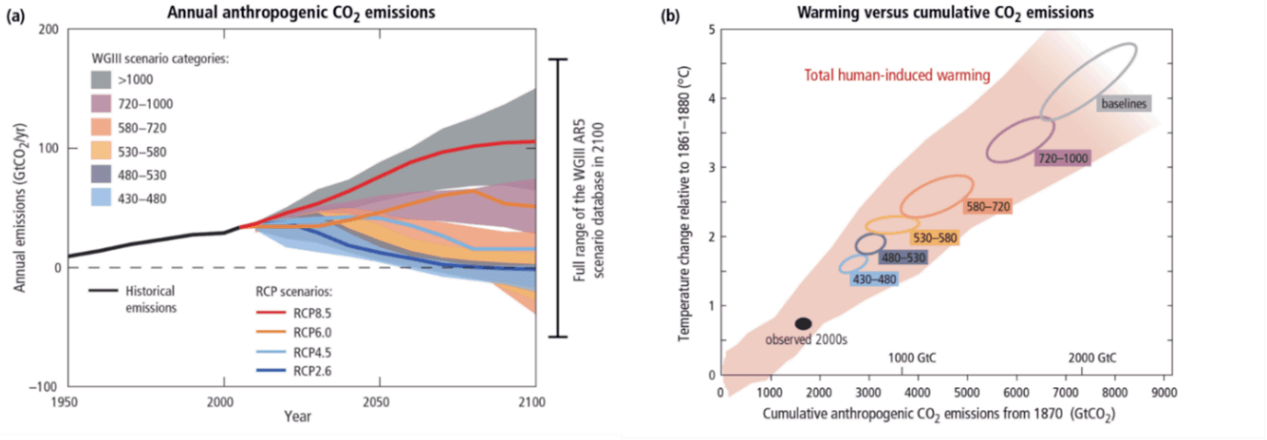
ต่อมา IPCC ได้พัฒนาภาพจำลองสถานการณ์แนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก (Representative Concentration Pathway: RCP) 4 สถานการณ์ ได้แก่ RCP2.6, RCP 4.5, RCP6.0 และ RCP8.5 เพื่อใช้เป็นภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบใหม่ในรายงานประเมินสถานการณ์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศฉบับที่ 5 (The Fifth Assessment Report: AR5) ซึ่งแต่ละภาพจำลองมีความแตกต่างกันในส่วนของความเข้มข้นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดย RCP2.6 เป็นภาพจำลองที่มีการใช้มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เข้มงวด RCP4.5 และ RCP6.0 เป็นภาพจำลองที่มีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับปานกลาง ส่วน RCP8.5 เป็นภาพจำลองที่

มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับที่สูง โดยรูปที่ 14(a) แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic CO2 emissions) ในภาพจำลอง RCP ต่าง ๆ

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยที่คาดการณ์ในอนาคต จากรูปที่ 14(b) พบว่า เมื่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เพิ่มขึ้น อุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งรายงานประเมินสถานการณ์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศฉบับที่ 5 ของ IPCC (AR5) คาดว่าอุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงศตวรรษที่ 21 ภายใต้ทุกภาพจำลอง แต่มีความรุนแรงที่แตกต่างกันไป

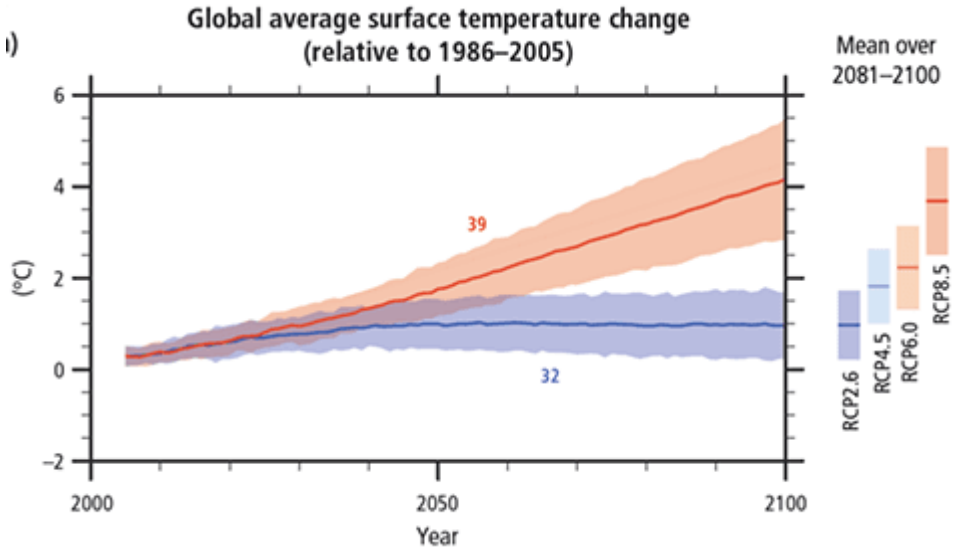
ภายใต้ภาพจำลอง RCP4.5 อุณหภูมิพื้นผิวโลกในช่วงปลายศตวรรษที่ 21 มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นสูงกว่า 1.5°C เมื่อเทียบกับอุณหภูมิในช่วงก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม ในขณะที่ภายใต้ภาพจำลอง RCP6.0 และ RCP8.5 อุณหภูมิพื้นผิวโลกจะเพิ่มขึ้นสูงกว่า 2°C ดังรูปที่ 15 นอกจากนี้ มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดคลื่นความร้อน (heat waves) บ่อยครั้งขึ้นและระยะเวลาที่ประสบปัญหาคลื่นความร้อนยาวนานมากขึ้น เหตุการณ์ฝนตกหนัก (extreme precipitation) มีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้นและเกิดบ่อยครั้งขึ้นในบางภูมิภาค ยิ่งไปกว่านั้น อุณหภูมิน้ำทะเลมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น มหาสมุทรประสบปัญหาการเป็นกรด และระดับน้ำทะเลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 16

รูปที่ 14: (a) การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมของมนุษย์ภายใต้ภาพจำลองสถานการณ์แนวทางการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (b) ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยและปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสม



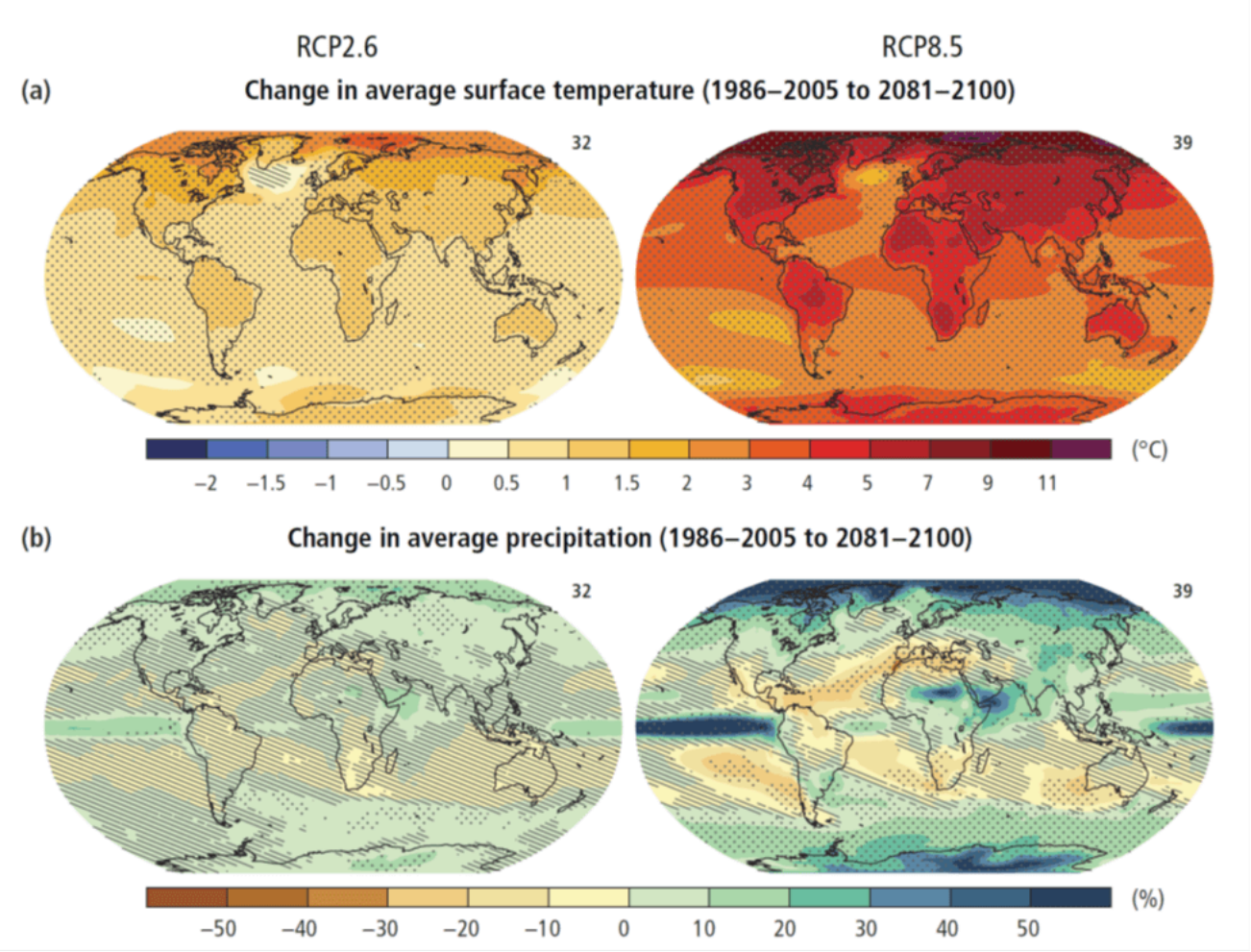
ที่มา: IPCC (2014)

รูปที่ 15: การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยภายใต้ภาพจำลองสถานการณ์แนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



ที่มา: IPCC (2014)

รูปที่ 16: (a) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยในแต่ละภูมิภาค (b) การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย



ที่มา: IPCC (2014)

3.3. ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งคำนึงถึงมิติทางด้านเศรษฐกิจและสังคม (SSP)

ล่าสุด IPCC ได้พัฒนาภาพจำลอง Shared Socio-economic Pathways (SSP) โดยมีการนำมิติอื่น ๆ เช่น จำนวนประชากร การเติบโตทางเศรษฐกิจ การศึกษา การกลายเป็นเมือง (urbanization) และการพัฒนาของเทคโนโลยี มาร่วมพิจารณาประกอบ เพื่อเป็นการลดจุดอ่อนของภาพจำลองแบบ RCP ที่ไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และได้นำมาใช้ในรายงานประเมินสถานการณ์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศฉบับที่ 6 (The Sixth Assessment Report: AR6) โดยนำภาพจำลอง SSP ต่าง ๆ มาใช้ในการคาดประมาณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบและความเสี่ยง ตลอดจนแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบนข้อสมมติฐาน ตัวแปรทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และทางเลือกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่าง ๆ

ภาพจำลอง SSP ได้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรวม 5 สถานการณ์ ได้แก่ SSP1, SSP2, SSP3, SSP4 และ SSP5 โดย (1) SSP1 (Sustainability) เป็นสถานการณ์ที่ทุกประเทศได้ปรับรูปแบบการเติบโตเข้าสู่การเติบโตแบบยั่งยืน (2) SSP2 (Middle of the road) เป็นสถานการณ์ที่แต่ละประเทศปรับเข้าสู่การเติบโตอย่างยั่งยืนในอัตราที่ไม่เท่ากัน (3) SSP3 (Regional rivalry) เป็นสถานการณ์ที่มีความกังวลทางด้านการแข่งขัน และนโยบายระหว่างประเทศที่เน้นผลประโยชน์ของประเทศและภูมิภาค โดยให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานและความมั่นคงทางอาหารของแต่ละประเทศ (4) SSP4 (Inequality) เป็นสถานการณ์ที่ความเหลื่อมล้ำทางด้านโอกาสและการลงทุนส่งผลให้เกิดความเหลื่อมล้ำระหว่างประเทศและระหว่างกลุ่มคนในประเทศ ซึ่งอาจส่งผลให้มีปัญหาด้านสังคม (5) SSP5 (Fossil-fuel development) เป็นสถานการณ์ที่เศรษฐกิจโลกเติบโตโดยยังคงพึ่งพาพลังงานจากฟอสซิลอย่างเต็มที่ แต่ไปเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมแทน

ภาพจำลองสถานการณ์ SSP ต่าง ๆ มีมิติของความท้าทายทางด้านเศรษฐกิจและสังคมที่เกี่ยวข้องกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และในมิติของความท้าทายทางด้านเศรษฐกิจและสังคมที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากรูปที่ 17 พบว่าภาพจำลอง SSP1 เป็นสถานการณ์ที่มีความท้าทายทางด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ต่ำ ภาพจำลอง SSP3 เป็นสถานการณ์ที่มีความท้าทายสูงทั้งทางด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภาพจำลอง SSP4 เป็นสถานการณ์ที่มีความท้าทายทางด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ แต่ความท้าทายสูงด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และภาพจำลอง SSP5 เป็นสถานการณ์ที่มีความท้าทายสูงทางด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่มีความท้าทายทางด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ต่ำ

รูปที่ 17: การจัดกลุ่มภาพจำลอง SSP ในแง่ของความท้าทายทางด้านเศรษฐกิจสังคมที่เกี่ยวข้องกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ที่มา: Riahi (2017)

เมื่อนำภาพจำลองของ SSP มาพิจารณาประกอบกับระดับของค่าคาดการณ์ของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะมีสถานการณ์ที่มีความแตกต่างในแง่ของความเข้มข้นในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 5 สถานการณ์ ได้แก่ SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 และ SSP5-8.5 ตารางที่ 1 สรุปผลการประมาณการการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายใต้แต่ละสถานการณ์ ส่วนรูปที่ 18 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อปี การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ

- **สถานการณ์ SSP1-1.9 และสถานการณ์ SSP1-2.6 เป็นสถานการณ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับที่ต่ำมากและต่ำ** ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มลดลงถึงระดับการปล่อยสุทธิเป็นศูนย์ (net zero) ภายในปี 2050 และ 2070 ตามลำดับ

- **สถานการณ์ SSP2-4.5 เป็นสถานการณ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับปานกลาง** ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับปัจจุบันจนกระทั่งถึงช่วงกลางศตวรรษที่ 21

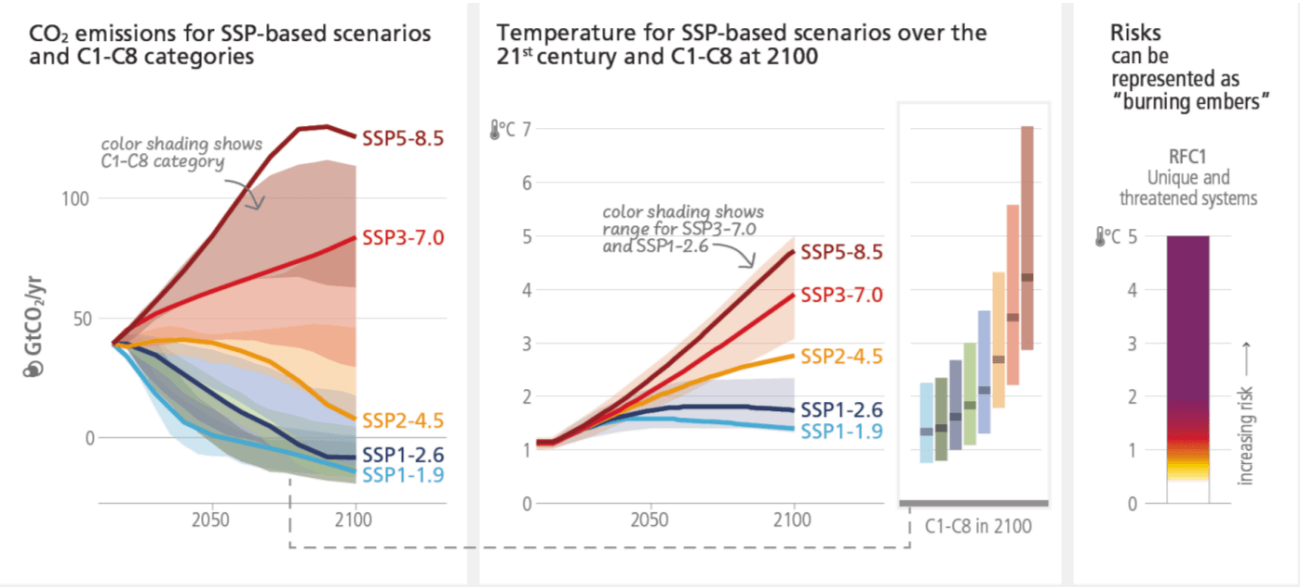
- **สถานการณ์ SSP3-7.0 และ SSP5-8.5 เป็นสถานการณ์ที่คาดการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับที่สูงและสูงมาก** โดยปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สถานการณ์ SSP3-7.0 เพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่าจากระดับปัจจุบันภายในปี 2100 ส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สถานการณ์ SSP5-8.5 เพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่าภายในปี 2050 ภายใต้สถานการณ์ SSP3-7.0 และ SSP5-8.5 นี้ จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อปีในปริมาณที่สูงมากและอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 4-5°C สภาพอากาศสุดขั้วก็มีแนวโน้มที่รุนแรงมากขึ้นและเกิดบ่อยครั้งขึ้น ทั้งสภาวะร้อนสุดขั้ว (hot temperature extremes) เหตุการณ์ฝนตกหนัก (heavy precipitation) ภัยแล้งรุนแรง (IPCC, 2023) ดังนั้น หากในอนาคตประชาคมโลกไม่ดำเนินการด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเข้มข้น มีความเป็นไปได้ที่ว่าสภาวะโลกร้อนและสภาพอากาศสุดขั้วจะทวีความรุนแรงมากขึ้น

ตารางที่ 1: การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวโลกภายใต้ภาพจำลองสถานการณ์ SSP ต่าง ๆ

ภาพฉาย	ระยะใกล้ (2021–2040)		ระยะปานกลาง (2041–2060)		ระยะไกล (2061–2100)	
	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 to 1.7	1.6	1.2 to 2.0	1.4	1.0 to 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 to 1.8	1.7	1.3 to 2.2	1.8	1.3 to 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 to 1.8	2.0	1.6 to 2.5	2.7	2.1 to 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 to 1.8	2.1	1.7 to 2.6	3.6	2.8 to 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 to 1.9	2.4	1.9 to 3.0	4.4	3.3 to 5.7

ที่มา: IPCC (2023)

รูปที่ 18: ความเชื่อมโยงระหว่างการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายใต้ภาพจำลองสถานการณ์ SSP ต่าง ๆ



ที่มา: IPCC (2023)

4. การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคต

4.1. การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยมีการศึกษาด้วยกันหลายแบบจำลอง ในบทความนี้จะอ้างอิงข้อมูลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกโดยศูนย์วิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระดับภูมิภาคและพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (Ramkhamhaeng University

Center Of Regional Climate Change and Renewable Energy: RU-CORE) ด้วยวิธีพลวัตร (dynamical downscaling) จากข้อมูลจากโครงการ SEACLID CORDEX Southeast Asia Phase II[3] โดยข้อมูลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตที่นำเสนอในบทความนี้อ้างอิงข้อมูลจากการคาดประมาณการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยในอนาคตที่ระดับ 1°C 1.5°C และ 2°C โดยแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค 3 แบบจำลอง[4] ซึ่งสามารถสรุปผลการคาดการณ์ได้ดังนี้

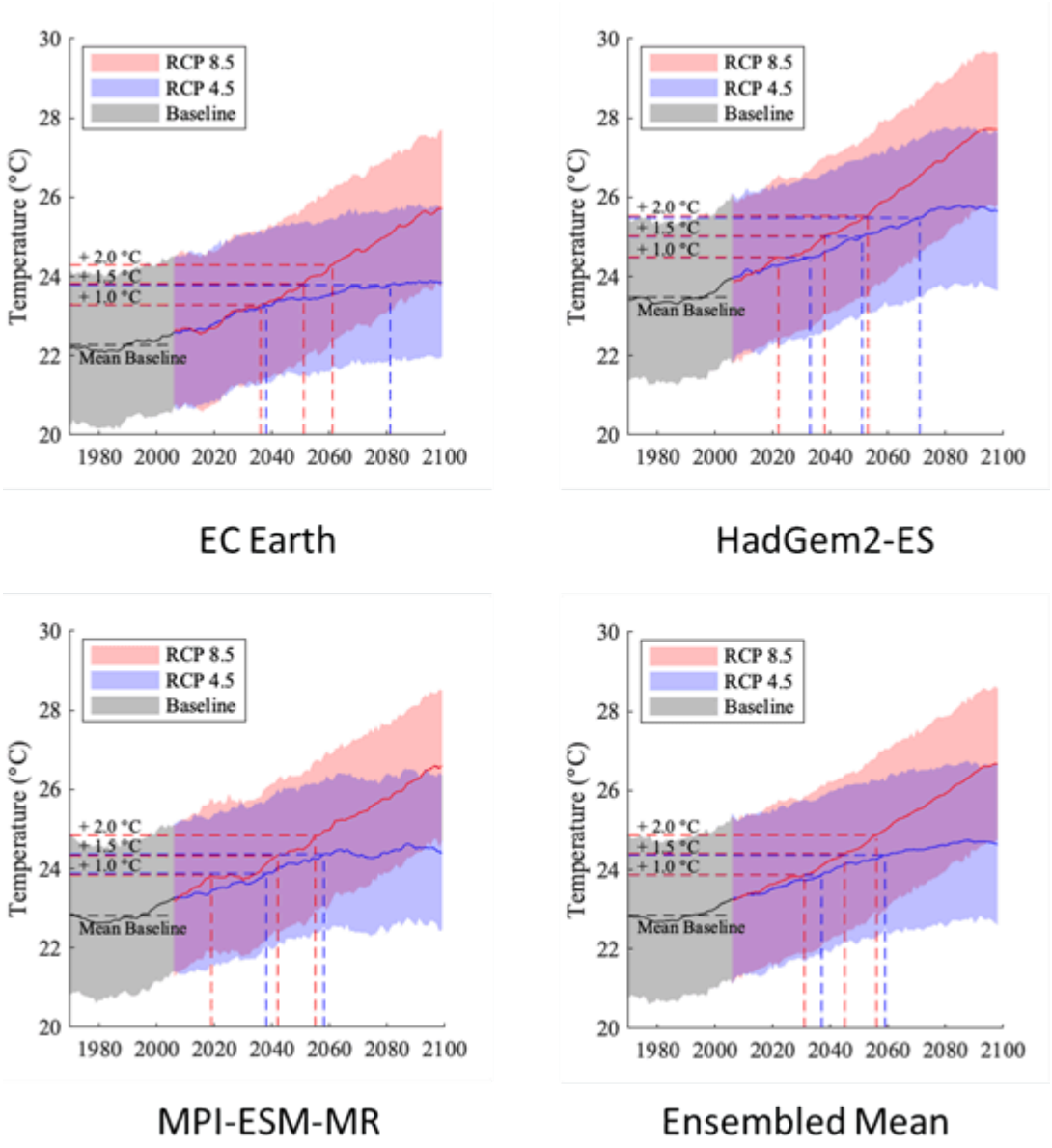
1. **อุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยในอนาคตคาดการณ์ว่าจะสูงขึ้นในทุกภาพจำลอง** โดย (1) จะสูงขึ้น 1.0°C ภายในช่วงปี 2020-2040 (2) จะสูงขึ้น 1.5°C ภายในช่วงปี 2045-2080 และ (3) จะสูงขึ้น 2.0°C ภายในช่วงปี 2050-2070 ดังที่แสดงในรูปที่ 19[5] นอกจากนี้ คาดว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2-4°C ในปี 2100[6]

2. **ประเทศไทยจะเผชิญกับสภาพอากาศที่สุดขั้วมากขึ้น** โดยจากการคาดประมาณการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสุดขั้วสามารถสรุปข้อสังเกตได้[7] ดังนี้

    - **ประเทศไทยในอนาคตมีแนวโน้มที่จะเผชิญอากาศร้อนมากขึ้นและช่วงเวลาที่อากาศร้อนยาวนานขึ้น** ดัชนีความเข้มอุณหภูมิสุดขั้ว (TXn) ดัชนีช่วงเวลาที่อบอุ่น (WSDI) และดัชนีจำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35°C ในพื้นที่ภาพรวมของประเทศไทยในอนาคตที่ต่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งภายใต้ RCP4.5 และ RCP8.5 ดังแสดงในรูปที่ 20a-20c

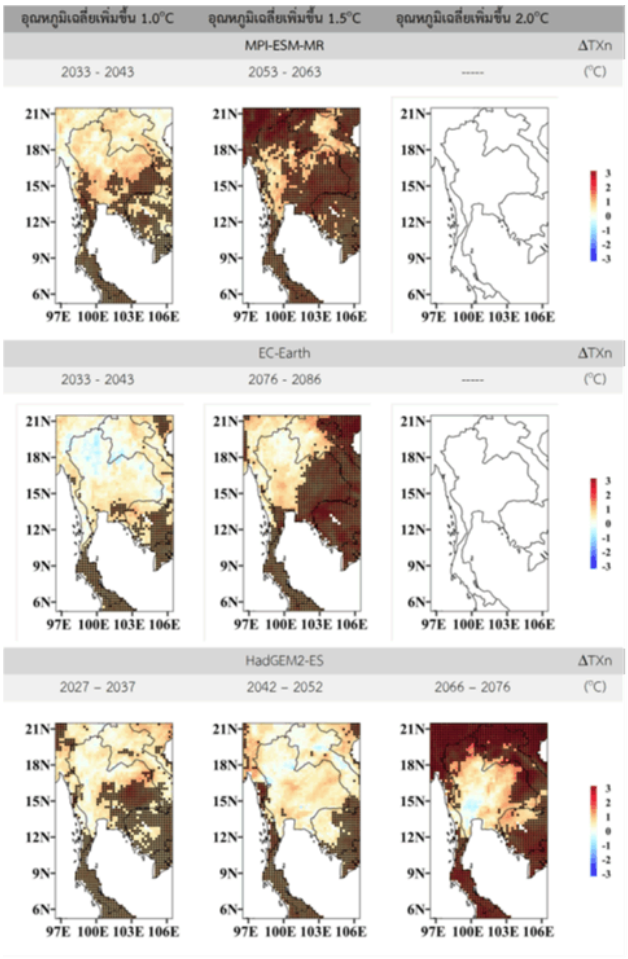
    - **ประเทศไทยจะเผชิญกับทั้งปัญหาภัยแล้งและน้ำท่วมฉับพลันจากเหตุการณ์ฝนตกหนักมากยิ่งขึ้น** ดัชนีปริมาณฝนสูงสุดใน 5 วัน (ดัชนี Rx5day) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (รูปที่ 21a) แต่ดัชนีจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง (ดัชนี CWD) มีแนวโน้มลดลง (รูปที่ 21b) ส่วนการเปลี่ยนแปลงดัชนีจำนวนวันที่ฝนตกหนัก (ดัชนี R10mm) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (รูปที่ 21c)

รูปที่ 19: การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยในปีฐานจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก 3 แบบจำลองและค่าเฉลี่ย

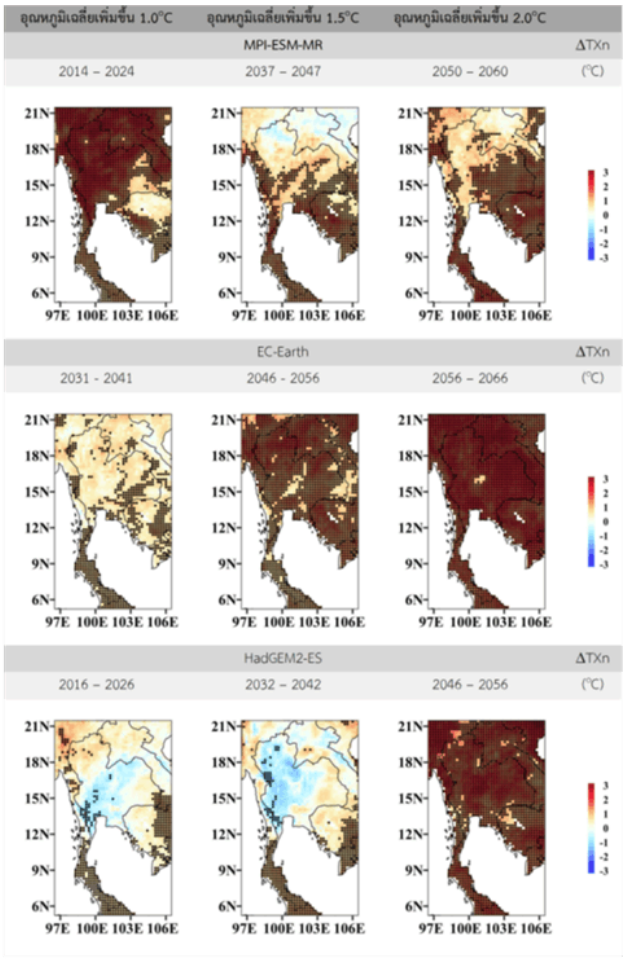


ที่มา: ONEP-RU-CORE (2021)

รูปที่ 20a: การเปลี่ยนแปลงดัชนีความเข้มอุณหภูมิสุดขั้ว (TXn) ภายใต้ RCP4.5 และ RCP8.5



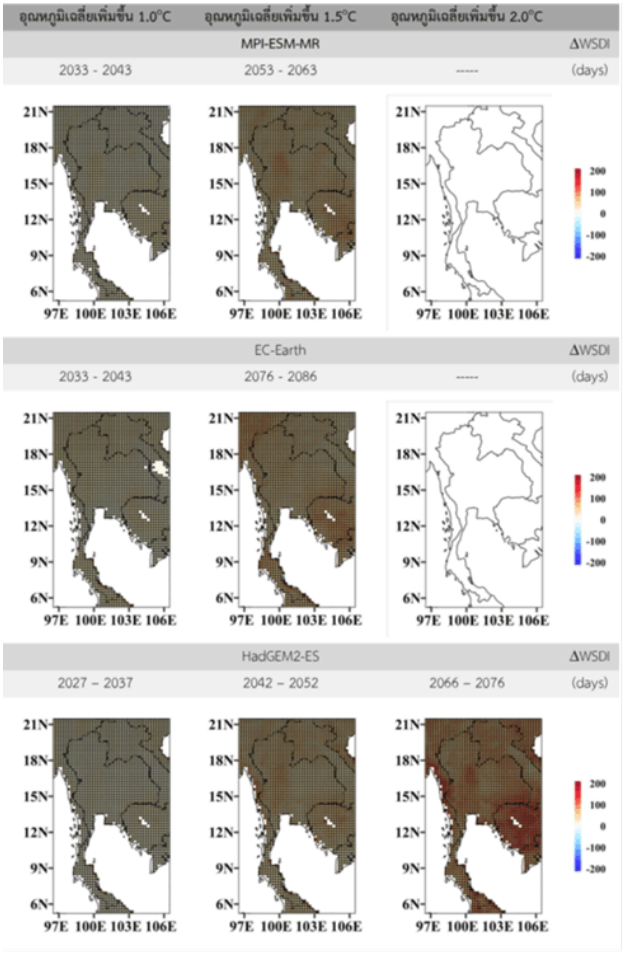
RCP4.5



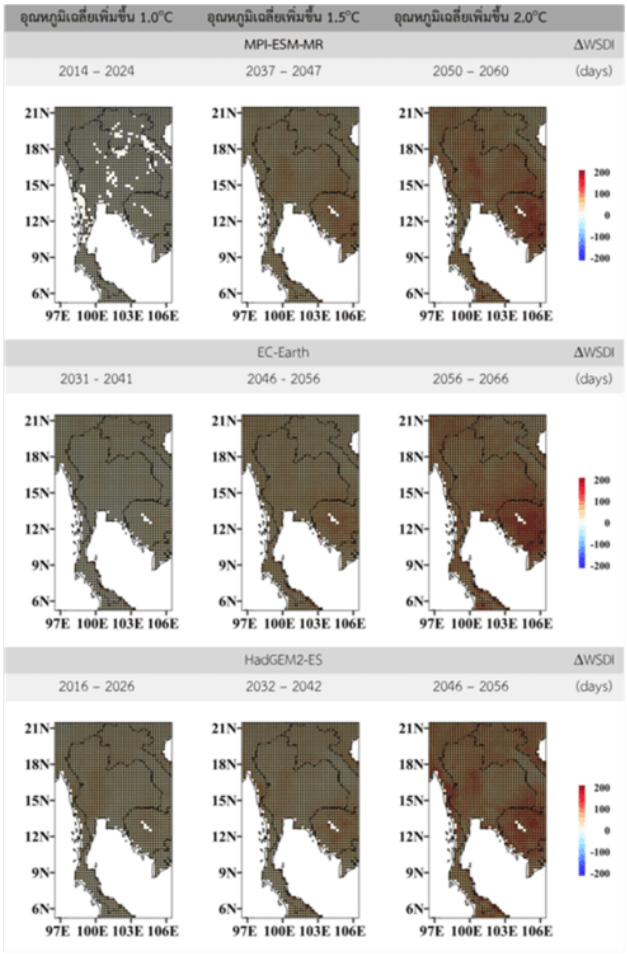
RCP8.5

ที่มา: ONEP-RU-CORE (2021)

รูปที่ 20b: การเปลี่ยนแปลงดัชนีช่วงเวลาที่อบอุ่น (WSDI) ภายใต้ RCP4.5 และ RCP8.5



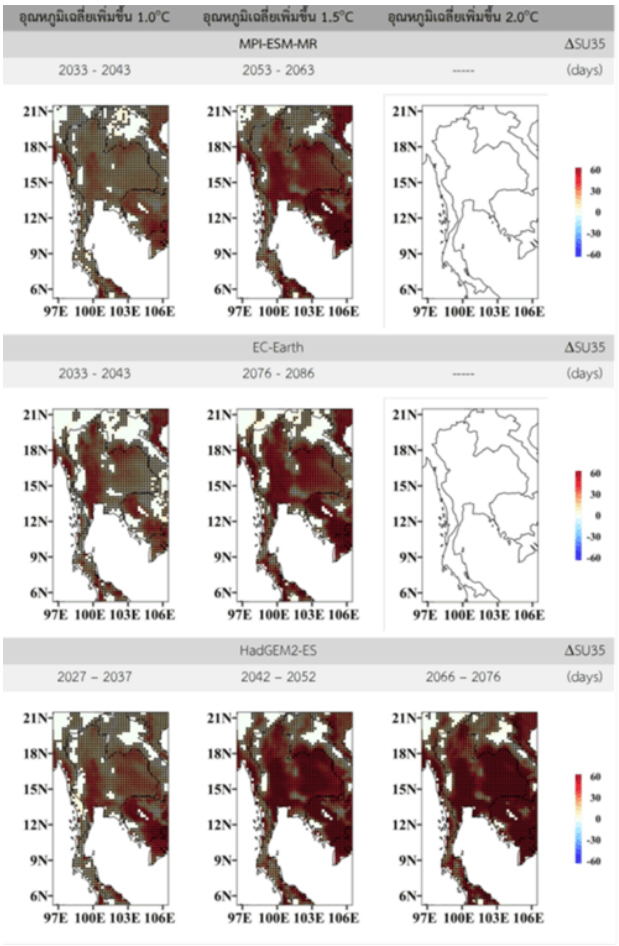
RCP4.5



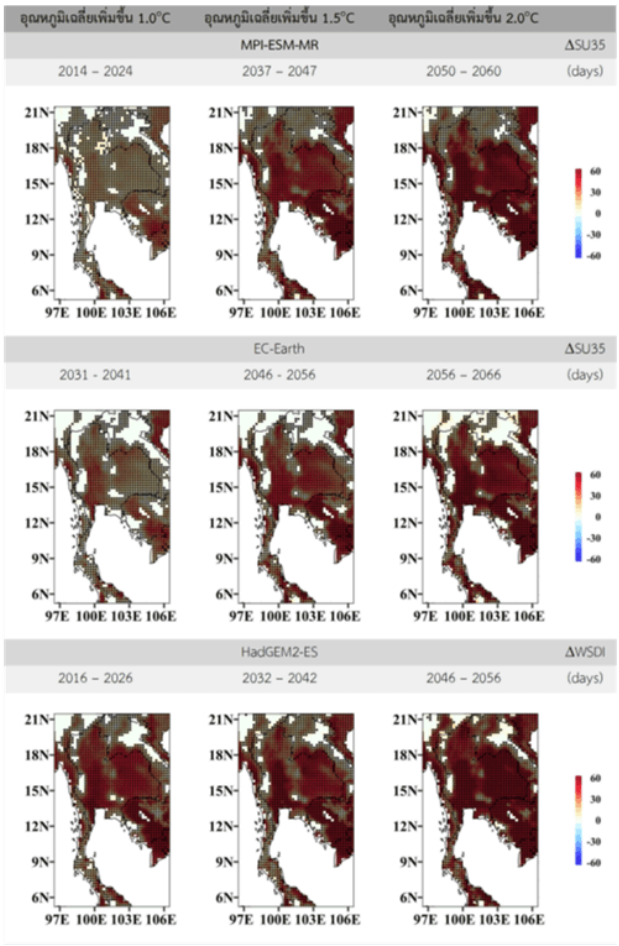
RCP8.5

ที่มา: ONEP-RU-CORE (2021)

รูปที่ 20c: การเปลี่ยนแปลงดัชนีจำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35°C ภายใต้ RCP4.5 และ RCP8.5



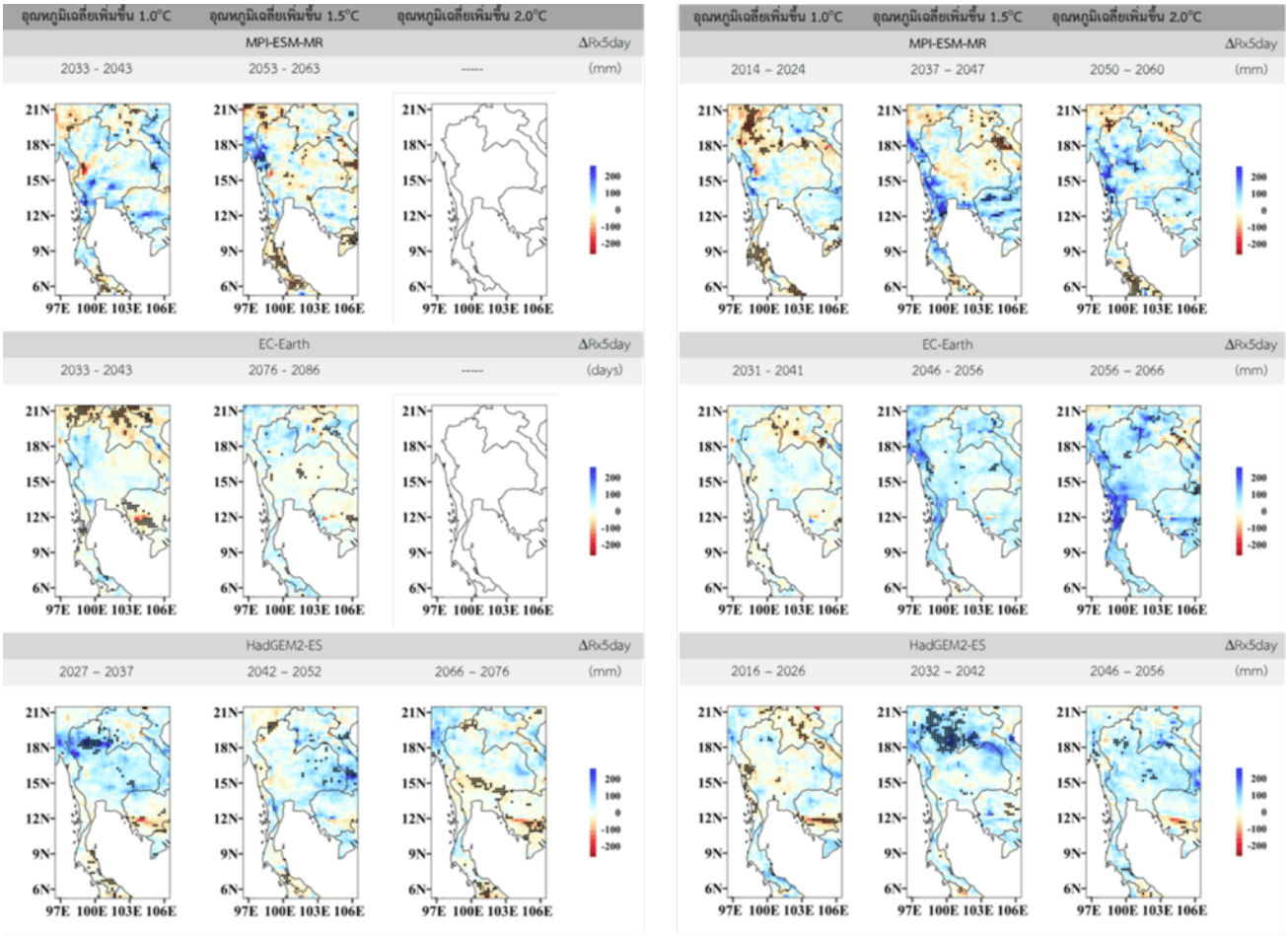
RCP4.5



RCP8.5

ที่มา: ONEP-RU-CORE (2021)

รูปที่ 21a: การเปลี่ยนแปลงดัชนีปริมาณฝนสูงสุดใน 5 วัน (Rxday) ภายใต้ RCP4.5 และ RCP8.5

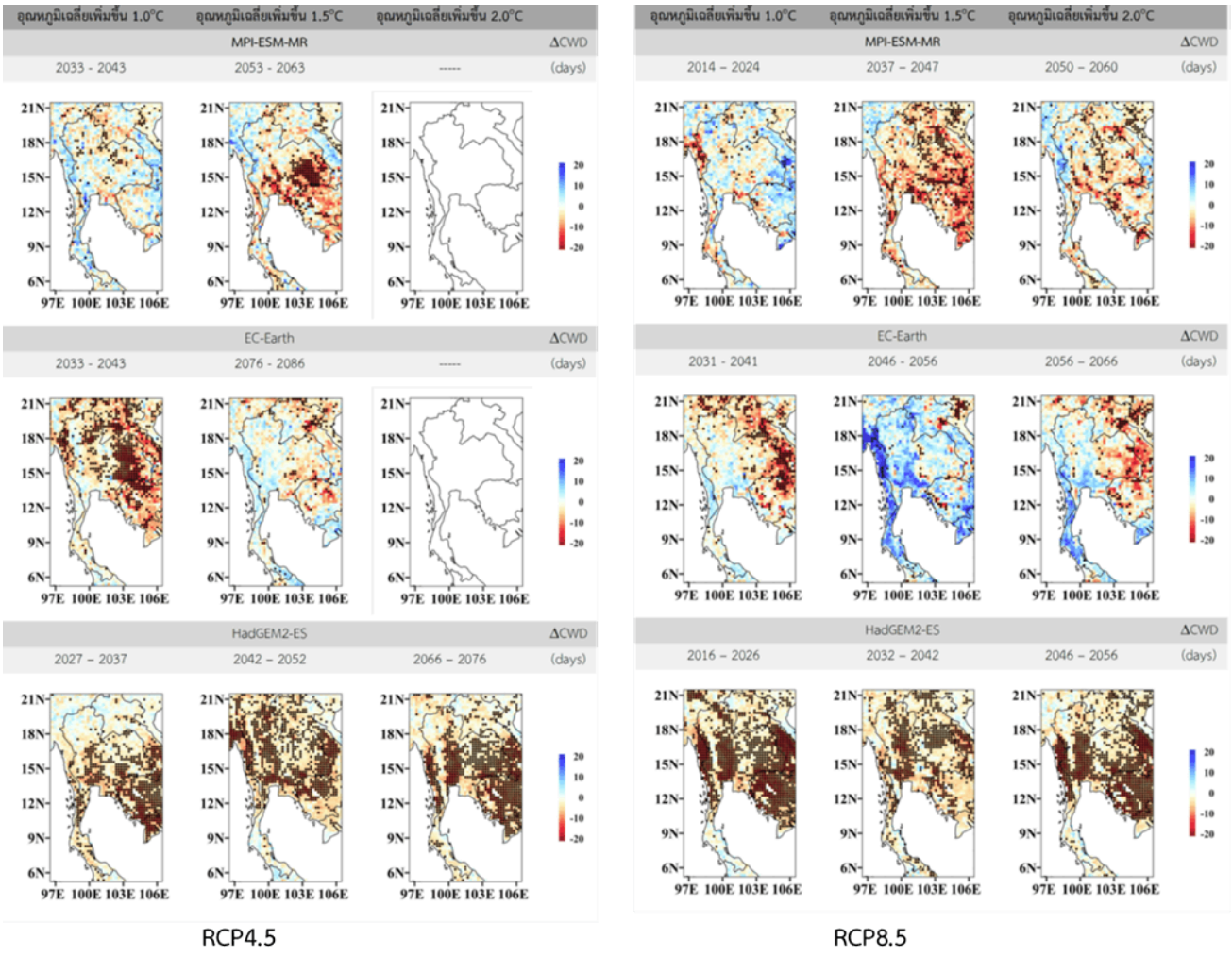


RCP4.5

RCP8.5

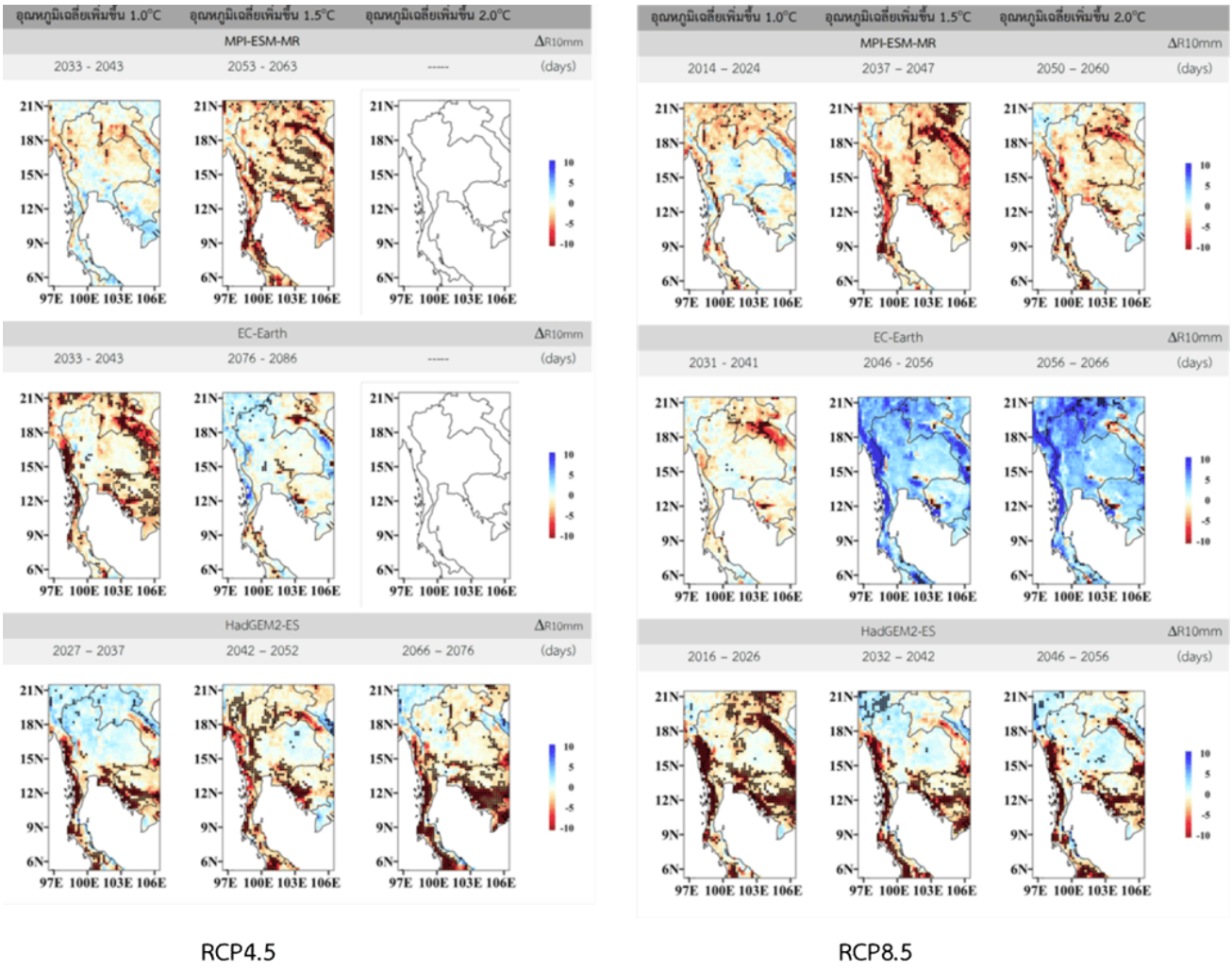
ที่มา: ONEP-RU-CORE (2021)

รูปที่ 21b: การเปลี่ยนแปลงดัชนีจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง (CWD) ภายใต้ RCP4.5 และ RCP8.5



ที่มา: ONEP-RU-CORE (2021)

รูปที่ 21c: การเปลี่ยนแปลงดัชนีจำนวนวันที่ฝนตกหนัก (R10mm) ภายใต้ RCP4.5 และ RCP8.5



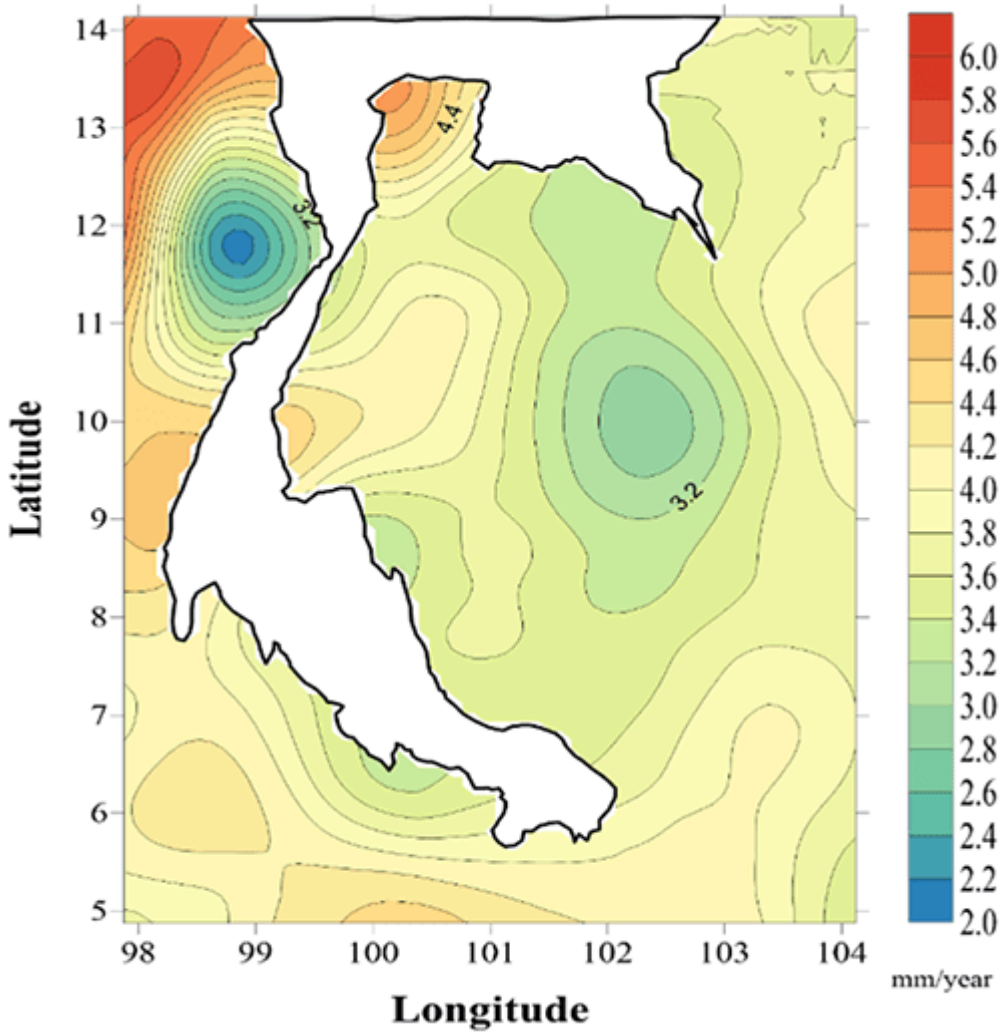
ที่มา: ONEP-RU-CORE (2021)

4.2. การคาดการณ์การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล

ในช่วงระหว่างปี 1993-2019 พื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทยประสบปัญหาการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล 3-5.7 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งสูงกว่าการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในพื้นที่อื่น ๆ บริเวณมหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแปซิฟิก (รูปที่ 22)

ระดับน้ำทะเลของประเทศไทยมีการคาดการณ์ว่าจะเพิ่มสูงขึ้นเกือบ 1 เมตรภายในปี 2100 การศึกษาของ Limsakul et al. (2024) พบว่าภายใต้สถานการณ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับปานกลาง (RCP4.5) คาดว่าระดับน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นประมาณ 35 เซนติเมตรภายในปี 2050 และเพิ่มขึ้น 80 เซนติเมตรภายในปี 2100 แต่ภายใต้สถานการณ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูง (RCP8.5) คาดว่าระดับน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นประมาณ 38 เซนติเมตรภายในปี 2050 และเพิ่มขึ้น 99 เซนติเมตรภายในปี 2100

รูปที่ 22: การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลบริเวณพื้นที่ชายฝั่งของประเทศไทยระหว่างปี 1993–2019

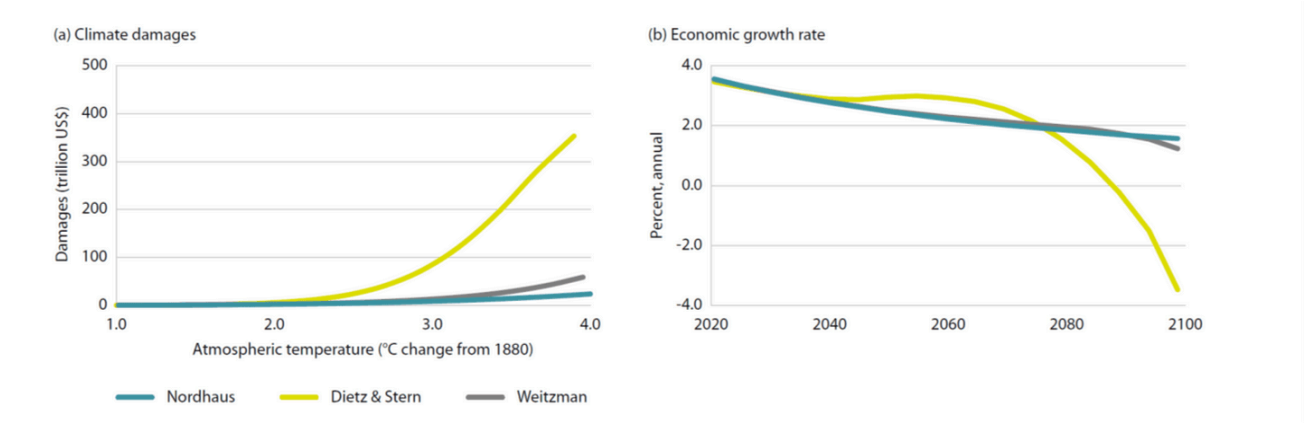


ที่มา: Limsakul et al. (2024)

5. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบเศรษฐกิจ

งานศึกษาหลายชิ้นชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบเศรษฐกิจในอนาคต แต่การประมาณความเสียหายจากผลการศึกษาต่าง ๆ ยังมีความแตกต่างกันมาก เช่น การศึกษาของ Nordhaus (2013) ประมาณการว่าความเสียหายต่อผลผลิต (economic output losses) ของโลก ณ สิ้นศตวรรษที่ 21 จะอยู่ที่ประมาณ 31 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ ในขณะที่ Dietz & Stern (2015) ประมาณการว่าความเสียหายจะอยู่ที่ประมาณ 400 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ ส่วนการศึกษาของ Weitzman (2012) ให้ผลใกล้เคียงกับของ Nordhaus (2013) ความเสียหายต่อผลผลิตยังสะท้อนถึงอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ลดลง ดังแสดงในรูปที่ 23 ยิ่งไปกว่านั้น งานศึกษาของ Burke et al. (2015) พบว่าหากไม่มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้คนในระบบเศรษฐกิจ อุณหภูมิโลกที่สูงขึ้นจะทำให้รายได้เฉลี่ยของโลกจะลดลงถึง 23% ในปี 2100

รูปที่ 23: การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความเสียหายทางเศรษฐกิจ



ที่มา: Network for Greening the Financial System (2020)

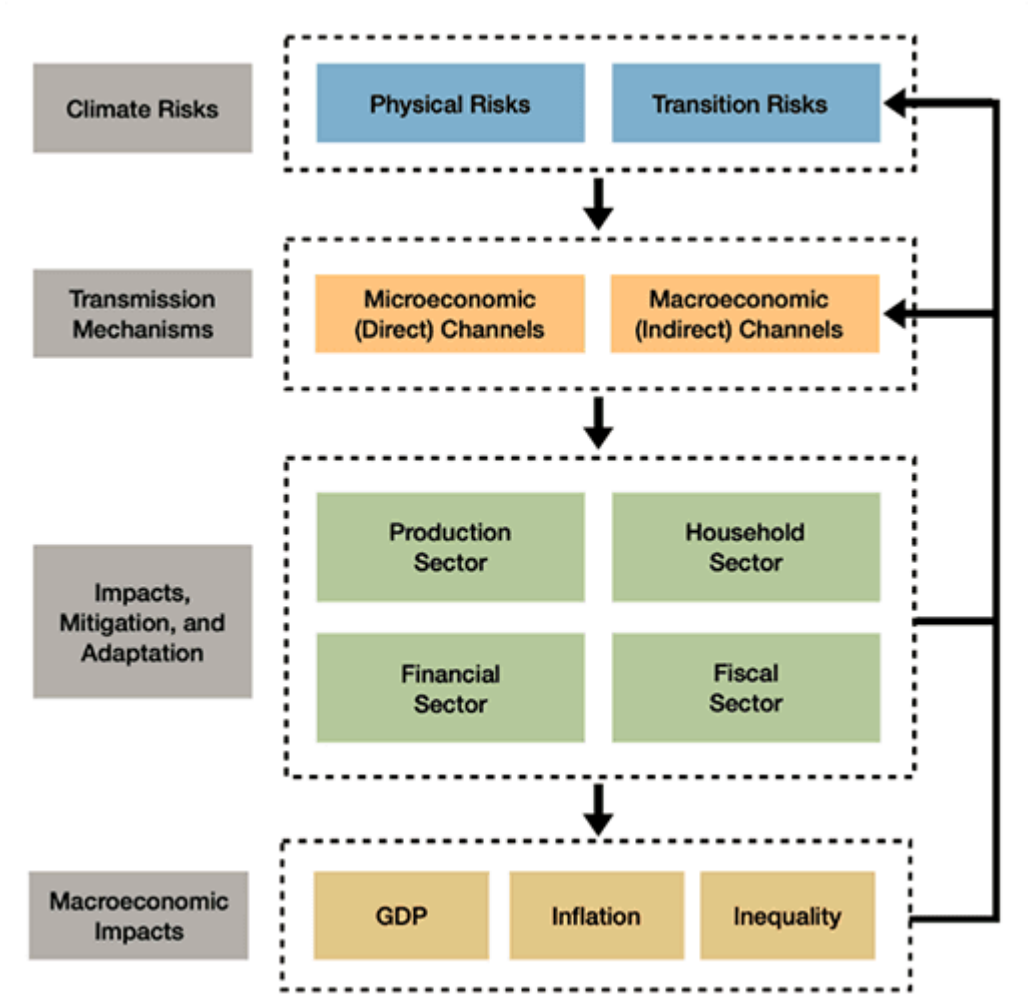
ความเสี่ยงที่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะสร้างผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจสามารถแบ่งตามช่องทางการส่งผ่านผลกระทบได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ (1) ความเสี่ยงทางกายภาพ และ (2) ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ

1. **ความเสี่ยงทางกายภาพ (physical risk) คือ ความเสี่ยงที่มีความเชื่อมโยงใกล้ชิดกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยคุกคามด้านภูมิอากาศ** ทั้งเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้ว (extreme weather) เช่น พายุ น้ำท่วม ฯลฯ และเหตุการณ์ทางสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ (slow onset events) เช่น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ความเป็นกรดของมหาสมุทร (ocean acidification) และการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล (United Nations Framework Convention on Climate Change, n.d.)

2. **ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ (transition risk) คือความเสี่ยงที่เกิดจากกระบวนการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจเพื่อมุ่งสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ ทั้งการเปลี่ยนแปลงนโยบาย กฎหมาย เทคโนโลยี และรสนิยมผู้บริโภค** ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญต่าง ๆ ได้แก่ (1) นโยบายการคลัง ทั้งด้านงบประมาณ ด้านภาษี และด้านการลงทุนของภาครัฐ (2) นโยบายการเงิน (3) กฎหมายและกฎระเบียบ เช่น การกำหนดมาตรฐานสินค้าและนโยบายการค้าระหว่างประเทศที่กีดกันการนำเข้าสินค้าที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (4) การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีซึ่งสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ (5) การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคสินค้าและบริการ เช่น ความต้องการรถยนต์ไฟฟ้าทดแทนรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน

ความเสี่ยงทางกายภาพและความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำส่งผลต่อภาคเศรษฐกิจต่าง ๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม *ผลทางตรง* ได้แก่ ผลกระทบต่อทรัพย์สินและรายได้ ตลอดจนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของทั้งธุรกิจ ครัวเรือน สถาบันการเงิน และรัฐบาล ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐาน (microfoundation) ที่ทำให้ระบบเศรษฐกิจมหภาคเปลี่ยนแปลงไปด้วย ทั้งผลผลิตมวลรวมในประเทศ (gross domestic product: GDP) เงินเฟ้อ และความเหลื่อมล้ำในระบบเศรษฐกิจ สถานการณ์ด้านเศรษฐกิจมหภาคที่เปลี่ยนไปเหล่านี้ก่อให้เกิด *ผลทางอ้อม* ย้อนกลับไปยังธุรกิจ ครัวเรือน สถาบันการเงิน และรัฐบาลที่ได้รับผลกระทบและต้องปรับตัวจากปัจจัยด้านมหภาคที่เปลี่ยนไปอีกด้วย ดังแสดงรูปที่ 24

รูปที่ 24: กรอบการวิเคราะห์ผลกระทบของความเสี่ยงทางกายภาพและความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำต่อภาคเศรษฐกิจต่าง ๆ

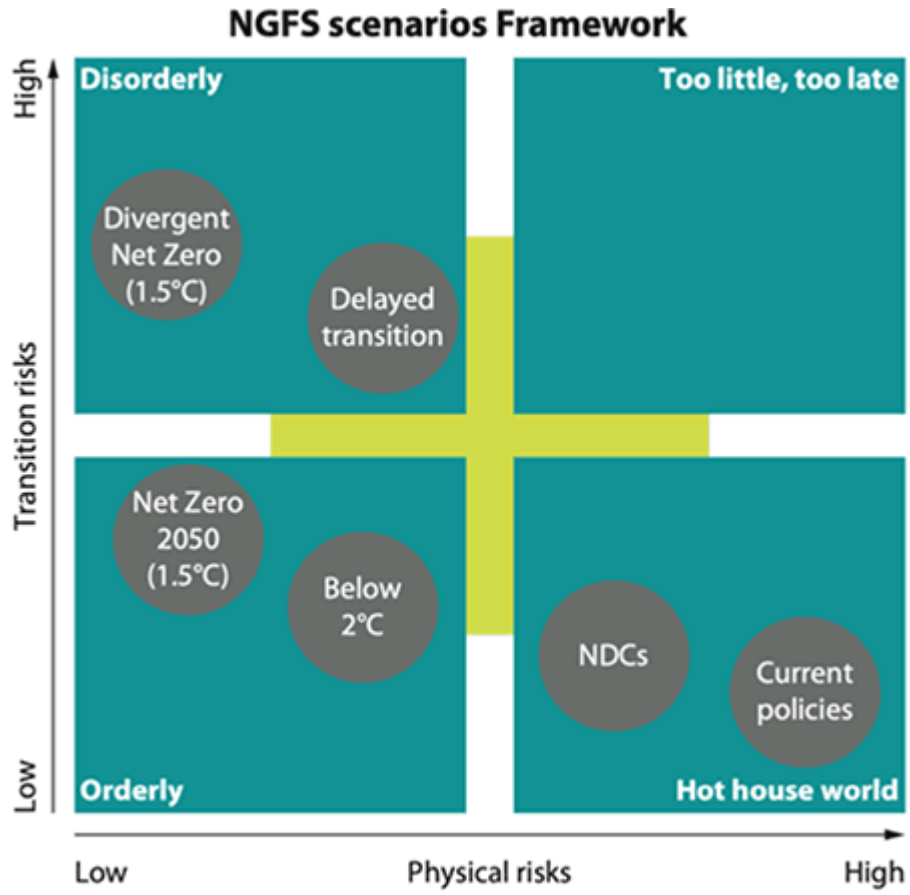


ที่มา: คณะผู้วิจัย

การบริหารความเสี่ยงเป็นสิ่งจำเป็นในการลดผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม การบริหารความเสี่ยงมีข้อควรคำนึงถึงที่สำคัญ 3 ประการ

1. **การบริหารความเสี่ยงทางกายภาพและความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำนั้นอาจเผชิญกับการได้อย่างเสียอย่าง (trade-off)** ในด้านหนึ่งนั้น การไม่ปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมุ่งสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำย่อมมีความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านที่ต่ำ แต่ระบบเศรษฐกิจอาจต้องเผชิญความเสี่ยงทางกายภาพที่สูง ในทางตรงกันข้าม หากมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางเศรษฐกิจสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำที่รวดเร็วจนเกินไป ถึงแม้ว่าจะช่วยลดความเสี่ยงทางกายภาพได้มาก แต่อาจต้องเผชิญกับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านที่สูง ดังนั้น การเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำจำเป็นต้องดำเนินการอย่างรอบคอบและคำนึงถึง Trade-off ที่เกิดขึ้น

รูปที่ 25: ฉากทัศน์ความเสี่ยงและนโยบายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต



ที่มา: Network for Greening the Financial System (2021)

2. **ผลกระทบจากปัจจัยทางด้านภูมิอากาศต่าง ๆ ส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจช้าเร็วต่างกัน** โดยเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้วมักส่งผลในระยะสั้นถึงระยะกลาง ส่วนเหตุการณ์ทางสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำมักส่งผลผลกระทบระยะกลางถึงระยะยาว (Network for Greening the Financial System, 2020)

3. **ปัจจัยทางด้านภูมิอากาศต่าง ๆ ส่งผลกระทบที่หลากหลายต่อผู้คนต่าง ๆ ในระบบเศรษฐกิจ ทั้งในมิติของลักษณะ ขนาด ตลอดจนความถี่ของผลกระทบ** ดังนั้น ถึงแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบทางลบต่อธุรกิจและครัวเรือนจำนวนมาก แต่ก็มีธุรกิจและครัวเรือนอีกจำนวนหนึ่งที่ได้ประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเช่นกัน

เนื้อหาในส่วนที่เหลือของบทความนี้จะนำเสนอตัวอย่างงานวิจัยเรื่องผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบเศรษฐกิจ โดยเริ่มจากผลกระทบต่อภาคเศรษฐกิจต่าง ๆ ได้แก่ ภาคการผลิตสินค้าและบริการที่สำคัญของประเทศไทย (ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคการท่องเที่ยว) ภาคครัวเรือน ภาคการเงิน และการคลังภาครัฐ จากนั้นจะนำเสนอผลกระทบต่อเศรษฐกิจในภาพรวม ได้แก่ ผลผลิตมวลรวม เงินเฟ้อ และความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ โดยในแต่ละหัวข้อจะเสนอตัวอย่างงานศึกษาในระดับสากลและในบริบทของประเทศไทย

6. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการผลิตสินค้าและบริการ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อการผลิตสินค้าและบริการผ่าน 2 ช่องทางหลัก ได้แก่ รายได้และสินทรัพย์ของธุรกิจ ความเสี่ยงทางกายภาพและความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำมีผลต่อรายได้ของธุรกิจทั้งจากความต้องการสินค้าที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมลดลง ความต้องการสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น ต้นทุนในการดำเนินกิจการมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ในขณะที่ผลิตภาพของธุรกิจและแรงงานลดลง เป็นต้น ส่วนผลกระทบผ่านทางสินทรัพย์เกิดจากความเสียหายจากภัยธรรมชาติ การด้อยค่าลงของสินทรัพย์เมื่อปรับเปลี่ยนไปสู่ระบบเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ และความจำเป็นในการลงทุนที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

สำหรับประเทศไทยนั้น สภาพอากาศผิดปกติส่งผลกระทบค่อนข้างสูงต่อภาคเกษตรกรรมที่พึ่งพาสภาพอากาศที่เหมาะสมและภาคการท่องเที่ยวที่พึ่งพาทรัพยากรทางธรรมชาติ Jirophat et al. (2022) พบว่าสภาพภูมิอากาศที่ผิดปกติ (climate shocks) ส่งผลกระทบต่อภาคการผลิตสินค้าและบริการที่ค่อนข้างแตกต่างกัน โดยภาคการเกษตรได้รับผลกระทบที่ค่อนข้างสูง อุตสาหกรรมการผลิตส่วนมากหดตัวหลังจากเผชิญสภาพอากาศที่ผิดปกติ แต่อุตสาหกรรมก่อสร้างได้รับผลกระทบเชิงบวก ซึ่งคาดว่าน่าจะมีผลมาจากการความต้องการซ่อมแซมอาคารต่าง ๆ ภายหลังจากที่เกิดเหตุการณ์สภาพอากาศผิดปกติ สำหรับอุตสาหกรรมที่พักแรมและบริการทางด้านอาหาร พบว่าได้รับผลกระทบเชิงลบจากสภาพอากาศที่ผิดปกติค่อนข้างสูงและผลกระทบค่อนข้างยืดเยื้อ นอกจากนี้ ผลกระทบของสภาพอากาศที่ผิดปกติต่อการส่งออกบริการซึ่งมีการท่องเที่ยวเป็นองค์ประกอบหลักหดตัวสูงกว่า 6%

เนื่องจากภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรมการผลิต และการท่องเที่ยวของประเทศไทย มีความอ่อนไหวสูงต่อสภาพภูมิอากาศ บทความนี้จะนำเสนอรายละเอียดของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภารการผลิตสินค้าและบริการเหล่านี้ ทั้งผลกระทบทางกายภาพและผลกระทบจากการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ *ผลกระทบทางกายภาพ* ได้แก่ พายุและน้ำท่วม ภัยแล้ง และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสามารถส่งผลกระทบทั้งทางตรงต่อผลิตภาพทางการเกษตร และทางอ้อมผ่านทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต ทั้งดิน น้ำ และแรงงาน รวมถึงผ่านทางการแพร่กระจายของโรค ศัตรูพืช และแมลงอีกด้วย ในขณะที่ *ผลกระทบจากการเปลี่ยนผ่าน* ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของราคาคาร์บอน การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีคาร์บอนต่ำ การเปลี่ยนแปลงกฎระเบียบและกฎหมาย ผลกระทบต่อชื่อเสียงและภาพลักษณ์องค์กร และการเปลี่ยนแปลงทางด้านนโยบาย

6.1. ผลกระทบต่อภาคการเกษตร

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตรและความมั่นคงทางอาหาร ภาคเกษตรกรรมเป็นภาคเศรษฐกิจที่มีความอ่อนไหวสูงต่อสภาพภูมิอากาศเนื่องจากต้องพึ่งพาทรัพยากรทางธรรมชาติและสภาพอากาศที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อการปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ การทำประมงและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งสุดท้ายส่งผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกรและราคาผลผลิตทางการเกษตรและอาหาร (Gitz et al., 2016)

ภาคเกษตรกรรมได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั้งต่อการผลิตและผลกระทบต่อทรัพย์สิน ดังที่สรุปในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ความเสี่ยงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคเกษตรกรรม

ประเภทของความเสี่ยง	ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยง	ผลกระทบต่อการผลิตและรายได้ของภาคเกษตรกรรม	ผลกระทบต่อสินทรัพย์ของภาคเกษตรกรรม
ความเสี่ยงทางกายภาพ	(1) พายุและน้ำท่วม	• พืชผลรวมถึงอาหารสัตว์เสียหาย • การประมงนอกชายฝั่งได้รับผลกระทบจากพายุที่รุนแรงและถี่ขึ้น • ห่วงโซ่อุปทานและการขนส่งวัตถุดิบและสินค้าได้รับผลกระทบ	• เครื่องจักร อุปกรณ์ และสิ่งปลูกสร้างได้รับความเสียหายจากภัยธรรมชาติที่รุนแรงขึ้นและถี่ขึ้น • ที่ดินไม่สามารถปลูกพืช เลี้ยงสัตว์ หรือทำการประมงในรูปแบบเดิมได้อีกต่อไป เนื่องจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนไป และการรุกล้ำของระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น
	(2) ภัยแล้ง	• ขาดแคลนน้ำสำหรับการเพาะปลูกและปศุสัตว์ • การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพืชผล รวมถึงหญ้าเลี้ยงสัตว์	
	(3) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ	• สัตว์กินอาหารน้อยลง การผลิตเนื้อและนมของสัตว์ลดลง การสืบพันธุ์ของสัตว์ได้รับผลกระทบ สัตว์มีภูมิคุ้มกันเชื้อโรคลดลง สัตว์เสียชีวิต • การแพร่กระจายของโรคและแมลงเพิ่มขึ้น	
	(4) การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลและความเป็นกรดของมหาสมุทร	• ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง กระทบห่วงโซ่อาหารของสัตว์น้ำ	
	(5) การรุกรานของพืชและสัตว์ต่างถิ่น (alien species)	• ผลิตภาพทางการเกษตรลดลงเนื่องจากโรคพืชและสัตว์ • ระบบนิเวศน์เสียหาย ความหลากหลายทางชีวภาพที่ลดลง	
ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่าน	(1) การเปลี่ยนแปลงของนโยบาย กฎหมาย และกฎระเบียบ	• ต้นทุนที่สูงขึ้นจากการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทั้งนโยบายรัฐบาลและมาตรการจากประเทศคู่ค้า • ต้นทุนที่สูงขึ้นจากการฟ้องร้องการผลิตที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การรุกที่ป่าเพื่อทำการเกษตร การเผาทำลายซากพืชเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูก	• ทรัพย์สินทางการเกษตรมีมูลค่าลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตไปสู่สินค้าชนิดใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (stranded assets) • การลงทุนในสินทรัพย์ใหม่ที่สอดคล้องกับเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ
	(2) การเพิ่มขึ้นของราคาคาร์บอน	• ต้นทุนที่สูงขึ้นของการผลิตภาคเกษตรที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงจากมาตรการราคาคาร์บอน (carbon pricing) • ความต้องการสินค้าลดลงจากราคาสินค้าที่ปรับตัวสูงขึ้น	

ประเภทของความเสี่ยง	ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยง	ผลกระทบต่อการผลิตและรายได้ของภาคเกษตรกรรม	ผลกระทบต่อสินทรัพย์ของภาคเกษตรกรรม
	(3) การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี	• เทคโนโลยีคาร์บอนต่ำสร้างแรงจูงใจให้ผู้ผลิตสินค้าเกษตรปรับเปลี่ยนกระบวนการปลูกพืช เลี้ยงสัตว์ และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	
	(4) การเปลี่ยนแปลงของความต้องการของผู้บริโภค	• ความต้องการและราคาของสินค้าเกษตรที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมลดลง	

ที่มา: ดัดแปลงและเพิ่มเติมจาก (David Carlin & Baker, 2023; Cheng et al., 2022; Gitz et al., 2016)

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อภาคการเกษตรในตารางที่ 2 มีรายละเอียดแยกตามกิจกรรมการผลิตดังนี้

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อการปลูกพืช

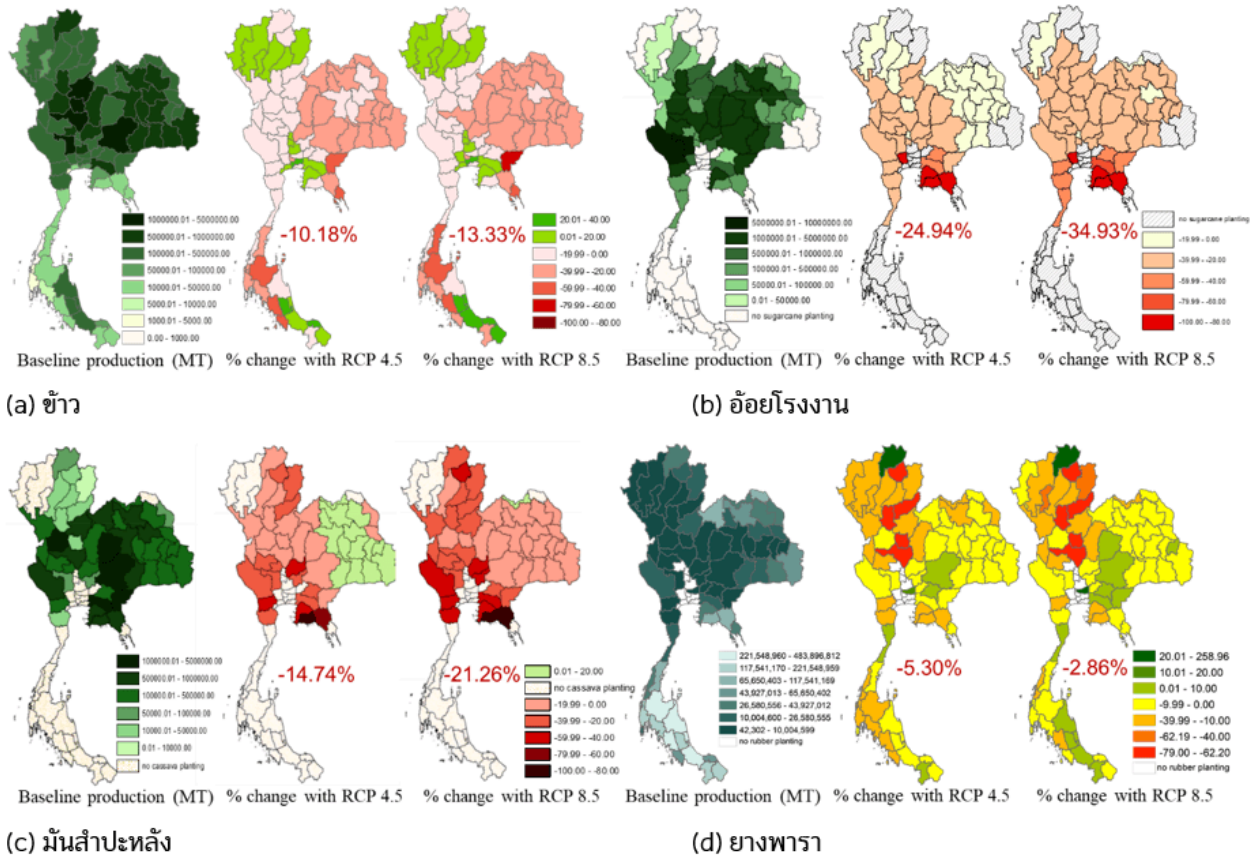
งานศึกษาหลายชิ้น เช่น Lobell et al. (2011), Frieler et al. (2015) และ Rosenzweig et al. (2013) พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบเชิงลบต่อผลิตผล (yields) ของข้าว ข้าวสาลี และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในหลายภูมิภาคทั่วโลก นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของคืนที่มีอากาศร้อนสร้างความเสียหายต่อพืชหลายชนิด โดยข้าวเป็นพืชที่ได้รับผลกระทบค่อนข้างเด่นชัด ทั้งผลกระทบในแง่ของผลิตผลและคุณภาพ อันที่จริงแล้ว ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลิตผลของพืชขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ทั้งอุณหภูมิ ลักษณะการตกของฝน และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ (atmospheric CO_2) งานศึกษาของ Porter et al. (2014) พบว่าการเพิ่มขึ้นของโอโซนในชั้นโทรโพสเฟียร์สร้างความเสียหายต่อผลิตผลของพืชโดยเฉพาะถั่วเหลือง (8.5–14%) ข้าวสาลี (4–15%) และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (2.2–5.5%) ส่วน Müller & Elliott (2015) พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกระทบของต่อผลิตผลของพืชแต่ละชนิดในปี 2100 ภายใต้ฉากทัศน์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับที่สูง[8] ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (-20% ถึง -45%) ข้าวสาลี (-5% ถึง -50%) ข้าว (-20% ถึง -30%) และถั่วเหลือง (-30% ถึง -60%)

จากข้อมูลที่ผ่านมา ผลผลิตของพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทยมีความอ่อนไหวต่อสภาพภูมิอากาศ งานศึกษาต่าง ๆ พบว่าความแปรปรวนของภูมิอากาศ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และการเปลี่ยนแปลงความถี่และความรุนแรงของสภาพอากาศสุดขั้วมีผลกระทบต่อผลิตผลการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทยหลายชนิดผ่านหลายช่องทาง เช่น น้ำท่วม ฝนแล้ง อุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยเฉพาะอุณหภูมิตอนกลางคืนในช่วงที่ข้าวกำลังออกดอกจะกระทบกระบวนการสังเคราะห์แสงของข้าว ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง (Poapongsakorn et al., 2015) สำหรับภาวะฝนแล้งและฝนชุกในประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่ฝนแล้งเกิดจากปรากฏการณ์เอลนินโญ่ (El Niño) ซึ่งเกิดขึ้นสลับกับฝนชุกจากปรากฏการณ์ลานินญ่า (La Niña) ปรากฏการณ์ทั้งสองสามารถวัดได้จากดัชนี ENSO ซึ่งงานศึกษาของ Poapongsakorn et al. (2015) ได้นำดัชนีดังกล่าวมาหาความสัมพันธ์กับค่าความผิดปกติของผลผลิตเกษตร (yield anomaly) พบว่า เมื่อใดที่มีภาวะฝนแล้งผลผลิตเกษตรที่สำคัญของไทยและเอเชียโดยเฉพาะข้าวโพดจะลดลงมากที่สุด รองลงมาคือ อ้อยและข้าว นอกจากนี้ งานศึกษาของ Thampanishvong et al. (2021) พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีแนวโน้มที่จะส่งผลโดยตรงต่อการเกษตรทั้งในเชิงกายภาพของพืชและสัตว์รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ที่ใช้เพื่อการเกษตร

สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อการผลิตพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทยในอนาคต งานวิจัยพบว่าผลผลิตข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพาราจะปรับตัวลดลง ซึ่งจะส่งผลกระทบเชิงลบต่อเกษตรกรและธุรกิจที่เกี่ยวข้องตลอดห่วงโซ่อุปทาน รวมถึงรายได้จากการส่งออกของประเทศไทย และอาจส่งผลต่อความมั่นคงทางอาหารของโลกอีกด้วย โดยผลผลิตข้าวทั้งหมดซึ่งรวมทั้งข้าวนาปีและข้าวนาปรังคาดว่าจะลดลงประมาณ 10.18% และ 13.33% ภายใต้

สถานการณ์ RCP4.5 และ RCP8.5 ตามลำดับ สำหรับผลผลิตพืชไร่อื่น ๆ เช่น อ้อยโรงงาน พบว่าผลผลิตอ้อยโรงงานคาดว่าจะลดลง 24.94% และ 34.93% ภายใต้สถานการณ์ RCP4.5 และ RCP8.5 ตามลำดับ ผลผลิตมันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชทนแล้งก็คาดว่าจะลดลง 14.74% และ 21.26% ภายใต้สถานการณ์ RCP4.5 และ RCP8.5 ตามลำดับ (Pipitpukdee et al., 2020; Pipitpukdee et al., 2020) และผลผลิตยางพาราคาดว่าจะลดลง 5.30% และ 2.86% ภายใต้สถานการณ์ RCP4.5 และ RCP8.5 ตามลำดับ (Attavanich, 2019) (รูปที่ 26) การลดลงของผลผลิตของพืชเศรษฐกิจหลักประเภทต่าง ๆ ข้างต้น อาจจะส่งผลให้ผู้ผลิตในอุตสาหกรรมกลางน้ำและปลายน้ำที่ใช้สินค้าเกษตรเหล่านี้เป็นวัตถุดิบต้องเผชิญกับผลประกอบการที่ผันผวนจากต้นทุนการผลิตและปริมาณวัตถุดิบที่มีความไม่แน่นอน

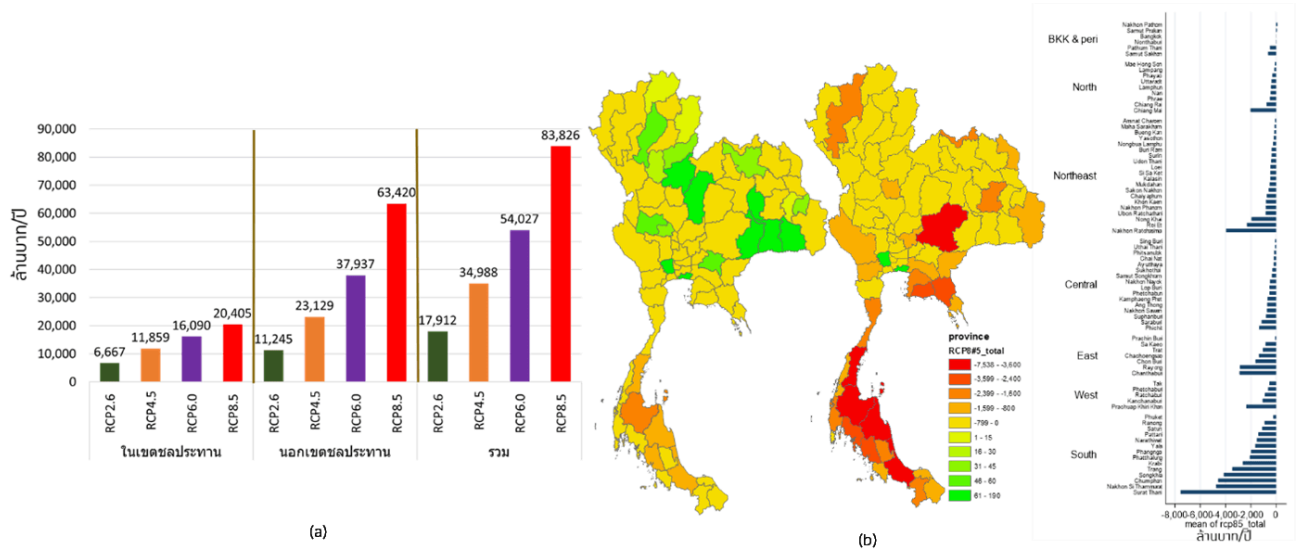
รูปที่ 26: ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตพืชเศรษฐกิจหลักของไทยระหว่างปี พ.ศ. 2589–2598 ตามสถานการณ์ RCP4.5 และ RCP8.5 เมื่อเทียบกับช่วงปีฐาน พ.ศ. 2535–2559



ที่มา: [b,c] Pipitpukdee et al. (2020); Pipitpukdee et al. (2020); [d] Attavanich (2019)

โดยรวมแล้ว สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรมของประเทศไทยอย่างมาก ซึ่งความรุนแรงของผลกระทบมีความแตกต่างในเชิงพื้นที่ Attavanich (2017) พิจารณาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคเกษตรพบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคาดว่าจะสร้างความเสียหายสะสมระหว่างช่วงปี 2554–2588 คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 0.61–2.85 ล้านล้านบาท หรือเฉลี่ย 17,912–83,826 ล้านบาทต่อปี ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยพื้นที่เกษตรนอกเขตชลประทานจะได้รับความเสียหายคิดเป็นมูลค่า 0.38–2.16 ล้านล้านบาท หรือเฉลี่ย 11,245–63,420 ล้านบาทต่อปี ขณะที่พื้นที่ในเขตชลประทานจะได้รับความเสียหายคิดเป็นมูลค่า 0.23–0.69 ล้านล้านบาท หรือเฉลี่ย 6,667–20,405 ล้านบาทต่อปี (รูปที่ 27a) และเมื่อพิจารณาเป็นรายจังหวัดพบว่า 10 จังหวัดแรกที่คาดว่าจะมีมูลค่าความเสียหายมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ชุมพร สงขลา นครราชสีมา ตรัง จันทบุรี ระยอง กระบี่ และประจวบคีรีขันธ์ ตามลำดับ (รูปที่ 27b)

รูปที่ 27: มูลค่าผลกระทบทางเศรษฐกิจต่อเกษตรกรเฉลี่ยของไทยระหว่างปี 2554-2588 (ล้านบาท)



ที่มา: Attavanich (2017)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อการทำปศุสัตว์

ปัจจัยคุกคามด้านภูมิอากาศที่สำคัญต่อการทำปศุสัตว์ ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ การเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ ความแปรปรวนของฝน เป็นต้น (Aydinalp & Cresser, 2008; Henry et al., 2012; Calvosa et al., 2009; Nardone et al., 2010; Polley et al., 2013; Reynolds et al., 2010; Thornton et al., 2009) โดยอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบค่อนข้างมากต่อปศุสัตว์ ทั้งผลกระทบโดยตรงต่อการผลิตเนื้อและนม สุขภาพของสัตว์ การสืบพันธุ์ของสัตว์ รวมถึงผลกระทบต่อปริมาณน้ำที่สัตว์ใช้กิน ส่วนปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของอาหารสัตว์ คือการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และความแปรปรวนของฝน ในขณะที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นและความแปรปรวนของฝนส่งผลกระทบต่อโรคในสัตว์

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อการทำประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Brander (2010) พบว่าปัจจัยด้านภูมิอากาศที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการทำประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำทะเล ลม ค่าความเค็ม ปริมาณออกซิเจน ค่าความเป็นกรด/ด่างของน้ำทะเล เป็นต้น โดยผลกระทบสามารถจำแนกออกเป็นผลกระทบทางตรงและผลกระทบทางอ้อม ตัวอย่างผลกระทบทางตรง เช่น ผลกระทบต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ของสัตว์น้ำ อัตราการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ พฤติกรรม ตลอดจนอัตราการอยู่รอดของสัตว์น้ำ Roessig et al. (2004) พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและค่าความเป็นกรดในมหาสมุทร การลดลงของปริมาณออกซิเจนที่อยู่ในน้ำ และการเปลี่ยนแปลงของค่าความเค็มอาจส่งผลกระทบต่อการอยู่รอดของสัตว์น้ำโดยเฉพาะปลา สำหรับผลกระทบทางอ้อม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำผ่านผลกระทบต่อระบบนิเวศ ผลกระทบต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตในทะเลต่าง ๆ ที่อยู่ในห่วงโซ่อาหารของสัตว์น้ำ นอกจากนี้ ผลิตผลของสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมและความสมบูรณ์ของระบบนิเวศ โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำ ป่าชายเลน แนวปะการัง และแหล่งหญ้าทะเล เนื่องจากสัตว์น้ำพึ่งพาสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศเหล่านี้ทั้งในการหาอาหาร เป็นที่อยู่อาศัย รวมถึงการสืบพันธุ์ อย่างไรก็ดี การทำประมงและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของแต่ละประเทศมีความเปราะบางต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ซึ่งสำหรับประเทศไทยแล้ว ระดับความเปราะบางของการทำประมงและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังจัดว่าอยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก Allison et al. (2009)

6.2. ผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการผลิต

ภาคอุตสาหกรรมการผลิตได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั้งต่อการผลิตและผลกระทบต่อทรัพย์สิน ดังที่สรุปในตารางที่ 3

ตารางที่ 3: ความเสี่ยงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่ออุตสาหกรรมการผลิต

ประเภทของความเสี่ยง	ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยง	ผลกระทบต่อการผลิตและรายได้ของภาคอุตสาหกรรม	ผลกระทบต่อสินทรัพย์ของภาคอุตสาหกรรม
ความเสี่ยงทางกายภาพ	(1) พายุและน้ำท่วม	• ห่วงโซ่อุปทานและการขนส่งวัตถุดิบและสินค้าได้รับผลกระทบ	• เครื่องจักร อุปกรณ์ สิ่งปลูกสร้างในโรงงาน รวมถึงที่ดินได้รับความเสียหาย
	(2) ภัยแล้ง	• ขาดแคลนน้ำสำหรับใช้ในกระบวนการผลิต โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมาก	
	(3) ไฟป่า	• อันตรายต่อแรงงานในโรงงาน • ห่วงโซ่อุปทานและการขนส่งวัตถุดิบและสินค้าได้รับผลกระทบ	
	(4) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ	• ประสิทธิภาพแรงงานลดลงเนื่องจากแรงงานอาจขาดงานหรือเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับความร้อน เช่น โรคลมร้อน (heat stroke) • กระบวนการทำความเยน (cooling process) ได้รับผลกระทบ • ต้นทุนค่าไฟฟ้าจากการใช้ระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้น	
	(5) การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล	• ห่วงโซ่อุปทานและการขนส่งวัตถุดิบและสินค้าได้รับผลกระทบ	
ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่าน	(1) การเปลี่ยนแปลงของนโยบาย กฎหมาย และกฎระเบียบ	• ต้นทุนที่สูงขึ้นจากการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษ จากทั้งนโยบายรัฐบาลและมาตรการจากประเทศคู่ค้า เช่น CBAM ซึ่งจำกัดปริมาณคาร์บอนที่แฝงมากับสินค้านำเข้า • ต้นทุนที่สูงขึ้นจากการฟ้องร้องโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือมลพิษ	• การด้อยค่าของสินทรัพย์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตไปสู่สินค้าชนิดใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (stranded assets) • การลงทุนในสินทรัพย์ใหม่ที่สอดคล้องกับเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ
	(2) การเพิ่มขึ้นของราคาคาร์บอน	• ต้นทุนที่สูงขึ้นของธุรกิจในอุตสาหกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง เช่น ซีเมนต์ เหล็ก จากมาตรการราคาคาร์บอน (carbon pricing) • ความต้องการสินค้าลดลงจากราคาสินค้าที่ปรับตัวสูงขึ้น	
	(3) การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี	• เทคโนโลยีคาร์บอนต่ำสร้างแรงจูงใจให้โรงงานอุตสาหกรรมปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากต้นทุนที่ลดลง	
	(4) การเปลี่ยนแปลงของ	• ความต้องการและราคาของสินค้าที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมลดลง	

ประเภทของความเสี่ยง	ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยง	ผลกระทบต่อการผลิตและรายได้ของภาคอุตสาหกรรม	ผลกระทบต่อสินทรัพย์ของภาคอุตสาหกรรม
	ความต้องการของผู้บริโภค	• ชื่อเสียงและภาพลักษณ์ขององค์กรเสียหายหากธุรกิจไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างทันท่วงที	

ที่มา: ดัดแปลงและเพิ่มเติมจาก David Carlin & Baker (2023)

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อภาคอุตสาหกรรมซึ่งแสดงในตารางที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

1. **การเพิ่มขึ้นของความถี่และความรุนแรงของพายุและน้ำท่วมส่งผลกระทบโดยตรงต่อการผลิตในภาคอุตสาหกรรมจากการที่เครื่องจักร อุปกรณ์ภายในโรงงานและอาคารโรงงานได้รับความเสียหาย** โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานในภูมิภาคเอเชีย จากการศึกษาของ Moody's Corporation (2021) พบว่าประมาณ 19-24% ของสินทรัพย์ภาคอุตสาหกรรมในเอเชียอยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อภัยน้ำท่วม ภัยน้ำท่วมสร้างความเสียหายต่อเครื่องจักร อุปกรณ์ และสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งอาจส่งผลให้กระบวนการผลิตสินค้าล่าช้า โรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทมีความเปราะบางสูงต่อภัยน้ำท่วม เช่น อุตสาหกรรมผลิตสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) เนื่องจากทั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ และสินค้าที่ผลิตไม่สามารถโดนน้ำได้ ในอดีต อุตสาหกรรมผลิตสารกึ่งตัวนำของประเทศไทยได้รับผลกระทบอย่างมากจากเหตุการณ์น้ำท่วมซึ่งเกิดขึ้นในปี 2011 ส่งผลให้โรงงานหลายแห่งในประเทศไทยต้องปิดกิจการเนื่องจากต้นทุนในการฟื้นฟูและซ่อมแซมหลังน้ำท่วมสูงมาก (Moody's Corporation, 2021) จากการประเมินความเสียหายและผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมจากเหตุการณ์น้ำท่วมในปี 2011 โดยสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) พบว่ามีนิคมอุตสาหกรรมจำนวน 7 แห่ง โรงงานในนิคมอุตสาหกรรมจำนวน 838 โรงงาน นอกนิคมอุตสาหกรรมจำนวน 9,021 โรงงาน ผู้ประกอบการขนาด กลางและเล็ก (SMEs) จำนวน 2.85 แสนราย และแรงงานไม่ต่ำกว่า 1.8 ล้านคนได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์น้ำท่วมในปี 2011[9]

   นอกจากผลกระทบโดยตรงต่อโรงงานอุตสาหกรรมแล้ว พายุและน้ำท่วมยังกระทบต่อห่วงโซ่อุปทานของภาคอุตสาหกรรมอีกด้วย ทั้งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต การขนส่งสินค้า และระบบโลจิสติกส์ ซึ่งส่งผลให้อุปทานสินค้าขาดแคลนและทำให้ราคาสินค้าสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น ในปี 2021 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีในรัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา ประสบปัญหาพายุหิมะรุนแรงส่งผลให้โรงงานอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์กว่า 80% ต้องปิดดำเนินการชั่วคราว ผลที่ตามมาคืออุตสาหกรรมปลายน้ำซึ่งใช้สารเคมีเป็นวัตถุดิบ เช่น อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำ ได้รับผลกระทบ โดยราคาส่งออก PVC เพิ่มขึ้นเป็น 1,775 เหรียญสหรัฐต่อตัน

2. **ภัยแล้งมีผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมโดยเฉพาะการผลิตที่ใช้น้ำมาก** ภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่พึ่งพาน้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยการผลิตที่สำคัญ เช่น ใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต ใช้ในกระบวนการทำความเย็น (cooling) ตลอดจนใช้ในการผลิตพลังงานและความร้อน (Aquatech, 2019) ตัวอย่างอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมากในกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก อุตสาหกรรมคอนกรีต อุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำ เป็นต้น (David Carlin & Baker, 2023) กระบวนการผลิตเหล็กใช้น้ำค่อนข้างเข้มข้น การผลิตเหล็ก 1 ตัน ต้องใช้น้ำในกระบวนการผลิตสูงถึง 62,600 แกลอน (EPA, n.d.) อุตสาหกรรมคอนกรีตพึ่งพาน้ำปริมาณค่อนข้างสูงในกระบวนการผลิตเช่นเดียวกัน (Miller et al., 2018)

3. **การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมีผลกระทบต่อการผลิตภาคอุตสาหกรรมผ่านต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นและผลิตภาพของแรงงานที่ลดลง** งานศึกษาของ David Carlin & Baker (2023) พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลให้ต้นทุนในการทำความเย็นโดยใช้ระบบปรับอากาศสำหรับภาคอุตสาหกรรมสูงขึ้น ทั้งนี้ เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมในการทำงานของแรงงาน นอกจากนี้ งานศึกษาของ IEA (2018) พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยและการเกิดอุณหภูมิสุดขั้วอาจส่งผลกระทบต่อผลิตภาพของโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอุตสาหกรรมที่ต้องอาศัยการควบคุมอุณหภูมิในระดับที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต โดยเฉพาะในกระบวนการหล่อเย็น (process cooling) สถานประกอบการอาจจำเป็นต้องใช้พลังงานและน้ำเพิ่มขึ้นในกระบวนการหล่อเย็นหากเผชิญกับอุณหภูมิที่สูงขึ้น นอกจากนี้ อุณหภูมิที่สูงขึ้นยังส่งผลกระทบเชิงลบต่อผลิตภาพแรงงานในภาคอุตสาหกรรม โดยอุณหภูมิที่ร้อนส่งผลให้แรงงานปวดศีรษะและเหนื่อยล้า

งานศึกษาของ Pogačar et al. (2018) พบว่าความเครียดจากความร้อน (heat stress) ส่งผลให้ผลิตภาพแรงงานลดลง Somanathan et al. (2021) ศึกษาโรงงานผลิตสินค้าประมาณ 70,000 โรงในประเทศอินเดีย พบว่าเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทุก ๆ 1°C มูลค่าของผลผลิตของโรงงานเหล่านี้ลดลงประมาณ 3%

4. **ไฟป่ามีผลกระทบต่อการผลิตภาคอุตสาหกรรมจากความเสียหายของสินทรัพย์และระบบโลจิสติกส์** งานศึกษาของ Garman (2019) พบว่าไฟป่าอาจส่งผลให้เครื่องจักร อุปกรณ์ และสินทรัพย์ของโรงงานอุตสาหกรรมได้รับความเสียหาย อีกทั้งก่อให้เกิดอันตรายต่อแรงงานในโรงงาน รวมถึงส่งผลทำให้เส้นทางขนส่งสินค้าทั้งทางบกและทางรางต้องหยุดชะงัก

5. **การเพิ่มขึ้นของราคาคาร์บอนทำให้ต้นทุนของผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมสูงขึ้น** มาตรการการกำหนดราคาคาร์บอน (carbon pricing) คือมาตรการการคิดต้นทุนตามปริมาณคาร์บอนที่แฝงอยู่ในสินค้า มาตรการการกำหนดราคาคาร์บอนอาจอยู่ในรูปแบบของภาษีคาร์บอน ระบบซื้อ-ขายคาร์บอน (emission trading systems: ETS) ตลอดจนการกำหนดราคาคาร์บอนภายในองค์กร (internal carbon pricing) ราคาคาร์บอนซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมจะช่วยสร้างแรงจูงใจให้มีการพัฒนาและเปลี่ยนผ่านสู่เทคโนโลยีที่ปล่อยคาร์บอนต่ำในภาคอุตสาหกรรมและในอุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ อย่างไรก็ดี ราคาคาร์บอนที่สูงขึ้นอาจเพิ่มต้นทุนสำหรับผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมหนัก และส่งผลให้ผลกำไรลดลง

6. **การเปลี่ยนแปลงนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมของภาครัฐมีผลกระทบต่อการผลิตภาคอุตสาหกรรม** หลายประเทศมีการออกนโยบายรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งอาจกระทบต่อการดำเนินงานของภาคอุตสาหกรรม เช่น มาตรฐานสินค้าอุตสาหกรรมที่เข้มข้นมากขึ้น นอกจากนี้ มาตรการทางการค้า เช่น (Carbon Border Adjustment Mechanism: CBAM) ซึ่งจำกัดปริมาณคาร์บอนที่แฝงมากับสินค้านำเข้า อาจสร้างแรงกดดันให้โรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตสินค้าเหล่านี้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มาตรการสั่งห้ามใช้ปุ๋ยเคมีในบางประเทศอาจส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมผลิตแอมโมเนียเนื่องจากแอมโมเนียเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตปุ๋ยเคมี เช่น ประเทศศรีลังกา นิวซีแลนด์ เป็นต้น นอกจากนี้ บางประเทศได้ออกมาตรการสั่งห้ามการใช้พลาสติกใช้ครั้งเดียวทิ้งซึ่งกระทบต่อผู้ผลิตพลาสติกประเภทนี้ (David Carlin & Baker, 2023)

7. **ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีคาร์บอนต่ำอาจจูงใจให้โรงงานอุตสาหกรรมปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก** ทำให้มีผลิตภัณฑ์คาร์บอนต่ำเป็นตัวเลือกมากขึ้น เช่น แอมโมเนียสีเขียว (green ammonia) พลาสติกชีวภาพ (bioplastics) คอนกรีตชีวภาพ (bio-concrete) เหล็กกล้าสีเขียว (green steel) ในขณะเดียวกัน โรงงานอุตสาหกรรมที่ยังมีกระบวนการผลิตที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงย่อมเผชิญการแข่งขันที่สูงขึ้น

8. **การเปลี่ยนแปลงกฎหมายและกฎระเบียบทำให้มีการฟ้องร้องโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือมลพิษสูงสู่สิ่งแวดล้อมและชุมชน** ตัวอย่างกฎหมายที่ควบคุมมลพิษและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ กฎหมายอากาศสะอาด (Clean Air Act) ในประเทศสหรัฐอเมริกา งานศึกษาของ Wolf & Hypes (2021) พบว่าที่ผ่านมามีบริษัทถูกฟ้องร้อง เช่น บริษัท United States Steel (USS) ซึ่งเป็นบริษัทผลิตเหล็กกล้าในเมืองพิตสเบิร์ก คดีฟ้องร้องดังกล่าวส่งผลทำให้บริษัท USS ต้องดำเนินมาตรการลดมลพิษทางอากาศและถูกดำเนินการทางแพ่ง ต้องชดใช้ค่าเสียหายเป็นเงินจำนวน 2.2 ล้านเหรียญสหรัฐ

9. **ธุรกิจที่ตอบสนองล่าช้าต่อการเปลี่ยนแปลงความต้องการของผู้บริโภคและตลาดอาจต้องเผชิญกับผลกระทบต่อชื่อเสียงและภาพลักษณ์ขององค์กร** โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ผ่านมาเริ่มมีองค์กรไม่แสวงหากำไรและองค์กรสาธารณะอื่น ๆ ได้รณรงค์ต่อต้านผู้ประกอบการอุตสาหกรรมที่เชื่อมโยงกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษทางอากาศ

6.3. ผลกระทบต่อการท่องเที่ยว

ภาคการท่องเที่ยวได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั้งต่อการให้บริการและรายได้ของธุรกิจท่องเที่ยว และผลกระทบต่อทรัพย์สินของธุรกิจท่องเที่ยว ดังที่สรุปในตารางที่ 4

ตารางที่ 4: ความเสี่ยงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการท่องเที่ยว

ประเภทของความเสี่ยง	ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยง	ผลกระทบต่อการผลิตและรายได้ของธุรกิจท่องเที่ยว	ผลกระทบต่อสินทรัพย์ของธุรกิจท่องเที่ยว
ความเสี่ยงทางกายภาพ	(1) พายุและน้ำท่วม	• จำนวนนักท่องเที่ยวลดลง • แหล่งท่องเที่ยวต้องหยุดให้บริการนักท่องเที่ยวซึ่งกระทบต่อรายได้ของธุรกิจท่องเที่ยว • การดำเนินกิจการของธุรกิจห่วงโซ่อุปทานและการขนส่งวัตถุดิบ ได้รับผลกระทบ	• เส้นทางคมนาคมได้รับความเสียหายทำให้นักท่องเที่ยวไม่สามารถเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวได้ • ระบบสาธารณูปโภคที่ให้บริการนักท่องเที่ยว เช่น ประปา ไฟฟ้า ฯลฯ ได้รับความเสียหาย • สิ่งปลูกสร้างได้รับความเสียหาย • แหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติได้รับความเสียหาย • ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง
	(2) ภัยแล้ง	• ขาดแคลนน้ำสำหรับให้บริการนักท่องเที่ยว	
	(3) ไฟป่า	• จำนวนนักท่องเที่ยวลดลง • อันตรายต่อสุขภาพและชีวิตของนักท่องเที่ยวและแรงงานในกิจการ • ห่วงโซ่อุปทานและการขนส่งวัตถุดิบได้รับผลกระทบ	
	(4) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ	• ประสิทธิภาพแรงงานลดลง เนื่องจากแรงงานอาจขาดงานหรือเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับความร้อน • ต้นทุนค่าไฟฟ้าจากการใช้ระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้น • แหล่งท่องเที่ยวประเภทกิจกรรมกลางแจ้งและแหล่งท่องเที่ยวที่พึ่งพาอากาศหนาวเย็นได้รับผลกระทบ	
	(5) การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล	• แหล่งท่องเที่ยวได้รับผลกระทบ โดยเฉพาะชายหาด • ห่วงโซ่อุปทานและการขนส่งวัตถุดิบได้รับผลกระทบ • ปัญหาปะการังฟอกขาวและกระทบต่อการอยู่รอดของสัตว์ทะเลซึ่งเป็นหนึ่งในสิ่งดึงดูดนักท่องเที่ยว	
	(6) ความเป็นกรดของน้ำทะเล	• ปัญหาปะการังฟอกขาวและกระทบต่อการอยู่รอดของสัตว์ทะเลซึ่งเป็นหนึ่งในสิ่งดึงดูดนักท่องเที่ยว	
ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่าน	(1) การเปลี่ยนแปลงของนโยบาย กฎหมาย และกฎระเบียบ	• ต้นทุนที่สูงขึ้นจากการปรับเปลี่ยนการดำเนินกิจการ การก่อสร้างอาคาร	• ทรัพย์สินของธุรกิจมีมูลค่าลดลง (Stranded assets)
	(2) การเพิ่มขึ้นของราคาคาร์บอน	• ต้นทุนที่สูงขึ้นของธุรกิจในการซื้อคาร์บอนเครดิต/ลงทุนในมาตรการลดการปล่อยคาร์บอน	

ประเภทของความเสี่ยง	ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยง	ผลกระทบต่อการผลิตและรายได้ของธุรกิจท่องเที่ยว	ผลกระทบต่อสินทรัพย์ของธุรกิจท่องเที่ยว
	(3) การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี	• ธุรกิจสามารถสร้างอาคารสิ่งปลูกสร้างประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	
	(4) การเปลี่ยนแปลงของความต้องการของผู้บริโภค	• ความต้องการของการท่องเที่ยวที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมลดลง • ชื่อเสียงและภาพลักษณ์ขององค์กรเสียหายหากธุรกิจไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างทันท่วงที	

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อภาคท่องเที่ยวซึ่งแสดงในตารางที่ 4 มีรายละเอียดดังนี้

1. **การเพิ่มขึ้นของความถี่และความรุนแรงของพายุและน้ำท่วมส่งผลกระทบต่อแหล่งท่องเที่ยว** ทำให้แหล่งท่องเที่ยวต้องปิดให้บริการ กระทบต่อห่วงโซ่อุปทานด้านการท่องเที่ยว ตลอดจนเส้นทางคมนาคมและโครงสร้างพื้นฐานบริเวณแหล่งท่องเที่ยว งานศึกษาของ Hamzah et al. (2012) ซึ่งศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อแหล่งท่องเที่ยวในประเทศมาเลเซีย พบว่าภัยน้ำท่วมส่งผลให้จำนวนนักท่องเที่ยวที่มาเยือนลดลง ลูกค้าที่ใช้บริการโรงแรมลดลง และการจับจ่ายใช้สอยค่อนข้างเบาบางซึ่งกระทบต่อเศรษฐกิจของท้องถิ่นบริเวณแหล่งท่องเที่ยว

2. **การเกิดภัยแล้งกระทบต่อปริมาณน้ำที่ใช้ในการให้บริการนักท่องเที่ยว** งานศึกษาของ Schneckenburger & Aukerman (2002) พบว่าภัยแล้งส่งผลกระทบต่อแหล่งท่องเที่ยวหลายประเภท ทั้งแหล่งท่องเที่ยวประเภทสวนสาธารณะ/อุทยาน แหล่งท่องเที่ยวทางน้ำ เช่น กิจกรรมล่องแพ กิจกรรมนั่งเรือ เป็นต้น ในกรณีของ Dube et al. (2022) ผลการศึกษาพบว่าภัยแล้งส่งผลให้จำนวนนักท่องเที่ยวที่ไปเยือนแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญในแถบ Western Cape ลดลงอย่างมาก อีกทั้งส่งผลให้นักท่องเที่ยวใช้จ่ายน้อยลงและการจองห้องพักในโรงแรมลดลง

3. **การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล รวมถึงคลื่นซัดฝั่งอาจสร้างความเสียหายต่อแหล่งท่องเที่ยวโดยเฉพาะแหล่งท่องเที่ยวบริเวณชายฝั่ง** จากงานศึกษาของ Fang et al. (2016) พบว่าแหล่งท่องเที่ยวบริเวณชายฝั่งและธุรกิจที่เกี่ยวข้องในมณฑลเจ้อเจียง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน เช่น โรงแรม ได้รับผลกระทบและความเสียหายจากน้ำท่วม ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น ตลอดจนคลื่นซัดฝั่ง

4. **ไฟป่าส่งผลกระทบต่อภาคท่องเที่ยวอย่างมากโดยเฉพาะเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ทำให้จำนวนนักท่องเที่ยวลดลง** งานศึกษาของ Otrachshenko & Nunes (2022) ซึ่งศึกษาผลกระทบของไฟป่าต่ออุตสาหกรรมท่องเที่ยวในประเทศโปรตุเกสโดยใช้ข้อมูลจาก 278 มณฑลระหว่างปี 2000-2016 พบว่าเมื่อพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากไฟป่าเพิ่มขึ้น จำนวนนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวลดลง ทั้งนักท่องเที่ยวในประเทศและนักท่องเที่ยวต่างประเทศ โดยผลกระทบทางเศรษฐกิจของไฟป่าต่อการท่องเที่ยวของประเทศโปรตุเกสอยู่ระหว่าง 17.03-24.18 ล้านยูโร สำหรับนักท่องเที่ยวในประเทศและ 18.26-38.08 ล้านยูโรสำหรับนักท่องเที่ยวต่างชาติ

5. **ภาวะความเป็นกรดของน้ำทะเลส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวทางทะเลและชายฝั่ง** งานศึกษาของ Brander et al. (2012) พบว่าการท่องเที่ยวทางทะเลโดยเฉพาะกิจกรรมดูปะการังได้รับผลกระทบจากภาวะความเป็นกรดของน้ำทะเล เช่น Great Barrier Reef ที่ประเทศออสเตรเลียซึ่งเป็นแหล่งปะการังที่ใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่งของโลกได้รับผลกระทบจากปัญหาความเป็นกรดของน้ำทะเล (Pendleton et al., 2019)

6. **การเปลี่ยนแปลงของนโยบาย กฎหมายและกฎระเบียบส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวเช่นกัน** ในกรณีของประเทศฟิจิ งานศึกษาของ United Nations Environment Programme (2008) พบว่ามีการออกกฎหมายควบคุมอาคาร (building code) ซึ่งกำหนดให้อาคารที่ก่อสร้างใหม่ต้องสามารถต้านทานลมที่มีความเร็วอย่างน้อย 60 กิโลเมตรต่อ

ชั่วโมง เนื่องจากที่ผ่านมาประเทศฟิจิได้รับผลกระทบจากลมพายุและพายุไซโคลนบ่อยครั้ง ซึ่งสร้างความเสียหายให้กับภาคการท่องเที่ยวชายฝั่งของประเทศฟิจิอย่างมาก

7. **ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีมีส่วนช่วยให้ภาคการท่องเที่ยวสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ** งานศึกษาของ United Nations Environment Programme (2008) ยกตัวอย่างเทคโนโลยีซึ่งช่วยในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น เทคโนโลยีการแจ้งเตือนภัยล่วงหน้า เทคโนโลยีการกลั่นน้ำเค็มเป็นน้ำจืด เป็นต้น ซึ่งช่วยในการรับมือกับเหตุการณ์ภัยแล้ง น้ำท่วม ฯลฯ

7. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคครัวเรือน

7.1. ผลกระทบต่อสุขภาพ

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสุขภาพของประชาชนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต เนื่องจากคลื่นความร้อน ภัยแล้ง และฝนตกที่มีความถี่และรุนแรงมากขึ้น และกระทบต่อคนเป็นวงกว้างโดยเฉพาะประชากรกลุ่มเปราะบาง เช่น เด็ก ผู้สูงอายุ มากขึ้น (Hoegh Guldberg et al., 2018; Watts et al., 2021) โดยผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสุขภาพนี้มีทั้งผลกระทบทางตรงและทางอ้อม (Haines & Ebi, 2019)

ผลกระทบทางตรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสุขภาพเกิดจากการบาดเจ็บ เจ็บป่วย หรือเสียชีวิต ซึ่งเป็นผลจากทั้งเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้ว เช่น ภัยพิบัติต่าง ๆ และเหตุการณ์ทางสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เช่น ความร้อน งานศึกษาของ Plongmak et al. (2013) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับภาระทางด้านสุขภาพ (Health burden) ซึ่งประเมินจากการเสียชีวิตหรือการได้รับบาดเจ็บที่เกิดจากเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้ว โดยวัดจากการสูญเสียปีสุขภาวะ (Disability-Adjusted-Life-Years: DALYs) โดยพิจารณาจากเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้วที่เกิดขึ้นในประเทศไทยระหว่างปี 2006-2010 ผลการศึกษาพบว่าจำนวนปีสุขภาวะที่สูญเสียอยู่ที่ 16,274 ปีสุขภาวะที่สูญเสีย นอกจากนี้ งานศึกษาของ UNESCAP (2023) ศึกษาผลกระทบของสภาพอากาศสุดขั้วต่อการสูญเสียปีสุขภาวะในประเทศไทยในปี 2021 ต่อประชากร 100,000 คน ผลการศึกษาพบว่าคลื่นความร้อนเป็นเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้วที่มีค่า DALYs สูงที่สุดโดยอยู่ที่ 8.1 ต่อประชากร 100,000 คน รองลงมาคือพายุหมุนเขตร้อน (4.4) น้ำท่วม (0.7) และภัยแล้ง (0.1)

ผลกระทบทางตรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสุขภาพยังรวมถึงผลต่อสุขภาพจิตด้วย โดยพบปัญหาด้านสุขภาพจิตและความเครียดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ อีกทั้งเหตุการณ์สภาวะอากาศสุดขั้วยังส่งผลทำให้เกิดบาดแผลทางจิตใจ (trauma) ในกลุ่มผู้ที่ประสบภัย และกระทบต่อการดำเนินชีวิต

นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังส่งผลกระทบทางอ้อมต่อสุขภาพของประชากรผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น การแพร่กระจายที่เพิ่มขึ้นของโรคติดต่อ และความเสียหายของโครงสร้างพื้นฐานทางด้านสาธารณสุข งานศึกษาขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization, 2015; United Nations Framework Convention on Climate Change, 2015) และ IPCC AR6 พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนำมาซึ่งความเสี่ยงต่อสุขภาพทั้งการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับความร้อน การเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับโอโซน การเจ็บป่วยและเสียชีวิตจากโรคมาลาเรีย โรคไข้เลือดออก หรือโรคอื่น ๆ ที่มีแมลงเป็นพาหะ โดยเฉพาะภายใต้ฉากทัศน์ที่ไม่มีการดำเนินการปรับตัวในเชิงรุกหรือการปรับตัวค่อนข้างจำกัด งานศึกษาของ Climate and Health Alliance (2022) พบว่าโรคที่มีความอ่อนไหวต่อสภาพภูมิอากาศ (climate-sensitive diseases) เป็นปัจจัยที่เชื่อมโยงกับ 69.9% ของการเสียชีวิตทั่วโลก นอกจากนี้ งานศึกษาขององค์การอนามัยโลกยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอุณหภูมิที่สูงขึ้นและโรคที่มีแมลงเป็นพาหะและโรคที่มีน้ำเป็นสื่อ รวมถึงน้ำท่วม เป็นสาเหตุของการเสียชีวิตประมาณ 250,000 ของประชากรทั่วโลกระหว่างปี 2030-2050 (World Health Organization, 2023) นอกจากนี้ ความเสียหายของสถานพยาบาลและโครงสร้างพื้นฐานทางด้านสาธารณสุขอื่น ๆ จากสภาพ

อากาศสุดขั้ว ทั้งน้ำท่วม พายุ ภัยแล้ง ยังกระทบต่อห่วงโซ่อุปทานของยาและเวชภัณฑ์ ตลอดจนการเข้าถึงบริการทางด้านสุขภาพของประชาชนอีกด้วย

7.2. ผลกระทบต่อการอพยพและการย้ายถิ่นที่อยู่

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะภัยแล้ง การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล การกัดเซาะชายฝั่ง และน้ำท่วม ส่งผลให้ผู้คนจำนวนมากทั่วโลกต้องอพยพหรือย้ายถิ่นที่อยู่ จากงานศึกษาของ IPCC (1990) พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลให้มนุษย์มีการอพยพหรือย้ายถิ่นฐาน โดยมีการคาดการณ์ว่ามีประชากรหลายล้านคนต้องย้ายถิ่นที่อยู่เนื่องจากได้รับผลกระทบจากปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง น้ำท่วมชายฝั่ง รวมถึงผลผลิตทางการเกษตรได้รับความเสียหายจากเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้ว ส่วนการประมาณการโดย Cross & Societies (2001) พบว่ามีผู้ที่ถูกบังคับให้อพยพหรือย้ายถิ่นฐานเนื่องจากสาเหตุด้านปัญหาสิ่งแวดล้อม (environmental refugees) ประมาณ 25 ล้านคนทั่วโลก การศึกษาของ UN University (2005) คาดการณ์ว่าจะมีผู้ที่ต้องย้ายถิ่นฐานอันเนื่องมาจากปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมมากกว่า 50 ล้านคน ในขณะที่งานศึกษาของ Myers (2005) คาดว่าจะมีประชากรกว่า 200 ล้านคน ต้องย้ายถิ่นฐานเนื่องมาจากได้รับผลกระทบจากพายุ เหตุการณ์ฝนตกหนัก ภัยแล้ง การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล และปัญหาน้ำท่วมชายฝั่ง

การตัดสินใจอพยพหรือย้ายถิ่นฐานของครัวเรือนเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศขึ้นอยู่กับความรุนแรงของภัยที่เผชิญ ความเปราะบางของครัวเรือนต่อภัยพิบัติ สินทรัพย์และแนวทางที่ครัวเรือนสามารถใช้ในการรับมือกับผลกระทบ ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้ครัวเรือนตัดสินใจเกี่ยวกับการย้ายถิ่นฐานในลักษณะที่แตกต่างกัน งานศึกษาของ Raleigh & Jordan (2010) พบว่า สำหรับพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง พบว่ามีการอพยพหรือย้ายถิ่นฐานชั่วคราว (temporary migration) เพื่อลดความเสี่ยงหรือผลกระทบของภัยแล้งต่อครัวเรือน เนื่องจากเกรงว่าการผลิตอาจได้รับผลกระทบจากการขาดแคลนน้ำ (Henry et al., 2004; Roncoli et al., 2001; Hampshire & Randall, 1999; Guilmoto, 1998; Hill, 1989) ดังนั้น การย้ายถิ่นฐานของประชากรในพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลมาจากปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ นอกจากนี้ จุดหมายปลายทางส่วนใหญ่คือพื้นที่เขตเมืองซึ่งอยู่ไม่ไกลจากถิ่นที่อยู่เดิมมากนัก อย่างไรก็ตาม สำหรับพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลหรือปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง พบว่ามีประชากรจำนวนมากที่ตัดสินใจย้ายถิ่นฐาน เช่น ในกรณีของการกัดเซาะตลิ่งของแม่น้ำในประเทศบังคลาเทศ (Mahmood, 1995; Zaman, 1989) นอกจากนี้ ประเทศหมู่เกาะขนาดเล็กในมหาสมุทรแปซิฟิกซึ่งคาดการณ์ว่าจะได้รับผลกระทบสูงจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอนาคตมีแนวโน้มที่จะพบการย้ายถิ่นฐานของประชากรเพื่อใช้ในการรับมือกับผลกระทบและความเสี่ยงจากระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น

อย่างไรก็ดี การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจลดทอนโอกาสในการอพยพย้ายถิ่นฐานของครัวเรือน ส่งผลให้ครัวเรือนจำเป็นต้องอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ งานศึกษาของ Kaczan & Orgill-Meyer (2020) พบว่าการเกิดเหตุการณ์สภาพภูมิอากาศที่รุนแรง เช่น น้ำท่วม ภัยแล้ง อุณหภูมิสูงสุดขั้ว อาจลดทอนความสามารถของครัวเรือนในการอพยพย้ายถิ่นฐาน เนื่องจากเหตุการณ์สภาพภูมิอากาศที่รุนแรงทำให้ครัวเรือนสูญเสียทรัพยากรและเงินทุนที่จำเป็นต้องใช้ในการอพยพไปยังถิ่นที่อยู่ใหม่ นอกจากนี้ งานศึกษาของ Kaczan & Orgill-Meyer (2020) ยังพบว่าการอพยพย้ายถิ่นฐานเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านภูมิอากาศ (climate-induced migration) ส่วนใหญ่น่าจะเป็นการย้ายถิ่นฐานภายในประเทศมากกว่าการย้ายถิ่นฐานระหว่างประเทศ และเหตุการณ์สภาพภูมิอากาศที่รุนแรงที่เกิดขึ้นแบบค่อยเป็นค่อยไป (slow-onset climate events) น่าจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ครัวเรือนตัดสินใจอพยพมากกว่าเหตุการณ์สภาพภูมิอากาศที่รุนแรงที่เกิดขึ้นแบบทันทีทันใด

สำหรับประเทศไทย ภัยพิบัติทางธรรมชาติและการเกิดเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้วส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจอพยพย้ายถิ่นฐานของประชากรเช่นกัน โดยเฉพาะภัยแล้งและการกัดเซาะชายฝั่ง งานศึกษาของ Chaichiangpin & Sonsuphap (2023) ซึ่งเก็บข้อมูลจากวิธีการสัมภาษณ์กลุ่มแรงงานจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ย้ายถิ่นสู่พื้นที่อุตสาหกรรมภาคตะวันออก พบความเห็นว่าปัญหาภัยพิบัติ และปัญหาจากการเกิดภัยตามฤดูกาล เช่น ปัญหาน้ำแล้ง ที่มีต้นทุนในการแก้ไขปัญหา คือปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้มีการย้ายถิ่นของแรงงาน นอกจากนี้ งานศึกษา Sonthisuwannakun & Thamma-apipon (2019) ซึ่งศึกษาการปรับตัวของเกษตรกรชาวนาในจังหวัดนครปฐมต่อสถานการณ์ภัยแล้ง พบว่าผลกระทบทางเศรษฐกิจสืบเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่ลดลง ฝนไม่ตกตามฤดูกาล และฝนทิ้งช่วงนาน ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง จนเกิดภาวะหนี้สิน และส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอาชีพและย้ายถิ่นทั้งชั่วคราวและถาวรเพื่อลดผลกระทบดังกล่าว สำหรับการ

ตัดสินใจอพยพเนื่องมากจากปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งในประเทศไทย งานศึกษาของ Teerawiroon (2015) พบว่ามีครัวเรือนจำนวนหนึ่งในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทราตัดสินใจอพยพย้ายถิ่นฐานไปพื้นที่อื่น จนเหลือจำนวนครัวเรือนเพียง 100 ครัวเรือน จากเดิมที่เคยมีประมาณ 200 ครัวเรือน ในการสำรวจพื้นที่ที่ประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกโดย Charoensit (2007) พบว่าปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งที่ต่อเนื่องและรุนแรงมากขึ้น ทำให้พื้นที่ตามแนวชายฝั่งสูญหายไปจำนวนมาก บางพื้นที่มีพื้นที่ถูกกัดเซาะลึกเข้ามาเป็นระยะทางมากกว่า 100 เมตร จนมาถึงพื้นที่ชุมชน ส่งผลให้มีการอพยพย้ายบ้านเรือนกันเป็นประจำในทุกปี เนื่องจากความรุนแรงของการกัดเซาะชายฝั่งได้เพิ่มมากขึ้นและส่งผลกระทบโดยตรงต่อชุมชนชายฝั่งเป็นพื้นที่กว้าง โดยตัวอย่างผลกระทบต่อชุมชนชายฝั่ง เช่น บ่อปลา บ่อกุ้ง และสวนมะพร้าวของประชาชน รวมทั้งสาธารณูปโภคต่าง ๆ

7.3. ผลกระทบต่อการเงินของครัวเรือน

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อรายได้ รายจ่าย สินทรัพย์ และหนี้สินของครัวเรือน โดยกระทบรายได้ครัวเรือนผ่านทางอาชีพและผลิตภาพ รายจ่ายครัวเรือนผ่านทางค่าครองชีพ การเข้าถึงสินค้าและบริการรวมถึงความมั่นคงทางอาหาร สินทรัพย์ของครัวเรือนผ่านทางทุนทางธรรมชาติ ทุนทางกายภาพ ตลอดจนทุนทางเศรษฐกิจ[10] โดยมีรายละเอียดของผลกระทบในแต่ละมิติดังนี้

ผลกระทบต่อรายได้

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อรายได้ของครัวเรือนเกษตร การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน รวมถึงสภาพอากาศที่แปรปรวน ส่งผลกระทบต่อรายได้ของครัวเรือนจำนวนมาก แต่ผลกระทบต่อครัวเรือนในภาคเกษตรมีแนวโน้มที่สูงกว่าผลกระทบต่อครัวเรือนนอกภาคเกษตร สำหรับครัวเรือนในภาคการเกษตร ทุก ๆ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 1°C ส่งผลให้รายได้ของครัวเรือนเกษตรลดลงถึง 3.3% ในขณะที่รายได้ของครัวเรือนนอกภาคการเกษตรลดลงเพียง 0.4% (Maqbool et al., 2023; Ma & Maystadt, 2017; Di Falco et al., 2011) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อการผลิตพืชและเพิ่มความผันผวนทางด้านรายได้ของครัวเรือนเกษตร โดยเฉพาะในกลุ่มเกษตรกรรายเล็กซึ่งพึ่งพารายได้จากการทำการเกษตร อย่างไรก็ดี การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ขับเคลื่อนให้ครัวเรือนกระจายความเสี่ยงผ่านแหล่งรายได้อื่น ๆ (Jalal et al., 2021)

ภาคครัวเรือนในประเทศไทยมีความเปราะบางสูงมากต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเนื่องจากครัวเรือนจำนวนมากพึงพารายได้จากภาคเกษตร แรงงานในภาคเกษตรของไทยมีจำนวนมากถึง 12.62 ล้านคน หรือ 34.1% ของกำลังแรงงานทั้งหมด นอกจากนี้ หากพิจารณาลักษณะของพื้นที่ทำการเกษตรจะพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยที่มีที่ดินถือครองไม่มาก มีการศึกษาน้อย และมีครัวเรือนเกษตรเพียง 26% ที่เข้าถึงระบบชลประทาน (Attavanich et al., 2019; Thampanishvong et al., 2021)

อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังส่งผลกระทบต่อรายได้ของครัวเรือนนอกภาคเกษตรด้วยเช่นกัน แรงงานซึ่งประกอบอาชีพในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยคุกคามทางด้านภูมิอากาศมีรายได้ที่ลดลงจาก (1) *การจ้างงานที่ลดลง* ทั้งจากชั่วโมงการทำงานลดลง การสูญเสียงาน และการเจ็บป่วยจากภัยคุกคามทางด้านภูมิอากาศ (2) *ค่าจ้างที่ลดลง* เนื่องจากผลิตภาพแรงงานที่ลดลง จากการที่ทุนและโครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพถูกทำลายโดยภัยธรรมชาติและจากสุขภาพที่แย่ลง

ผลกระทบต่อรายจ่าย

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้รายจ่ายของครัวเรือนสูงขึ้น โดยเฉพาะรายจ่ายด้านพลังงาน รายจ่ายในการเดินทาง รายจ่ายเพื่อสุขภาพ รวมถึงรายจ่ายจากการซื้อสินค้าเพื่อการอุปโภคบริโภค งานศึกษาของ US Department of the Treasury (2023) พบว่าสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมส่งผลกระทบต่อการผลิตและการขนส่งเชื้อเพลิงฟอสซิล ทำให้ราคา

พลังงานและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของครัวเรือนสูงขึ้น อีกทั้งสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม เช่น อากาศที่ร้อนจัด อาจส่งผลทำให้ค่าไฟฟ้าที่ครัวเรือนต้องจ่ายสูงขึ้นจากความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ สภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลทำให้ค่าใช้จ่ายด้านการเดินทางของครัวเรือนสูงขึ้นจากการที่ครัวเรือนต้องปรับเปลี่ยนจากการใช้ระบบขนส่งสาธารณะเป็นการเดินทางรูปแบบอื่น ๆ ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพของครัวเรือนก็อาจมีแนวโน้มสูงขึ้นจากการเจ็บป่วยหรือได้รับบาดเจ็บ สภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมยังอาจกระทบห่วงโซ่อุปทานของสินค้าอุปโภคบริโภค ทำให้ราคาสินค้าปรับตัวสูงขึ้น ซึ่งกระทบต่อค่าใช้จ่ายของครัวเรือน

ผลกระทบต่อสินทรัพย์

นอกจากการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อทุนมนุษย์ (human capital) เช่น สุขภาพของครัวเรือนแล้วนั้น ภัยธรรมชาติและสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมยังสร้างความเสียหายให้กับทุนทางกายภาพ (physical capital) และทุนทางธรรมชาติ (natural capital) ของครัวเรือนอีกด้วย ทุนทางกายภาพ เช่น สิ่งปลูกสร้าง บ้านเรือน ตึก อาคาร อาจกลายเป็นสินทรัพย์ด้อยค่า (stranded assets) งานศึกษาของ Fussell (2015) พบว่าหลังจากเฮอริเคนแคทรินา ราคาบ้านในเมืองนิวออร์ลีนส์ตกต่ำลง ในบางกรณีค่าซ่อมแซมบ้านสูงกว่ามูลค่าบ้านที่คงเหลือ ทำให้ครัวเรือนจำนวนหนึ่งต้องละทิ้งที่อยู่ สำหรับทุนทางธรรมชาตินั้น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ โดยเฉพาะทรัพยากรน้ำ ที่ดินโดยเฉพาะที่ดินเพื่อการเกษตร ตลอดจนทรัพยากรป่าไม้ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการดำรงชีพของประชาชน (Evans, 2009)

ผลกระทบต่อหนี้สิน

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกระทบความสามารถในการเข้าถึงสินเชื่อและความสามารถในการชำระหนี้ของครัวเรือน การที่สภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมทำให้รายได้ของครัวเรือนลดลงและค่าใช้จ่ายของครัวเรือนสูงขึ้น ส่งผลทำให้ครัวเรือนประสบปัญหาภาวะความตึงเครียดทางการเงิน (financial strain) ซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการชำระหนี้ของครัวเรือนลดลง (US Department of the Treasury, 2023; Consumer Financial Protection Bureau, 2022) การที่ครัวเรือนไม่สามารถชำระหนี้ได้ตามปกติอาจส่งผลต่อเนื่องไปยังความน่าเชื่อถือของครัวเรือนซึ่งกระทบต่อความสามารถในการเข้าถึงสินเชื่อในอนาคต (Consumer Financial Protection Bureau, 2022) งานศึกษาของ Kandikuppa & Gray (2022) พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (และสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศอินเดีย เช่น ระบบวรรณะและการถือครองกรรมสิทธิ์ในที่ดิน) ส่งผลทำให้ปัญหาหนี้สินของครัวเรือนในชนบทของประเทศอินเดียแย่ลง ส่วนงานศึกษาของ Zhang et al. (2022) พบว่าภัยพิบัติทางธรรมชาติและสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมเพิ่มความน่าจะเป็นที่ครัวเรือนในประเทศจีนจะเป็นหนี้

8. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเงิน

ความเสี่ยงทางกายภาพจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ ทำให้ความเสี่ยงทางการเงินของภาคการเงินสูงขึ้น โดย Network for Greening the Financial System (2021) ได้แบ่งความเสี่ยงทางการเงินเหล่านี้ออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

1. *ความเสี่ยงด้านเครดิต* (credit risk) เนื่องจากโอกาสในการผิดนัดชำระหนี้ของธุรกิจและครัวเรือนที่สูงขึ้น มูลค่าของหนี้ที่ผิดนัดชำระที่สูงขึ้น และหลักประกันที่กลายเป็นสินทรัพย์ด้อยค่า (stranded assets) ที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้
2. *ความเสี่ยงด้านภาวะตลาด* (market risk) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อทั้งธุรกิจแต่ละแห่งและต่อระบบเศรษฐกิจโดยรวม ทำให้ราคาหลักทรัพย์เปลี่ยนไป ทั้งราคาของตราสารทุน ตราสารหนี้ และโภคภัณฑ์ ซึ่ง

ราคาตลาดของสินทรัพย์อาจเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ได้คาดการณ์ไว้ (unexpected realizations) เช่น ราคาของสินทรัพย์ที่เดิมไม่ได้สะท้อนความเสี่ยงทางกายภาพและความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำอย่างครบถ้วน (Pierpaolo Grippa & Suntheim, 2019)

3. *ความเสี่ยงในการรับประกัน* (underwriting risk) เนื่องจากโอกาสและมูลค่าความเสียหายที่เพิ่มขึ้น
4. *ความเสี่ยงด้านปฏิบัติการ* (operational risk) ที่เกิดจากการดำเนินกิจการโดยตรงของสถาบันการเงิน เช่น การหยุดชะงักของกิจการ และการถูกฟ้องร้อง นอกจากนี้ มาตรการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำยังส่งผลต่อความสามารถในการปล่อยสินเชื่อของสถาบันการเงิน
5. *ความเสี่ยงด้านสภาพคล่อง* (liquidity risk) ในการหาแหล่งเงินทุน รวมถึงแหล่งเงินกู้ใหม่เพื่อทดแทนเงินกู้เดิม (rollover และ refinancing)

ความเสี่ยงทางการเงินของภาคการเงินที่สูงขึ้นนี้ส่งผลกระทบต่องบดุลของสถาบันการเงินทั้งทางด้านสินทรัพย์และหนี้สิน ผลกระทบทางฝั่งสินทรัพย์ (assets) เกิดจากหนี้ที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้และหลักประกันที่กลายเป็นสินทรัพย์ด้อยค่า หลักทรัพย์ทางการเงินที่สถาบันการเงินถืออยู่มีมูลค่าลดลง เป็นต้น ส่วนตัวอย่างผลกระทบทางฝั่งหนี้สิน (liabilities) ได้แก่ ภาระที่บริษัทประกันภัยต้องรับผิดชอบมากขึ้นเนื่องจากความเสียหายจากภัยพิบัติมีมูลค่ามากขึ้นและเกิดถี่ขึ้นเมื่อเทียบกับเหตุการณ์ในอดีต นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังอาจทำให้ภัยธรรมชาติต่าง ๆ ที่ในอดีตไม่มีความสัมพันธ์กัน (uncorrelated risk) กลับมีความสัมพันธ์กัน (correlated risk) ซึ่งเป็นการลดความสามารถของสถาบันการเงินในการกระจายความเสี่ยง (diversification) อีกด้วย

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังส่งผลต่อเสถียรภาพโดยรวมของภาคการเงิน เนื่องจาก (1) สถาบันการเงินแต่ละแห่งเผชิญกับความเสี่ยงเฉพาะ (idiosyncratic risk) ที่มากขึ้น และ (2) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังมีแนวโน้มที่จะมีผลกระทบในวงกว้าง จึงเพิ่มความเสี่ยงเชิงระบบ (systemic risk) ซึ่งธุรกิจ ครัวเรือน และสถาบันการเงินมีข้อจำกัดในการกระจายความเสี่ยงนี้

9. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการคลังภาครัฐ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อการคลังภาครัฐ ทั้งสินทรัพย์ รายได้ และรายจ่าย ซึ่งในที่สุดแล้วมีผลต่อหนี้สินและความยั่งยืนทางการคลัง (fiscal sustainability) โดยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อการคลังภาครัฐผ่านช่องทางต่าง ๆ ดังนี้

- **การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบโดยตรงต่อสินทรัพย์ภาครัฐ** ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่รุนแรงและเกิดบ่อยครั้งขึ้นสร้างความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้าง สาธารณูปโภค และโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ทำให้ภาครัฐมีภาระทางการคลังที่เพิ่มขึ้นในการลงทุนซ่อมแซมทรัพย์สินเหล่านี้

- **การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อรายได้จากการจัดเก็บภาษีของรัฐบาล** เนื่องจากธุรกิจและครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอาจมีรายได้ที่ลดลงทำให้มีภาระภาษีลดลงตามไปด้วย

- **การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังส่งผลกระทบต่อรายได้และรายจ่ายภาครัฐผ่านการดำเนินนโยบายการคลัง** เนื่องจากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสะท้อนถึงความล้มเหลวของกลไกตลาด ภาครัฐจึงมีบทบาทสำคัญในการแก้ไขปัญหานี้ นอกเหนือจากการออกกฎหมายและกฎระเบียบต่าง ๆ แล้ว ภาครัฐยังมีบทบาทในการจัดการกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (mitigation) และบทบาทในการปรับตัวเพื่อรับมือกับผลกระทบต่าง ๆ จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (adaptation) ผ่านนโยบายการคลัง โดยการสร้างแรงจูงใจให้ธุรกิจปรับกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผ่านการยกเว้นภาษีและการให้เงินอุดหนุนสำหรับกิจกรรมที่ลดการปล่อยคาร์บอน และการเก็บภาษีคาร์บอน (carbon tax) กับกิจกรรมที่ปล่อยคาร์บอนออกสู่บรรยากาศ นอกจากนี้ ภาครัฐยังมีบทบาทในการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเปลี่ยนผ่านในกรณีที่ภาคเอกชนไม่มีแรงจูงใจ เช่น

โครงสร้างการผลิตหรือการส่งพลังงานสะอาด และมีบทบาทในการให้เงินช่วยเหลือครัวเรือนและธุรกิจ โดยเฉพาะครัวเรือนกลุ่มเปราะบางและธุรกิจขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถปรับตัวและรับมือกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้

อย่างไรก็ตาม การดำเนินนโยบายการคลังเพื่อบรรเทาปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศมีความท้าทาย เพราะภาครัฐเผชิญกับเป้าหมาย 3 ประการที่ไม่สามารถบรรลุได้พร้อมกันทั้งหมด (trilemma) ได้แก่ (1) เป้าหมายทางด้านสิ่งแวดล้อม (2) เป้าหมายความยั่งยืนทางการคลัง และ (3) เป้าหมายความเป็นไปได้ทางการเมือง รายงานของ International Monetary Fund (2023) กล่าวถึงความท้าทายที่สำคัญนี้ไว้ว่า ถ้าหากรัฐบาลต้องการบรรลุเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมโดยไม่ให้เสียฐานเสียงทางการเมือง รัฐบาลไม่สามารถเก็บภาษีมาสนับสนุนรายจ่ายที่จำเป็นได้ ทำให้ต้องกู้ยืมเงินจำนวนมาก ซึ่งนำไปสู่ฐานะทางการคลังที่ไม่ยั่งยืนในที่สุด แต่ถ้าหากไม่กู้ยืมเงิน รัฐบาลก็อาจต้องยอมไม่บรรลุเป้าหมายในการจัดการกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศ

10. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อเศรษฐกิจมหภาค

10.1. ผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) ทั้งทางฝั่งอุปสงค์รวม (aggregate demand) และฝั่งอุปทานรวม (aggregate supply) ในฝั่งอุปสงค์รวมนั้น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อทั้งการบริโภคภาคเอกชน (private consumption: C) การลงทุนภาคเอกชน (private investment: I) การใช้จ่ายภาครัฐ (government expenditure: G) ทั้งการใช้จ่ายเพื่อการบริโภคและการลงทุน และการส่งออกสินค้าและบริการสุทธิ (net export: X-M) โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบมีทั้งด้านลบและด้านบวก ส่วนผลกระทบในฝั่งอุปทานรวมนั้น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อทั้งผลิตภาพ (productivity) ทุนธรรมชาติ (natural capital) ทุนกายภาพ (physical capital) และทุนมนุษย์ (human capital) ซึ่งในความหมายอย่างกว้างรวมถึงปริมาณและคุณภาพของแรงงานในประเทศ ตารางที่ 5 แสดงตัวอย่างปัจจัยที่ส่งผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตมวลรวมภายในประเทศทั้งในฝั่งอุปสงค์และอุปทาน[11]

ตารางที่ 5: ตัวอย่างปัจจัยที่ส่งผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ

	ตัวอย่างปัจจัยที่ส่งผลกระทบทางลบ	ตัวอย่างปัจจัยที่ส่งผลกระทบทางบวก
อุปสงค์รวม		
การบริโภคภาคเอกชน (C)	• มูลค่าของสินทรัพย์ลดลง รายได้ลดลง หนี้สินที่เพิ่มขึ้น • ความไม่แน่นอนที่เพิ่มขึ้น เช่น รายได้ในอนาคต • รสนิยมที่เปลี่ยนไปทำให้ความต้องการสินค้าที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมลดลง	• การซื้อสินค้าเพื่อทดแทนของชิ้นเดิมที่ได้รับความเสียหายจากเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้ว • รสนิยมที่เปลี่ยนไปทำให้ความต้องการสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น
การลงทุนภาคเอกชน (I)	• การลงทุนในอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมลดลง เนื่องจากรสนิยมที่เปลี่ยนไปของผู้บริโภคและมาตรการภาครัฐ • ความผันผวนและความไม่แน่นอนที่เพิ่มขึ้น	• การลงทุนเพื่อทดแทนสินทรัพย์ที่ถูกทำลายจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ • การลงทุนใหม่ในกิจกรรมเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (mitigation) • การลงทุนใหม่ในกิจกรรมเพื่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (adaptation) • การลงทุนใหม่ในอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อตอบสนองต่อรสนิยมที่เปลี่ยนไปของผู้บริโภค
การใช้จ่ายภาครัฐ (G)	• รายได้จากการจัดเก็บภาษีลดลง • หนี้ภาครัฐที่เพิ่มสูงขึ้น	• การลงทุนเพื่อทดแทนสินทรัพย์ เช่น สาธารณูปโภค ที่ถูกทำลายจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ • รายจ่ายในกิจกรรมเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (mitigation) และเพื่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (adaptation)
การส่งออกสุทธิ (X-M)	• การสูญเสียตลาดของการส่งออกสินค้าและบริการที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม • ต้นทุนการนำเข้าสินค้าสูงขึ้นจากมาตรการเพื่อสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ • ต้นทุนการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศสูงขึ้นจากราคาพลังงาน การประกันภัยพิบัติ และการปรับเปลี่ยนเส้นทางการขนส่งที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ	• ตลาดส่งออกสินค้าใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
อุปทานรวม		
ผลิตภาพรวม	• ผลิตภาพลดลงจากอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนไป และภัยพิบัติที่รุนแรงและถี่ขึ้น โดยเฉพาะการผลิตในภาคเกษตร • ผลิตภาพของแรงงานลดลง • การผลิตหยุดชะงักจากห่วงโซ่อุปทานได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติ	
ทุนธรรมชาติ	• การสูญเสียพื้นที่ที่ใช้ในการผลิต โดยเฉพาะภาคการเกษตรและการท่องเที่ยว	

	ตัวอย่างปัจจัยที่ส่งผลกระทบทางลบ	ตัวอย่างปัจจัยที่ส่งผลกระทบทางบวก
ทุนทางกายภาพ	• สินทรัพย์ รวมถึงโครงสร้างพื้นฐาน ได้รับความเสียหายจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	
ทุนมนุษย์ (รวมถึงแรงงาน)	• สุขภาพแรงงานแย่ลง • อุปสรรคในการโยกย้ายแรงงานจากอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไปสู่อุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การขาดทักษะ (green skills) ข้อจำกัดในการย้ายถิ่นฐานของแรงงาน	

นอกจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตมวลรวมแล้ว ยังส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ งานศึกษาของ Fund (2020) อ้างอิงรายงานของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ IPCC (2007) ซึ่งคาดการณ์ว่าหากอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นสูงถึง 4°C ผลิตภัณฑ์มวลรวมของโลก (global GDP) อาจหดตัวประมาณ 1%–5% อย่างไรก็ดี ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมมีความแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคของโลก โดยประเทศในทวีปแอฟริกาที่อยู่ใต้เขตซาฮารา (Sub-Saharan Africa) ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศคาดว่าอาจหดตัวถึง 80% ภายในปี 2100 ภายใต้ฉากทัศน์ที่ไม่มีการดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเข้มข้น

นอกจากนี้ หากพิจารณาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่ออัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ พบว่ามีผลกระทบที่ค่อนข้างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะในภูมิภาคที่ยากจน งานศึกษาของ Dell et al. (2009) พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมีผลกระทบเชิงลบต่ออัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจเฉพาะในกลุ่มประเทศยากจน โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C อัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจในปีดังกล่าวจะหดตัวประมาณ 1.3% สำหรับประเทศที่มีรายได้สูง ไม่พบผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ดี งานศึกษาของ Colacito et al. (2019) พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบเชิงลบต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจแม้ในประเทศที่มีรายได้สูงอย่างประเทศสหรัฐอเมริกา

10.2. ผลกระทบต่อระดับราคาและภาวะเงินเฟ้อ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อภาวะเงินเฟ้อ โดยช่องทางการส่งผ่านผลกระทบ ได้แก่ ราคาอาหาร ราคาพลังงาน การคาดการณ์เงินเฟ้อในอนาคต และผลผลิตมวลรวม (Sonja DOBKOWITZ, 2023)

- **ความเสี่ยงทางกายภาพทำให้ราคาอาหารสูงขึ้น** สภาวะอากาศสุดขั้ว (ภัยแล้ง และน้ำท่วม) และอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อการผลิตในภาคเกษตรกรรมซึ่งทำให้ราคาอาหารสูงขึ้น โดยเฉพาะในระยะสั้น
- **ความเสี่ยงทางกายภาพและความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำกระทบต่อราคาพลังงาน** ผลกระทบจากความเสี่ยงทางกายภาพมีทั้งด้านบวกและลบ ฤดูหนาวที่อุ่นขึ้นทำให้ความต้องการพลังงานในการทำความร้อนลดลง ในขณะที่ฤดูร้อนที่ร้อนขึ้นทำให้ความต้องการพลังงานในการทำความเย็นสูงขึ้น ส่วนความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำนั้นส่งผลให้ราคาพลังงานสูงขึ้นอย่างน้อยในระยะสั้น เพราะการเปลี่ยนกระบวนการผลิตพลังงานไม่สามารถทำได้ทันที ในขณะที่ราคาคาร์บอนจากมาตรการการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตพลังงาน ทำให้ราคาพลังงานสูงขึ้น
- **ราคาอาหารและพลังงานที่สูงขึ้นจากความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้การคาดการณ์เงินเฟ้อสูงขึ้นตามไปด้วย** อย่างไรก็ตาม การคาดการณ์เงินเฟ้อไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก ราคาอาหารและพลังงานจะต้องพุ่งสูงขึ้นมากและต่อเนื่องจึงจะทำให้การคาดการณ์เงินเฟ้อเปลี่ยนแปลงไปด้วย
- **ผลิตภาพที่ลดลงในระบบเศรษฐกิจสร้างแรงกดดันให้เงินเฟ้อสูงขึ้น** การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบทางลบต่อผลิตภาพจึงสามารถทำให้เงินเฟ้อเพิ่มสูงขึ้นได้

10.3. ผลกระทบต่อความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีแนวโน้มที่จะทำให้ความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจรุนแรงขึ้น เนื่องจากธุรกิจและครัวเรือนต่าง ๆ มี (1) ความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน และ (2) ความสามารถของธุรกิจและครัวเรือนในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน โดยความเหลื่อมล้ำรุนแรงขึ้นในหลายมิติ ทั้งความเหลื่อมล้ำระหว่างเมืองและชนบท ความเหลื่อมล้ำระหว่างเกษตรกรรายย่อยและรายใหญ่ ความเหลื่อมล้ำระหว่างผู้ประกอบการผลิตรายย่อยและรายใหญ่ ความเหลื่อมล้ำระหว่างครัวเรือนที่มีสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคมที่แตกต่างกัน

- **ความเหลื่อมล้ำระหว่างเมืองและชนบทมีแนวโน้มที่รุนแรงขึ้น เนื่องจากครัวเรือนจำนวนมากในชนบทประกอบอาชีพในภาคเกษตรกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ** ซึ่งนอกจากครัวเรือนเกษตรที่ได้รับผลกระทบโดยตรงแล้ว ครัวเรือนนอกภาคเกษตรในชนบทย่อมได้รับผลกระทบทางอ้อมจากสภาวะเศรษฐกิจโดยรวมในท้องถิ่นที่ได้รับผลกระทบจากการผลิต รายได้ และการจ้างงานในภาคเกษตรด้วย
- **ความเหลื่อมล้ำระหว่างเกษตรกรรายย่อยและรายใหญ่ ความเหลื่อมล้ำระหว่างเกษตรกรรายย่อยและรายใหญ่ ความเหลื่อมล้ำระหว่างผู้ประกอบการผลิตรายย่อยและรายใหญ่ และความเหลื่อมล้ำระหว่างครัวเรือนที่มีสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคมที่แตกต่างกัน มีแนวโน้มที่รุนแรงขึ้น เนื่องจากข้อจำกัดในการรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ** เกษตรกรรายย่อย ผู้ประกอบการรายย่อย และครัวเรือนกลุ่มเปราะบาง มักมีข้อจำกัดมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ทั้งข้อจำกัดทางการเงิน ความรู้ ทักษะ และการเข้าถึงเทคโนโลยี

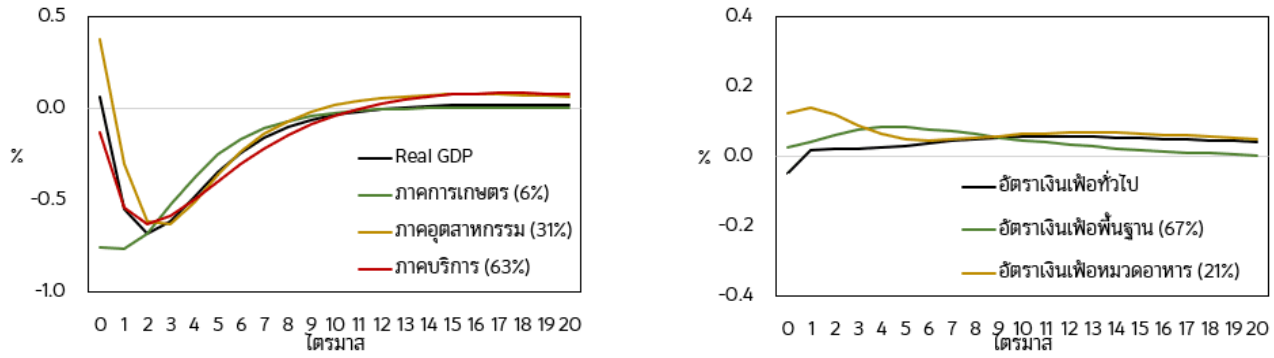
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีแนวโน้มที่จะทำให้ความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจระหว่างรุ่น (generations) รุนแรงขึ้น เนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีแนวโน้มที่รุนแรงขึ้นในอนาคต ซึ่งผลกระทบทางลบต่อผู้คนในอนาคตนี้เกิดจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่สร้างประโยชน์ให้แก่คนในอดีตและปัจจุบัน

10.4. ผลกระทบต่อเศรษฐกิจมหภาคในบริบทของประเทศไทย

งานศึกษาพบว่าสภาพภูมิอากาศที่ผิดปกติส่งผลทางลบต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อเงินเฟ้อ โดยจังหวัดที่มีรายได้ต่อหัวต่ำจะได้รับผลกระทบเชิงลบจากสภาพอากาศที่ผิดปกติสูงกว่าจังหวัดอื่น ผลการศึกษาของ Jirophat et al. (2022)[12] ในรูปที่ 28a พบว่าสภาพภูมิอากาศที่ผิดปกติ (climate shocks) สามารถทำให้การเติบโตทางเศรษฐกิจและภาคการผลิตหลักของประเทศหดตัวได้อย่างมีนัยสำคัญซึ่งสะท้อนจากค่าต่ำสุดของผลกระทบซึ่งอยู่ที่ประมาณ 0.7% สำหรับทุกภาคการผลิต อย่างไรก็ดี ผลกระทบต่อแต่ละภาคการผลิตแตกต่างกัน โดยภาคการผลิตที่ได้รับผลกระทบรุนแรงที่สุดคือภาคเกษตรกรรม เนื่องจากเมื่อเกิดสภาพภูมิอากาศที่ผิดปกติแล้ว ผลผลิตจะหดตัวทันที 0.75% ในขณะที่ภาคการผลิตอื่น ๆ จะทยอยได้รับผลกระทบและหดตัวสูงสุดที่ 0.6% หลังจากผ่านไปแล้วถึง 2-3 ไตรมาส อย่างไรก็ตาม ผลกระทบต่อทุกภาคการผลิตเป็นผลกระทบเพียงชั่วคราว เพราะหากไม่มี shock อื่นซ้ำเติม ผลกระทบต่อผลผลิตจะคลี่คลายภายใน 10 ไตรมาส

งานศึกษาพบว่าสภาพภูมิอากาศที่ผิดปกติไม่ส่งผลกระทบต่อเงินเฟ้อมากนัก ในรูปที่ 28b จะเห็นว่าผลกระทบของสภาพอากาศที่ผิดปกติต่ออัตราเงินเฟ้อทั่วไปและเงินเฟ้อพื้นฐานค่อนข้างจำกัด อย่างไรก็ดี สภาพอากาศที่ผิดปกติส่งผลทำให้อัตราเงินเฟ้อในหมวดอาหารเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ 0.14% ดังนั้น หากพิจารณาในภาพรวม จะเห็นว่าในบริบทของประเทศไทย สภาพอากาศที่ผิดปกติมีลักษณะคล้ายกับผลกระทบต่ออุปทานรวม (supply shock) ซึ่งทำให้เศรษฐกิจไทยโดยรวมหดตัวและอัตราเงินเฟ้อเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพียงชั่วคราวเท่านั้น

รูปที่ 28: ผลกระทบของสภาพอากาศที่ผิดปกติต่อผลผลิตและอัตราเงินเฟ้อของประเทศไทย



(a) ผลกระทบต่อผลผลิต (b) ผลกระทบต่ออัตราเงินเฟ้อ

ที่มา: Manopimoke et al. (2022)

จังหวัดที่มีรายได้ต่อหัวต่ำจะได้รับผลกระทบเชิงลบจากสภาพอากาศที่ผิดปกติสูงกว่าจังหวัดอื่น Jirophat et al. (2022) ยังศึกษาผลกระทบของสภาพอากาศที่ผิดปกติในเชิงพื้นที่อีกด้วย ผลการศึกษาพบว่าสภาพอากาศที่ผิดปกติส่งผลทำให้รายได้เฉลี่ยต่อหัวในจังหวัดต่าง ๆ ลดลง 2.28% แต่ผลกระทบต่อแต่ละจังหวัดมีความแตกต่างกัน โดยจังหวัดที่มีรายได้ต่อหัวต่ำจะได้รับผลกระทบเชิงลบจากสภาพอากาศที่ผิดปกติสูงกว่าจังหวัดอื่นถึง 0.74%

> **NOTE**
>
> PIERspectives บทความหน้าจะนำเสนอความจำเป็นในการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การปรับและขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ และการดำเนินการด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความท้าทายและอุปสรรคในการดำเนินงาน ไม่ว่าจะเป็นด้านองค์ความรู้ ด้านการเข้าถึงเทคโนโลยี หรือด้านการเข้าถึงแหล่งเงินทุน ซึ่งนำไปสู่บทบาทของภาครัฐและภาคส่วนอื่น ๆ ในการสนับสนุนการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

เอกสารอ้างอิง

Alexander, L. V., Uotila, P., & Nicholls, N. (2009). Influence of sea surface temperature variability on global temperature and precipitation extremes. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *114*(D18).

Allison, E. H., Perry, A. L., Badjeck, M., Neil Adger, W., Brown, K., Conway, D., Halls, A. S., Pilling, G. M., Reynolds, J. D., Andrew, N. L., & Dulvy, N. K. (2009). Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and Fisheries*, *10*(2), 173–196.

Aquatech. (2019). *Industrial water: our essential guide to pollution, treatment & solutions*.

Attavanich, W. (2017). *Effect of climate change on Thailand's agriculture: New results* (Techreport No. 25). Kasetsart University.

Attavanich, W. (2019). *The Effect of Climate Change on Natural Rubber Production* (Techreport No. 15). Kasetsart University.

Attavanich, W., Chantarat, S., Chenphuengpawn, J., Mahasuweerachai, P., & Thampanishvong, K. (2019). *Farms, Farmers and Farming: A Perspective through Data and Behavioral Insights* (Discussion Paper No.

122). Puey Ungphakorn Institute for Economic Research.

Aydinalp, C., & Cresser, M. S. (2008). The effects of global climate change on agriculture. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, *3*(5), 672–676.

Boonprakob, K., Kreasuwan, J., & Chinvanno, S. (2010). *การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย (Thailand Climate Change Information) เล่มที่ 2 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิอากาศในอนาคต*.

Brander, K. (2010). Impacts of climate change on fisheries. *Journal of Marine Systems*, *79*(3–4), 389–402.

Brander, L. M., Rehdanz, K., Tol, R. S. J., & van Beukering, P. J. H. (2012). The Economic Impact of Ocean Acidification on Coral Reefs. *Climate Change Economics*, *03*(01), 1250002.

Burke, M., Hsiang, S. M., & Miguel, E. (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, *527*(7577), 235–239.

Calvosa, C., Chuluunbaatar, D., & Fara, K. (2009). Livestock and climate change. In *Livestock and climate change* (pp. 1–20).

Chaichiangpin, P., & Sonsuphap, R. (2023). *การอพยพย้ายถิ่นของแรงงานจากภาคอีสาน สู่พื้นที่อุตสาหกรรมภาคตะวันออก*.

Charoensit, P. (2007). *การสำรวจพื้นที่กัดเซาะชายฝั่งทะเลในฤดูมรสุมบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตก*.

Cheng, M., McCarl, B., & Fei, C. (2022). Climate Change and Livestock Production: A Literature Review. *Atmosphere*, *13*(1), 140.

Climate and Health Alliance. (2022). *Climate Change is a Health Crisis Health Messages from the IPCC Sixth Assessment Report on Climate Impacts, Adaptation and Vulnerability* [IPCC Briefing].

Colacito, R., Hoffmann, B., & Phan, T. (2019). Temperature and growth: A panel analysis of the United States. *Journal of Money, Credit and Banking*, *51*(2–3), 313–368.

Consumer Financial Protection Bureau. (2022). Making Ends Meet in 2022. In *Office of Research Publication* (Techreport No. 9).

Cross, R., & Societies, R. C. (2001). *World Disasters Report, 2001: Focus on Recovery*.

David Carlin, Maheen Arshad, & Baker, K. (2023). *Climate Risks in the Industrials Sector*. UN Environment Programme Finance Initiative.

Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2009). Temperature and Income: Reconciling New Cross-Sectional and Panel Estimates. *American Economic Review*, *99*(2), 198–204.

Di Falco, S., Veronesi, M., & Yesuf, M. (2011). Does Adaptation to Climate Change Provide Food Security? A Micro-Perspective from Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics*, *93*(3), 829–846.

Dietz, S., & Stern, N. (2015). Endogenous Growth, Convexity of Damage and Climate Risk: How Nordhaus' Framework Supports Deep Cuts in Carbon Emissions. *The Economic Journal*, *125*(583), 574–620.

Dube, K., Nhamo, G., & Chikodzi, D. (2022). Climate change-induced droughts and tourism: Impacts and responses of Western Cape province, South Africa. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, *39*, 100319.

EPA. (n.d.). *Water Facts*.

Evans, J. (2009). *Planted forests: uses, impacts and sustainability*. Cabi.

Fang, Y., Yin, J., & Wu, B. (2016). Flooding risk assessment of coastal tourist attractions affected by sea level rise and storm surge: a case study in Zhejiang Province, China. *Natural Hazards*, *84*(1), 611–624.

Field, C. B. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press.

Frieler, K., Levermann, A., Elliott, J., Heinke, J., Arneth, A., Bierkens, M. F. P., Ciais, P., Clark, D. B., Deryng, D., Döll, P., Falloon, P., Fekete, B., Folberth, C., Friend, A. D., Gellhorn, C., Gosling, S. N., Haddeland, I., Khabarov, N., Lomas, M., … Schellnhuber, H. J. (2015). A framework for the cross-sectoral integration of multi-model impact projections: land use decisions under climate impacts uncertainties. *Earth System Dynamics*, *6*(2), 447–460.

Fund, I. M. (2020). World Economic Outlook: A Long and Difficult Ascent. In *Mitigating Climate Change – Growth and Distribution-friendly Strategies* (pp. 85–113).

Fussell, E. (2015). The Long-Term Recovery of New Orleans' Population After Hurricane Katrina. *American Behavioral Scientist*, *59*(10), 1231–1245.

Garman, N. (2019). *How the California Wildfires Affected Supply Chains*. Thomas.

Gitz, V., Meybeck, A., Lipper, L., Young, C., & Braatz, S. (2016). *Climate change and food security: risks and responses*.

Guilmoto, C. Z. (1998). Institutions and Migrations. Short-term Versus Long-term Moves in Rural West Africa. *Population Studies*, *52*(1), 85–103.

Haines, A., & Ebi, K. (2019). The Imperative for Climate Action to Protect Health. *New England Journal of Medicine*, *380*(3), 263–273.

Hampshire, K., & Randall, S. (1999). Seasonal labour migration strategies in the Sahel: coping with poverty or optimising security? *International Journal of Population Geography*, *5*(5), 367–385.

Hamzah, J., Habibah, A., Buang, A., Jusoff, K., Toriman, M., Mohd Fuad, M., Er, A., & Azima, A. (2012). Flood disaster, impacts and the tourism providers' responses: The Kota Tinggi experience. *Adv. Nat. Appl. Sci*, *6*, 26–32.

Henry, B., Charmley, E., Eckard, R., Gaughan, J. B., & Hegarty, R. (2012). Livestock production in a changing climate: adaptation and mitigation research in Australia. *Crop and Pasture Science*, *63*(3), 191.

Henry, S., Schoumaker, B., & Beauchemin, C. (2004). The impact of rainfall on the first out-migration: A multi-level event-history analysis in Burkina Faso. *Population and Environment*, *25*(5), 423–460.

Hill, A. G. (1989). Demographic responses to food shortages in the Sahel. *Population and Development Review*, *15*, 168–192.

Hoegh Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, M., Brown, S., Camilloni, I. A., Diedhiou, A., Djalante, R., Ebi, K. L., Engelbrecht, F., & others. (2018). *Impacts of 1.5 C global warming on natural and human systems*.

IEA. (2018). *The Future of Cooling: Opportunities for energy-efficient air conditioning*.

International Monetary Fund. (2023). Climate Crossroads: Fiscal Policies in a Warming World. *Fiscal Monitor*.

IPCC. (1990). *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press.

IPCC. (2000). *Summary for Policymakers - Emissions Scenarios: A Special Report of IPCC Working Group III*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. (2014). *Climate change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers*.

IPCC. (2023a). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis: Vol. In Press*. Cambridge University Press.

IPCC. (2023b). *Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers*.

Jalal, Md. J. E., Khan, Md. A., Hossain, Md. E., Yedla, S., & Alam, G. M. M. (2021). Does climate change stimulate household vulnerability and income diversity? Evidence from southern coastal region of Bangladesh. *Heliyon*, *7*(9).

Jirophat, C., Manopimoke, P., & Suwanik, S. (2022). *The Macroeconomic Effects of Climate Shocks in Thailand* (Discussion Paper No. 188). Puey Ungphakorn Institute for Economic Research.

Kaczan, D. J., & Orgill-Meyer, J. (2020). The impact of climate change on migration: a synthesis of recent empirical insights. *Climatic Change*, *158*(3), 281–300.

Kandikuppa, S., & Gray, C. (2022). Climate change and household debt in rural India. *Climatic Change*, *173*(3), 20.

Kenyon, J., & Hegerl, G. C. (2010). Influence of modes of climate variability on global precipitation extremes. *Journal of Climate*, *23*(23), 6248–6262.

Limjirakan, S., & Limsakul, A. (2012). Observed trends in surface air temperatures and their extremes in Thailand from 1970 to 2009. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, *90*(5), 647–662.

Limsakul, A. (2015). สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงในประเทศไทย. *Green Research*, *31*, 15–22.

Limsakul, A., Kammuang, A., Paengkaew, W., Sooktawee, S., & Aroonchan, N. (2024). Changes in slow-onset climate events in Thailand. *Environmental Engineering Research*, *29*(1).

Limsakul, A., & Singhruck, P. (2016). Long-term trends and variability of total and extreme precipitation in Thailand. *Atmospheric Research*, *169*, 301–317.

Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, *333*(6042), 616–620.

Ma, J., & Maystadt, J.-F. (2017). The impact of weather variations on maize yields and household income: Income diversification as adaptation in rural China. *Global Environmental Change*, *42*, 93–106.

Mahmood, R. A. (1995). Emigration Dynamics in Bangladesh. *International Migration*, *33*(3–4), 699–728.

Manopimoke, P., Suwanik, S., & Jirophat, C. (2022). *วิกฤตภูมิอากาศกับเศรษฐกิจไทย* (aBRIDGEd No. 19/2022). Puey Ungphakorn Institute for Economic Research.

Maqbool, M. B., Lohano, H. D., & Bukhari, K. H. (2023). Climate Change Impacts on Household Income in Pakistan: An Empirical Analysis. *Journal of Economic Sciences*, *2*(2), 139–148.

Miller, S. A., Horvath, A., & Monteiro, P. J. (2018). Impacts of booming concrete production on water resources worldwide. *Nature Sustainability*, *1*(1), 69–76.

Moody's Corporation. (2021). *Critical industries have substantial exposure to physical climate risks*.

Müller, C., & Elliott, J. (2015). *The global gridded crop model intercomparison: approaches, insights and caveats for modelling climate change impacts on agriculture at the global scale.*

Myers, N. (2005). *Environmental refugees: an emergent security issue*.

Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S., & Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, *130*(1–3), 57–69.

Network for Greening the Financial System. (2020). *Climate Change and Monetary Policy Initial takeaways* [Technical document].

Network for Greening the Financial System. (2021). *Climate Scenarios for Central Banks and Supervisors*.

Nordhaus, W. (2013). *The climate casino: Risk, uncertainty, and economics for a warming world*. Yale University Press.

Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (2022). *Thailand's Fourth National Communication*.

ONEP-RU-CORE. (2021). *รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการขับเคลื่อนนโยบายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศ : การพัฒนาระบบฐานข้อมูลความเสี่ยงเชิงพื้นที่จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ*.

Otrachshenko, V., & Nunes, L. C. (2022). Fire takes no vacation: Impact of fires on tourism. *Environment and Development Economics*, *27*(1), 86–101.

Pendleton, L., Hoegh-Guldberg, O., Albright, R., Kaup, A., Marshall, P., Marshall, N., Fletcher, S., Haraldsson, G., & Hansson, L. (2019). The Great Barrier Reef: Vulnerabilities and solutions in the face of ocean acidification. *Regional Studies in Marine Science*, *31*, 100729.

Pierpaolo Grippa, Jochen Schmittmann, & Suntheim, F. (2019). Climate Change and Financial Risk. *Finance and Development*.

Pipitpukdee, S., Attavanich, W., & Bejranonda, S. (2020a). Climate change impacts on sugarcane production in Thailand. *Atmosphere*, *11*(4), 408.

Pipitpukdee, S., Attavanich, W., & Bejranonda, S. (2020b). Impact of climate change on land use, yield and production of cassava in Thailand. *Agriculture*, *10*(9), 402.

Plongmak, J., Pumijumnong, N., & Bundhamcharoen, K. (2013). Health Burden of Extreme Weather in Thailand. *EnvironmentAsia*, *6*(1).

Poapongsakorn, N., Thampanishvong, K., & Anuchitworawong, C. (2015). *ภาวะโลกร้อนกับผลกระทบต่อภาคเกษตรไทย* [ทีดีอาร์ไอซวนอ่าน]. Thailand Development Research Institute Foundation.

Pogačar, T., Casanueva, A., Kozjek, K., Ciuha, U., Mekjavić, I. B., Kajfež Bogataj, L., & Črepinšek, Z. (2018). The effect of hot days on occupational heat stress in the manufacturing industry: implications for workers' well-being and productivity. *International Journal of Biometeorology*, *62*(7), 1251–1264.

Polley, H. W., Briske, D. D., Morgan, J. A., Wolter, K., Bailey, D. W., & Brown, J. R. (2013). Climate Change and North American Rangelands: Trends, Projections, and Implications. *Rangeland Ecology & Management*, *66*(5), 493–511.

Porter, J. R., Xie, L., Challinor, A. J., Cochrane, K., Howden, S. M., Iqbal, M. M., Lobell, D. B., & Travasso, M. (2014). Food security and food production systems. *Climate Change 2013: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Raleigh, C., & Jordan, L. (2010). Climate change and migration: emerging patterns in the developing world. *Social Dimensions of Climate Change: Equity and Vulnerability in a Warming World*, 103–131.

Reynolds, C., Crompton, L., & Mills, J. (2010). Livestock and climate change impacts in the developing world. *Outlook on Agriculture*, *39*(4), 245–248.

Riahi. (2017). *The Shared Socio-Economic Pathways (SSPs): An Overview*.

Roessig, J. M., Woodley, C. M., Cech, J. J., & Hansen, L. J. (2004). Effects of global climate change on marine and estuarine fishes and fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *14*, 251–275.

Roncoli, C., Ingram, K., & Kirshen, P. (2001). The costs and risks of coping with drought: livelihood impacts and farmers[1] responses in Burkina Faso. *Climate Research*, *19*(2), 119–132.

Rosenzweig, C., Elliott, J., Deryng, D., Ruane, A. C., Muller, C., Arneth, A., Boote, K. J., Folberth, C., Glotter, M., Khabarov, N., Neumann, K., Piontek, F., Pugh, T. A. M., Schmid, E., Stehfest, E., Yang, H., & Jones, J. W. (2013). Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(9), 3268–3273.

Schneckenburger, C., & Aukerman, R. (2002). The economic impact of drought on recreation and tourism. *Proceedings from the Colorado Drought Conference: Managing Water Supply and Demand in the Time of Drought*, 93–97.

Somanathan, E., Somanathan, R., Sudarshan, A., & Tewari, M. (2021). The impact of temperature on productivity and labor supply: Evidence from Indian manufacturing. *Journal of Political Economy*, *129*(6), 1797–1827.

Sonja DOBKOWITZ, A. K. & J. W., Pia HÜTTL. (2023). *Climate Change and Monetary Policy: Risks, instruments,& chances* [Monetary Dialogue Papers]. European Parliament.

Sonthisuwannakun, P., & Thamma-apipon, S. (2019). การปรับตัวของเกษตรกรชาวนาต่อสถานการณ์ภัยแล้ง ในชุมชนบ้านไผ่จรเข้ อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม. *Journal of Management and Development Ubon Ratchathani Rajabhat University*, *6*(2).

Stocker, T. (2013). *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge university press.

Teerawiroon, S. (2015). *ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลของไทย*.

Thai Meteorological Department. (2015). *สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย*.

Thampanishvong, K., Attavanich, W., Limmeechokchai, B., & Limsakul, A. (2021). *การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในบริบทของไทย* (aBRIDGEd No. 15/2021). Puey Ungphakorn Institute for Economic Research.

Thornton, P. K., van de Steeg, J., Notenbaert, A., & Herrero, M. (2009). The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, *101*(3), 113–127.

UN University. (2005). *Ranks of "environmental refugees" swell, calls grow for better definition, recognition, support*. EurekAlert.

UNESCAP. (2023). *Impacts of climate change on population and development in Asia and the Pacific*.

UNISDR. (2008). *Climate Change and Disaster Risk Reduction: Weather, climate and climate change* (Briefing Note No. 1).

United Nations Environment Programme. (2008). *Climate Change Adaptation and Mitigation in the Tourism Sector: Frameworks, Tools and Practices*.

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2015). *Climate Change Deadly Health Risk and Global Health Opportunity – Lancet Commission*.

United Nations Framework Convention on Climate Change. (n.d.). *Climate-related risks and extreme events*.

US Department of the Treasury. (2023). *Fact Sheet: The Impact of Climate Change on American Household Finances*.

Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Beagley, J., Belesova, K., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., & others. (2021). The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises. *The Lancet*, *397*(10269), 129–170.

Weitzman, M. L. (2012). GHG targets as insurance against catastrophic climate damages. *Journal of Public Economic Theory*, *14*(2), 221–244.

Wolf, F., & Hypes, L. (2021). *Climate litigation woes rise for energy firms at home, but legal jeopardy set to go global: Environmental Risk Outlook 2021*. Maplecroft.

World Health Organization. (2015). *Climate and Health Country Profile – United Kingdom*.

World Health Organization. (2023). *Climate change*.

Zaman, M. (1989). The social and political context of adjustment to riverbank erosion hazard and population resettlement in Bangladesh. *Human Organization*, *48*(3), 196–205.

Zhang, R., Zhang, Y., & Dai, Z. (2022). Impact of natural disasters on mental health: a cross-sectional study based on the 2014 China family panel survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(5), 2511.

---

1. พายุที่รุนแรงกว่าพายุดีเปรสชั่น หมายถึง พายุที่มีความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางมากกว่า 61 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2. รายละเอียดแต่ละภาพฉายมีดังต่อไปนี้ (1) **ภายใต้ภาพฉาย A1โลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง** การเติบโตทางเศรษฐกิจในอนาคตสูง ประชากรโลกสูงสุดในช่วงกลางศตวรรษและลดลงเล็กน้อยหลังจากนั้น มีเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง มีการพัฒนาบุคลากร มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัฒนธรรม ความแตกต่างของรายได้ประชาชาติระหว่างภูมิภาคลดลง โดยภาพฉาย A1 แบ่งย่อยออกเป็น 3 ภาพฉายย่อย ได้แก่ A1FI เป็นภาพฉายที่การพัฒนาขึ้นอยู่กับพลังงานฟอสซิล A1T เป็นภาพฉายที่การพัฒนาไม่ใช้พลังงานฟอสซิลเป็นหลักแต่ใช้เทคโนโลยีอื่น ๆ แทน และ A1B เป็นภาพฉายการพัฒนาที่มีความสมดุลของแหล่งพลังงานที่ใช้ ไม่เน้นการใช้พลังงานฟอสซิลหรือพลังงานหมุนเวียน แต่ให้มีการผสมผสานระหว่างพลังงานทั้งสองแบบ (2) **ภายใต้ภาพฉาย A2โลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง-ปานกลาง** การพัฒนาของโลกในอนาคตมีความหลากหลาย พึ่งตนเองมากขึ้นภายในภูมิภาค มีการรักษาเอกลักษณ์ของท้องถิ่น จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาเศรษฐกิจขึ้นอยู่กับภูมิภาค การเติบโตทางเศรษฐกิจและการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีช้ากว่าภาพฉายอื่น และกระจายตามท้องถิ่นและภูมิภาค (3) **ภายใต้ภาพฉาย B1โลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ** ประชากรเพิ่มสูงในช่วงกลางศตวรรษและลดลงหลังจากนั้นเช่นเดียวกับภาพฉาย A1 แต่โครงสร้างเศรษฐกิจเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วไปเป็นภาคบริการและสารสนเทศ ลดการใช้วัสดุ มีการใช้เทคโนโลยีที่สะอาด เน้นที่การแก้ปัญหาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนในระดับนานาชาติ มีความเสมอภาค แต่ไม่มีการนำประเด็นด้านภูมิอากาศเป็นแรงจูงใจ (4) **ภายใต้ภาพฉาย B2โลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปานกลาง-ต่ำ** การพัฒนาเน้นการแก้ปัญหาด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนในระดับท้องถิ่นหรือภูมิภาค ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่น้อยกว่าแบบ A2 มีการพัฒนาเศรษฐกิจปานกลาง การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีหลากหลายและช้าลงกว่าแบบ B1 และ A1 โดยมีการปกป้องสิ่งแวดล้อมและให้ความสำคัญกับความเสมอภาคของสังคมระดับท้องถิ่นและภูมิภาค

3. **(1) RU-CORE** ได้มีการเผยแพร่ข้อมูลภูมิอากาศจำนวน 6 แบบจำลอง ได้แก่ CNRM-CM5, EC-Earth, MPI-ESM-MR, IPSL-CM5A-LR, GFDL-ESM2M และ HadGEM2-ES โดยข้อมูลครอบคลุมทั้งช่วงเวลาในอดีตระหว่าง 1970-2005 และการคาดประมาณอนาคตครอบคลุมช่วงเวลา 2006-2100 ครอบคลุมพื้นที่ CORDEX Domain Region 14: Southeast Asia (SEA) ความละเอียดการแสดงผลเชิงพื้นที่ขนาด 25 กิโลเมตร x 25 กิโลเมตร ความละเอียดเชิงเวลาเป็นค่าเฉลี่ยรายสามชั่วโมง ค่าเฉลี่ยรายหกชั่วโมง ค่าเฉลี่ยรายวัน และค่าเฉลี่ยรายเดือน **(2) การย่อส่วนโดยใช้ข้อมูลจากโครงการ SEACLID CORDEX Southeast Asia Phase II** มี 3 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลอง MPI-ESM-MR, EC-Earth และ HadGEM2-ES ภายใต้ภาพสถานการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2 รูปแบบ ได้แก่ RCP4.5 และ RCP8.5

4. แบบจำลอง 3 แบบจำลองนี้ ได้แก่ แบบจำลอง MPI-ESM-MR, EC-Earth และ HadGEM2-ES

5. สำหรับรายละเอียดผลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยในอนาคตมีดังนี้ (1) **การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ย 1.0°C** ภายใต้ RCP4.5 ของแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาคทั้ง 3 แบบจำลอง พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยที่ 1.0°C จะเกิดขึ้นประมาณช่วงปี 2030–2040 ในขณะที่ภายใต้ RCP8.5 คาดว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยที่ 1.0°C จะเกิดขึ้นประมาณช่วงปี 2020–2035 นอกจากนี้ ภายใต้แบบจำลองรวมกลุ่ม (ensembled) ของแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาคทั้ง 3 แบบจำลอง ภายใต้ RCP4.5 และ RCP8.5 คาดว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยที่ 1.0°C จะเกิดขึ้นประมาณช่วงปี 2035 และ 2030 ตามลำดับ (2) **การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ย 1.5°C** ภายใต้ RCP4.5 ของแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค HadGEM2-ES คาดว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยที่ 1.5°C จะเกิดขึ้นประมาณ 2050 สำหรับแบบจำลองแบบรวมกลุ่ม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยที่ 1.5°C จะเกิดขึ้นประมาณปี 2060 ในขณะที่แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค EC-Earth คาดว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยที่ 1.5°C จะเกิดขึ้นประมาณปี 2080 นอกจากนี้ ภายใต้ RCP8.5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยที่ 1.5°C คาดว่าจะเกิดขึ้นประมาณช่วงปี 2055–2060 และภายใต้แบบจำลองรวมกลุ่ม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยที่ 1.5°C คาดว่าจะเกิดขึ้นประมาณ ปี 2045 และ (3) **การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ย 2.0°C** ภายใต้ RCP4.5 มีเพียงแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค HadGEMS2-ES ที่คาดว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 2.0°C จะเกิดขึ้นประมาณช่วงปี 2070 ในขณะที่ภายใต้ RCP8.5 คาดว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 2.0°C จะเกิดขึ้นประมาณในช่วงปี 2050–2060 และภายใต้แบบจำลองแบบรวมกลุ่ม คาดว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 2.0°C จะเกิดขึ้นประมาณปี 2055 [6]: การคาดการณ์ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของ

ประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2°C อยู่ภายใต้ฉากทัศน์ RCP4.5 ของแบบจำลองแบบรวมกลุ่ม ส่วนการคาดการณ์ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นประมาณ 4°C อยู่ภายใต้ฉากทัศน์ RCP8.5

6. แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาคที่ได้จากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกแต่ละแบบจำลองมีช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงดัชนีภูมิอากาศสุดขั้วของประเทศไทยในอนาคตโดย ONEP-RU-CORE (2021) จึงเป็นค่าเฉลี่ยรายสิบปีโดยกำหนดให้ปีกึ่งกลางเป็นปีที่คาดประมาณว่าอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.0°C, 1.5°C และ 2°C ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงดัชนีความเข้มอุณหภูมิสุดขั้วหรือดัชนีค่าต่ำสุดของอุณหภูมิสูงสุด (TXn) ดัชนีช่วงเวลาที่อบอุ่นหรือดัชนีช่วงเวลาอุณหภูมิสุดขั้ว (WSDI) และดัชนีจำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35°C (SU35) เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยเพิ่มขึ้น 1.0°C, 1.5°C และ 2.0°C เปรียบเทียบกับปีฐาน ภายใต้ RCP4.5 และ RCP8.5 ของแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาคทั้ง 3 แบบจำลอง ได้แก่ MPI-ESM-MR, EC-Earth และ HadGEM2-ES
7. งานศึกษานี้ใช้กรอบแนวคิดของ Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP) และ Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project (ISI-MIP) ในการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการทำการเกษตร
8. สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยได้สรุปผลกระทบของอุตสาหกรรมในประเทศไทยที่ได้รับผลกระทบสูงจากน้ำท่วมปี 2011 ไว้ดังนี้ (1) *อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์* กระทบห่วงโซ่การผลิตของกลุ่มอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีสัดส่วน 27% ของการผลิตในภาคอุตสาหกรรมและการส่งออกโดยรวมของไทย เนื่องจากได้รับความเสียหายกว่าครึ่งหนึ่งของการผลิตรวมของประเทศ ทำให้เกิดการขาดแคลนชิ้นส่วนและวัตถุดิบในการผลิต โดยเฉพาะฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (2) *อุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน* กระทบทั้งในพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายโดยตรง และในพื้นที่อื่นจากการขาดแคลนชิ้นส่วนสำคัญ จำเป็นต้องประกาศหยุดการผลิตชั่วคราว และคาดว่าจะต้องนำเข้าชิ้นส่วนจากต่างประเทศมาชดเชยในช่วงระยะหนึ่ง (3) *อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า* กระทบอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่เป็นผู้สั่งซื้อสำคัญประสบปัญหาต้องปิดโรงงานและการขนส่งเป็นไปด้วยความลำบาก จึงทำให้มีคำสั่งซื้อลดลง (4) *อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม* กระทบต่ออุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งระบบ ทั้งภาคการผลิต การส่งมอบสินค้า และการส่งออก รวมทั้งการรับคำสั่งซื้อทั้งระบบห่วงโซ่การผลิต (5) *อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม* กระทบโดยตรงทั้งด้านการผลิต การส่งมอบสินค้า และการส่งออก เนื่องจากโรงงานผลิตอาหารและเครื่องดื่มส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่น้ำท่วม
9. กรอบแนวคิดในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคครัวเรือนอื่น ๆ เช่น กรอบแนวคิดการดำรงชีพที่ยั่งยืน (Sustainable Livelihood Framework) ที่พัฒนาโดยกระทรวงการพัฒนาระหว่างประเทศแห่งประเทศสหราชอาณาจักร (Department for International Development: DFID, 2000) โดยพิจารณาสินทรัพย์เพื่อการดำรงชีพ (Livelihood Assets) ต่าง ๆ ได้แก่ สินทรัพย์ที่เป็นทุนมนุษย์ (human assets) สินทรัพย์ทางสังคม (social assets) สินทรัพย์ทางธรรมชาติ (natural assets) สินทรัพย์ทางกายภาพ (physical assets) และสินทรัพย์ทางเศรษฐกิจ (economic assets) ดูรายละเอียดได้จาก Thakur and Bajagain (2019)
10. งานศึกษาของ Ciccarelli and Marotta (2024) ดำเนินการทดสอบผลกระทบของความเสี่ยงทางกายภาพ (physical risks) ต่อเศรษฐกิจมหภาค โดยใช้แบบจำลอง Structural Vector Autoregressive (SVAR) พบว่าความเสี่ยงทางกายภาพส่งผลกระทบเชิงลบต่อความเชื่อมั่นของภาคธุรกิจ การลงทุนของภาคเอกชนเพิ่มขึ้นชั่วคราวซึ่งทำให้การลงทุนภาครัฐและครัวเรือนลดลง ส่งผลกระทบเชิงลบต่อการจ้างงาน ผลผลิต และราคาสินค้า หากพิจารณาในแง่ของระยะเวลาที่ความเสี่ยงทางกายภาพส่งผลกระทบต่อตัวแปรทางเศรษฐกิจมหภาค พบว่าผลกระทบที่มีต่อด้านการผลิตค่อนข้างสั้น แต่ผลกระทบที่มีต่อราคาอยู่ค่อนข้างนาน นอกจากการใช้แบบจำลอง IAMs ซึ่งนำสถานการณ์ทางเศรษฐกิจและสังคมไปจำลองในแบบจำลองภูมิอากาศ (climate models) เพื่อคาดการณ์อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และระดับน้ำทะเล ข้อมูลเหล่านี้จะนำไปรวมกับฟังก์ชั่นความเสียหาย (damage function) เพื่อดูผลกระทบในระดับภูมิภาคหรือโลก (Network for Greening the Financial System, 2020) หรือแบบจำลอง SVAR เช่นในงานศึกษาของ Ciccarelli and Marotta (2024) แล้ว ปัจจุบันยังมีแบบจำลองอื่นที่นิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อเศรษฐกิจมหภาคเช่นกัน เช่น แบบจำลอง Dynamic Integrated Climate-Economy (DICE) แบบจำลอง Climate Framework for Uncertainty Negotiation and Distribution Model (FUND) แบบจำลองPolicy Analysis of the Greenhouse Effect (PAGE) (Auffhammer 2018) รวมถึงแบบจำลอง Input-output models แบบจำลอง Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE Models) และแบบจำลอง Computational General Equilibrium (CGE Models)
11. Jirophat et al. (2022) วัด climate shocks โดยใช้ดัชนี Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) ซึ่งเป็นดัชนีที่วัดความผิดปกติของปริมาณน้ำสะสมเทียบกับในอดีตในระยะเวลาที่แตกต่างกัน เช่น 3, 6 และ 12 เดือน เป็นต้น ซึ่งหากค่าดัชนีเป็นลบจะบ่งบอกถึงสภาพภูมิอากาศที่แห้งแล้ง และค่าที่เป็นบวกจะหมายถึงสภาพภูมิอากาศที่เปียกชื้น ค่าดัชนี SPEI ณ ระดับต่าง ๆ จะสามารถบ่งบอกถึงความรุนแรง (extremity) ของสภาพภูมิอากาศได้ตามเกณฑ์ของ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ดัชนี SPEI จึงมีความเหมาะสมในการศึกษาความแตกต่างของผลกระทบ Climate shocks ต่อเศรษฐกิจที่ขึ้นอยู่กับ ทิศทาง ความรุนแรง และความยืดเยื้อของ Climate shocks ได้

ข้อคิดเห็นที่ปรากฏในบทความนี้เป็นความเห็นของผู้เขียน ซึ่งไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับความเห็นของสถาบันวิจัยเศรษฐกิจ

ป่วย อึ้งภากรณ์

กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงค์
สถาบันวิจัยเศรษฐกิจป๋วย อึ๊งภากรณ์

กฤษฎ์เลิศ สัมพันธารักษ์
University of California San Diego

สวิสา พงษ์เพ็ชร
University of Oxford