

วิกฤตสภาพภูมิอากาศ: สาเหตุ ผลกระทบ และแนวทางรอดของมนุษยชาติ Climate Crisis: Causes, Consequences and Pathways to Human Survival

มนนภา เทพสุด¹ และ ขนิษฐา ชัยรัตน์าวรรณ²

Monnapa Thapsut¹ and Kanidta Chairattanawan²

Received May 19, 2025; Retrieved June 9, 2025; Accepted June 30, 2025

บทคัดย่อ

ภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงในยุคปัจจุบันส่งผลอันตรายเร่งให้สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว จนนำมาสู่การเกิดวิกฤตสภาพภูมิอากาศ ที่สร้างความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และคุณภาพการดำรงชีพของมนุษย์ จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าว บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ความรู้และเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับวิกฤตสภาพภูมิอากาศ โดยมุ่งเน้นที่ 4 ประเด็นหลัก ได้แก่ (1) สาเหตุของวิกฤตสภาพภูมิอากาศ (2) ผลกระทบของวิกฤตสภาพภูมิอากาศ (3) การบรรเทาวิกฤตสภาพภูมิอากาศ และ (4) การปรับตัวต่อวิกฤตสภาพภูมิอากาศ ผลการศึกษาพบว่า สาเหตุสำคัญของวิกฤตสภาพภูมิอากาศเกิดจากภายในชั้นบรรยากาศมีก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ สะสมตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกเพิ่มสูงขึ้นตามมา แล้วเกิดเป็นภาวะโลกร้อน ที่ก่อให้เกิดวิกฤตสภาพภูมิอากาศ สำหรับผลกระทบของวิกฤตสภาพภูมิอากาศ มีปรากฏทั้งคลื่นความร้อนรุนแรง ภัยแล้งยาวนาน ฝนตกหนัก พายุกำลังแรง รวมทั้งยังทำให้น้ำแข็งขั้วโลกละลายตัวอย่างรวดเร็ว จนส่งผลเร่งให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น สำหรับการบรรเทาวิกฤตสภาพภูมิอากาศ เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงจากภัยพิบัติที่รุนแรงในอนาคต ประกอบด้วยสามแนวทางหลักที่ต้องดำเนินการร่วมกัน ได้แก่ (1) การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ (2) การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศ และ (3) การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากแหล่งผลิต โดยจำเป็นต้องดำเนินการควบคู่กับการปรับตัวต่อวิกฤตสภาพภูมิอากาศ บทความนี้จึงมุ่งสังเคราะห์องค์ความรู้อย่างเป็นระบบ โดยอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลทางวิชาการที่น่าเชื่อถือในระดับสากล เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจต่อปัญหาวิกฤตสภาพภูมิอากาศ และกระตุ้นให้เกิดการดำเนินการอย่างจริงจังในทุกระดับ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดวิกฤตลูกตามจนเกินขอบเขตของการแก้ไขในอนาคต

คำสำคัญ: วิกฤตสภาพภูมิอากาศ, ภาวะโลกร้อน, ก๊าซเรือนกระจก, การบรรเทาวิกฤตสภาพภูมิอากาศ

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ² รองศาสตราจารย์, สำนักวิชาศึกษาทั่วไป, มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Assistant Professor, Associate Professor, Institute of General Education, Sripatum University

Email: monnapa.th@spu.ac.th, Email: kanidta.ch@spu.ac.th



Abstract

The escalating severity of global warming in the modern era has dangerously accelerated changes in the Earth's climate, resulting in a climate crisis that has caused extensive environmental damage, economic disruption, and threats to human livelihoods. In response to the significance of this issue, this article aims to disseminate knowledge and enhance understanding of the climate crisis by focusing on four key aspects: (1) the causes of the climate crisis, (2) the impacts of the climate crisis, (3) mitigation of the climate crisis, and (4) adaptation to the climate crisis. The findings reveal that a major cause of the climate crisis is the increasing accumulation of various greenhouse gases—especially carbon dioxide from human activities—in the atmosphere, which leads to a rise in the Earth's average surface temperature and results in global warming, ultimately triggering the climate crisis. The impacts include severe heatwaves, prolonged droughts, heavy rainfall, intense storms, and rapid melting of polar ice, all of which contribute to accelerated sea level rise. To mitigate the climate crisis and avoid the risks of future catastrophic disasters, three main strategies must be implemented in parallel: (1) reducing carbon dioxide emissions into the atmosphere, (2) removing carbon dioxide from the atmosphere, and (3) capturing carbon dioxide at the point of emission. These mitigation efforts must go hand in hand with adaptation strategies. This article systematically synthesizes knowledge based on credible international academic sources to deepen understanding of the climate crisis and to urge serious action at all levels to prevent the crisis from escalating beyond the point of resolution.

Keywords: Climate Crisis, Global Warming, Greenhouse Gases, Climate Crisis Mitigation

บทนำ

ในขณะที่สังคมโลกกำลังดำเนินอยู่ท่ามกลางความเจริญก้าวหน้าบนโลกยุคอุตสาหกรรม วิกฤตสภาพภูมิอากาศ (Climate Crisis) ที่มีสาเหตุจากภาวะโลกร้อน (Global warming) ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ร่วมกันปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) จำนวนมากเข้าสู่ชั้นบรรยากาศอย่างต่อเนื่อง ได้กลายเป็นภัยคุกคามที่ร้ายแรงที่สุดต่อมนุษยชาติในศตวรรษที่ 21 (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2023)

ในปี พ.ศ. 2567 ภาวะโลกร้อนได้ทวีความรุนแรง จนทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกเพิ่มสูงสุดเป็นประวัติการณ์ในรอบ 175 ปี นับตั้งแต่มีการบันทึกสถิติ โดยเพิ่มสูงกว่าระดับยุคก่อนอุตสาหกรรมเฉลี่ยประมาณ 1.55 ± 0.13 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังนับเป็นปีแรกที่อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกเพิ่มสูงเกิน 1.5



องค์การสหประชาชาติ เมื่อเทียบกับระดับยุคก่อนอุตสาหกรรม (World Meteorological Organization [WMO], 2025) ซึ่งถือเป็นเกณฑ์สำคัญที่กำหนดไว้ในความตกลงปารีส อันมีเป้าหมายเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงและไม่สามารถย้อนกลับได้ (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], n.d.)

โดยรายงานสถานการณ์สภาพภูมิอากาศปี 2024 (State of the Global Climate 2024) ขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization; WMO) ระบุว่าปี พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นปีที่ร้อนที่สุด ได้เกิดเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้ว (extreme weather events) แบบไม่เคยมีมาก่อนถึง 151 ครั้งทั่วโลก ทั้งคลื่นความร้อนรุนแรง ภัยแล้งยาวนาน ฝนตกหนัก และพายุรุนแรง ส่งผลกระทบต่อประชากรหลายแสนคน และสร้างความเสียหายต่อโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญในหลายประเทศ (Carrington, 2025)

อีกทั้งในรายงานของศูนย์ข้อมูลหิมะและน้ำแข็งแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Snow and Ice Data Center [NSIDC], 2024a) ยังระบุว่า ผืนน้ำแข็งขั้วโลกได้ปรากฏการละลายตัวในแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะน้ำแข็งทะเลอาร์กติกซึ่งเป็นพื้นที่ที่ตอบสนองต่อภาวะโลกร้อนมากที่สุด ได้เกิดการละลายตัวจนมีขนาดพื้นที่ลดลงต่ำสุดเหลือ 4.28 ล้านตารางกิโลเมตร ในช่วงฤดูร้อนของเดือนกันยายน พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นขนาดต่ำสุดอันดับที่ 7 นับตั้งแต่ที่มีการบันทึกสถิติด้วยดาวเทียมในปี พ.ศ. 2522

นอกจากนี้ อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจากภาวะโลกร้อน ยังส่งผลให้ธรรมชาติสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน จนนำมาสู่วิกฤตสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบในวงกว้างและทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ เช่น เหตุการณ์พืชรพิษพื้นเมืองขยายพื้นที่เติบโตในทวีปแอนตาร์กติกาในปี พ.ศ. 2566 เนื่องจากผืนน้ำแข็งละลายตัวอย่างรวดเร็ว (Earth.Org, 2023) และเหตุการณ์ภูเขาไฟฟูจิในประเทศญี่ปุ่น ไม่มีหิมะปกคลุมบนยอดเขาเป็นเวลานานที่สุดในปี พ.ศ. 2567 เนื่องจากมีหิมะตกลงมาต่ำที่สุดเป็นครั้งแรกในรอบ 130 ปี นับตั้งแต่ที่มีการบันทึกข้อมูลโดยสำนักงานอุตุนิยมวิทยาญี่ปุ่น (Japan Meteorological Agency (JMA) (NASA Earth Observatory, 2024)

ดังนั้น การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกภาคส่วน จึงเป็นเรื่องสำคัญที่ประชาคมโลกต้องร่วมมือกันอย่างจริงจัง เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิโลกเพิ่มสูงขึ้นจนส่งผลกระทบต่อมนุษยและสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากที่ผ่านมา งานเขียนทางวิชาการในแหล่งข้อมูลภาษาไทย ที่นำเสนอวิกฤตสภาพภูมิอากาศในภาพรวม ทั้งด้านสาเหตุ ผลกระทบ แนวทางการบรรเทา และการปรับตัว อย่างเป็นระบบยังมีจำนวนจำกัด บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อเผยแพร่ความรู้และเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับวิกฤตสภาพภูมิอากาศ โดยมีขอบเขตการศึกษาใน 4 ประเด็นหลัก คือ (1) สาเหตุของวิกฤตสภาพภูมิอากาศ (2) ผลกระทบของวิกฤตสภาพภูมิอากาศ (3) การบรรเทาวิกฤตสภาพภูมิอากาศ และ (4) การปรับตัวต่อวิกฤตสภาพภูมิอากาศ โดยอิงข้อมูลช่วงปี พ.ศ. 2566- 2568 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่วิกฤตสภาพภูมิอากาศปรากฏความรุนแรงอย่างชัดเจน และสะท้อนสถานการณ์ล่าสุด จากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับประเด็นวิกฤตสภาพภูมิอากาศ ทั้งที่เป็นรายงานขององค์กรนานาชาติและบทความวิชาการที่มีแหล่งอ้างอิง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ



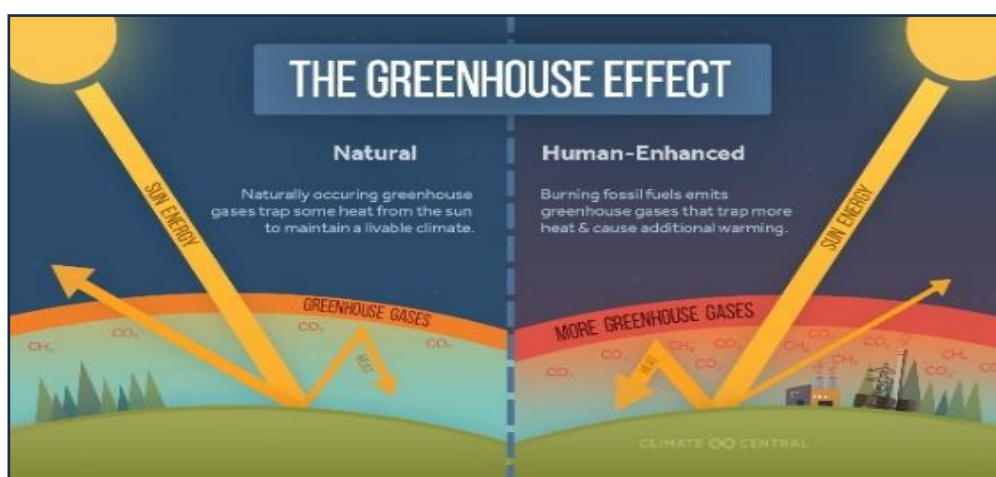
โดยวิเคราะห์เนื้อหาและสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้ในโครงสร้างใหม่อย่างเป็นระบบ ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเสริมสร้างความรู้ทางวิชาการ และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานต่อการดำเนินการบรรเทาวิกฤตสภาพภูมิอากาศที่กำลังเกิดขึ้นในอีกทางหนึ่ง

สาเหตุของวิกฤตสภาพภูมิอากาศ

ภาวะโลกร้อน : สาเหตุสำคัญของวิกฤตสภาพภูมิอากาศ

รายงานการประเมินสภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ 6 ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) ซึ่งเป็นฉบับล่าสุด ได้ยืนยันชัดเจนว่า สาเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นในยุคปัจจุบัน เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศ มหาสมุทร และพื้นดินเพิ่มสูงขึ้นแบบไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน (IPCC, 2023)

การดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ในยุคอุตสาหกรรม ได้ผลิตและปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีคุณสมบัติกักเก็บความร้อนไว้ในชั้นบรรยากาศได้ดี เข้าสู่ชั้นบรรยากาศอย่างต่อเนื่อง จนมีปริมาณเกินระดับสมดุลทางธรรมชาติ ส่งผลให้ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) (กลไกสำคัญที่ควบคุมสมดุลพลังงานของโลก ที่ทำให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกอยู่ที่ประมาณ 15 องศาเซลเซียส) ดำเนินไปอย่างรุนแรงกว่าปกติ ความร้อนจึงถูกกักเก็บสะสมไว้บนพื้นผิวโลกและในชั้นบรรยากาศมากขึ้น อุณหภูมิบนพื้นผิวโลกจึงเพิ่มสูงขึ้นตามมาอย่างต่อเนื่องจนเกิดเป็นภาวะโลกร้อน (National Aeronautics and Space Administration [NASA], n.d.) ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งสถานการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลทำให้สภาพภูมิอากาศโลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วและรุนแรง กระทั่งนำมาสู่วิกฤตสภาพภูมิอากาศ ที่ส่งผลกระทบไปทั่วโลกในยุคปัจจุบัน



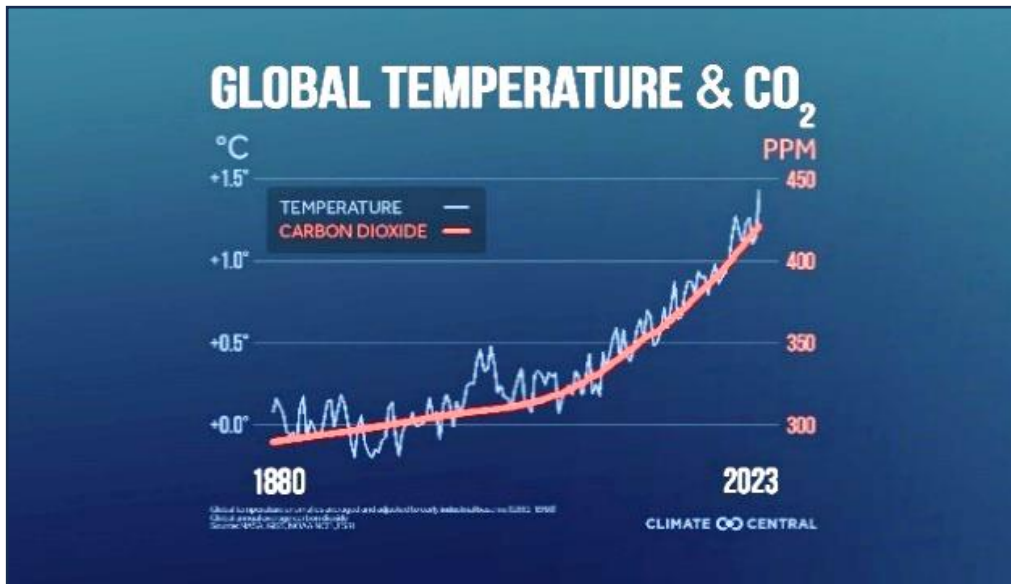
ภาพที่ 1 เปรียบเทียบปรากฏการณ์เรือนกระจกตามธรรมชาติ (ซ้าย) กับปรากฏการณ์เรือนกระจกที่รุนแรงจากกิจกรรมมนุษย์ (ขวา)

ที่มา: (Climate Central, 2024a)



แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิบนพื้นผิวโลก

ผลการบันทึกสถิติการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมาถือเป็นหนึ่งในหลักฐานสำคัญที่แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยสอดคล้องกับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เพิ่มมากขึ้นในชั้นบรรยากาศ (IPCC, 2023) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลก (เส้นสีน้ำเงิน) ที่สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ (เส้นสีแดง) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2423-2566 (ค.ศ. 1880-2023)

ที่มา: (Climate Central, 2024b)

นอกจากนี้ รายงานจากองค์การบริหารมหาสมุทรและชั้นบรรยากาศแห่งชาติ (NOAA Climate.gov, 2022) ยังแสดงหลักฐานจากการวิเคราะห์ไอโซโทปของคาร์บอนที่ยืนยันว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมตัวเพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศ มีแหล่งกำเนิดส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ในขณะที่รายงานจาก IPCC ยังระบุด้วยว่า ปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น การแปรผันของดวงอาทิตย์ และการระเบิดของภูเขาไฟ ไม่สามารถอธิบายแนวโน้มการเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลก ในช่วงศตวรรษที่ผ่านมาได้ (IPCC, 2023)

แหล่งปล่อยหลักของก๊าซเรือนกระจก

การขับเคลื่อนเศรษฐกิจในยุคอุตสาหกรรม ถือเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้ก๊าซเรือนกระจกหลายชนิดถูกผลิตแล้วปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์



(CO₂), มีเทน (CH₄) และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ที่ถือเป็นก๊าซเรือนกระจกสำคัญสามลำดับแรก โดยมีส่วนร่วมในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในสัดส่วนประมาณร้อยละ 64, 19 และ 7 ตามลำดับ (WMO, 2023a)

สำหรับแหล่งปล่อยหลักก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญแต่ละชนิด มีดังนี้

คาร์บอนไดออกไซด์: มีแหล่งปล่อยหลักมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ) ทั้งในภาคการผลิตไฟฟ้า การคมนาคมขนส่ง อุตสาหกรรมการผลิต และการเกษตรสมัยใหม่

มีเทน: ส่วนใหญ่ถูกปล่อยออกมาจากการทำนาข้าวแบบน่ำขัง การเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง การกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบ และการเผาชีวมวล

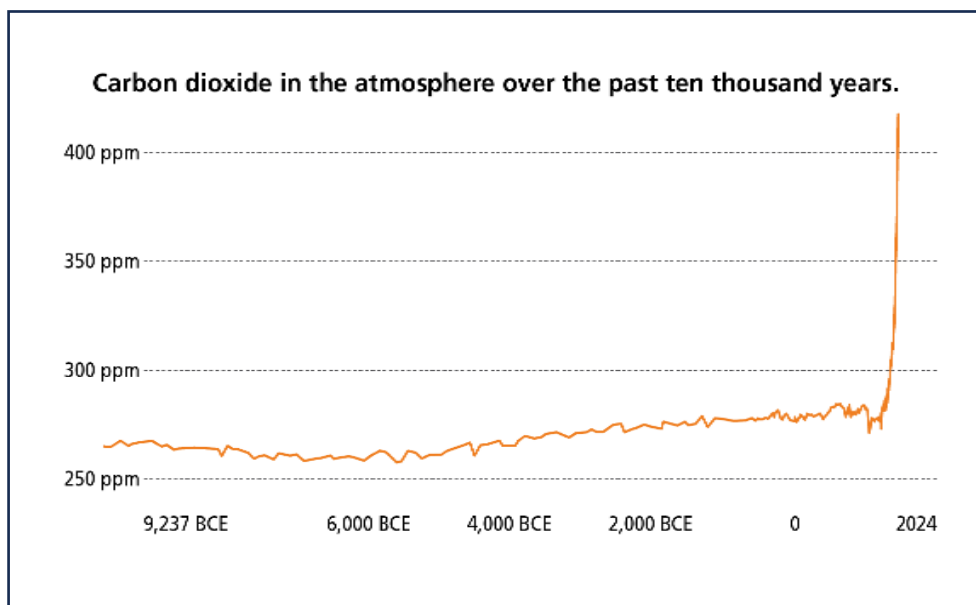
ไนตรัสออกไซด์: ถูกปล่อยออกมาจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนสังเคราะห์ในภาคการเกษตร และจากกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมเคมีที่ใช้กรดไนตริก อุตสาหกรรมพลาสติกบางประเภท และการผลิตเส้นใยไนลอน

คาร์บอนไดออกไซด์ : ตัวการสำคัญของวิกฤตสภาพภูมิอากาศ

ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณสะสมมากที่สุดในระดับบรรยากาศ และสามารถคงอยู่ได้นานถึง 300-1000 ปี (NASA, 2019) คาร์บอนไดออกไซด์จึงถือเป็นก๊าซเรือนกระจกตัวการหลักที่ส่งผลต่อวิกฤตสภาพภูมิอากาศ และมีบทบาทมากที่สุดต่อการเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลก แม้ว่ามีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential; GWP) ต่ำกว่าก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่นก็ตาม (United States Environmental Protection Agency, 2025)

โดยผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศในยุคอดีต ที่วิเคราะห์จากแกนน้ำแข็ง พบว่าตลอดช่วงเวลา 10,000 ปี ในยุคก่อนอุตสาหกรรม (ก่อนปี พ.ศ. 2293 (ค.ศ. 1750)) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นค่อนข้างคงที่ที่ประมาณ 280 ส่วนในล้านส่วน (part per million: ppm) (Rasmussen, 2025) ดังแสดงในภาพที่ 3





ภาพที่ 3 กราฟแสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในชั้นบรรยากาศในรอบเวลา 10,000 ปี
ที่มา: (National Park Service [NPS], n.d.)

แต่หลังการเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม การพัฒนาเศรษฐกิจอุตสาหกรรมที่ขับเคลื่อนบนฐานพลังงานของเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้ส่งผลให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว อยู่ที่ระดับค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 351.69 ppm ในปี พ.ศ. 2531 (NOAA, 2025) ซึ่งสูงเกิน “ระดับค่าความปลอดภัย” ที่นักวิทยาศาสตร์เสนอไว้ที่ 350 ppm (Sengupta and Pandey, 2019) เป็นครั้งแรก และอยู่ที่ระดับ 401.01 ppm ในปี พ.ศ. 2558 (NOAA, 2025) ซึ่งสูงเกิน 400 ppm ที่นักวิทยาศาสตร์ระบุว่าในระดับที่เริ่มเชื่อมโยงกับ “จุดเปลี่ยน” ของระบบภูมิอากาศโลก (Lenton et al., 2008) และเพิ่มขึ้นต่อเนื่องถึงที่ระดับ 424.61 ppm ในปี พ.ศ. 2567 (NOAA, 2025)

ทั้งนี้ จากหลักฐานการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศในยุคอดีต จากแกนน้ำแข็งและการศึกษาทางธรณีวิทยา พบว่าตลอดเวลา 800,000 ปีที่ผ่านมา ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เคยมีค่าความเข้มข้นสูงเกิน 300 ppm (NOAA, 2024) และค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปัจจุบันยังถือเป็นระดับสูงที่สุดในรอบเวลาอย่างน้อย 4.5 ล้านปี (EARTH.ORG, 2021)

นั่นหมายความว่า วิกฤตสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน มีสาเหตุหลักมาจากภาวะโลกร้อนที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่องและไร้การควบคุม โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นตัวการสำคัญ ที่ถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักของเศรษฐกิจโลก ปัจจุบันความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ ได้เพิ่มสูงเกินกว่าระดับความปลอดภัย และเริ่มต้นเข้าสู่ “จุดเปลี่ยน” ของระบบภูมิอากาศโลก ที่อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงได้



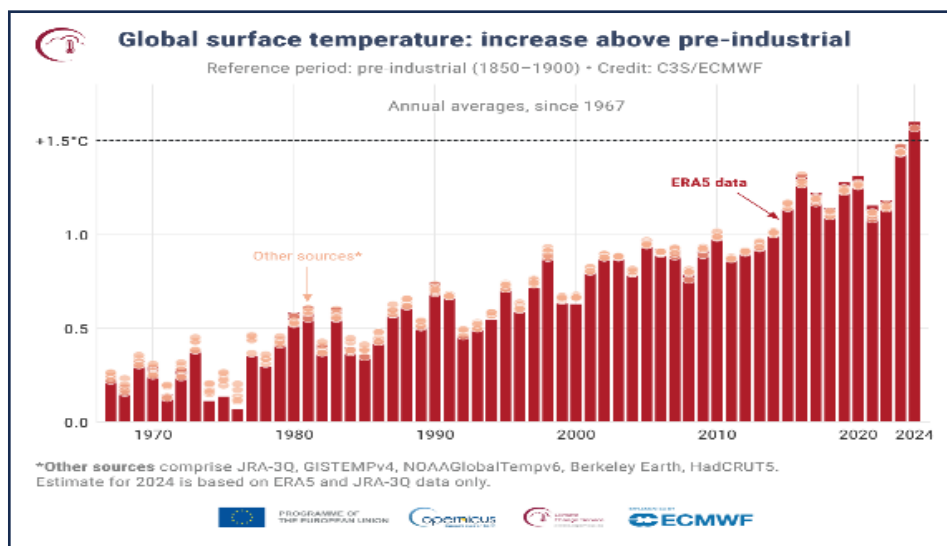
ผลกระทบของวิกฤตสภาพภูมิอากาศ

วิกฤตสภาพภูมิอากาศจากภาวะโลกร้อน ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อระบบภูมิอากาศของโลก ทำให้เกิดสภาพอากาศร้อนมากขึ้น จนฤดูกาลแปรปรวนโดยมีช่วงฤดูร้อนที่ยาวนานและฤดูหนาวที่สั้นลง อีกทั้งยังนำมาสู่การเกิดภัยพิบัติทางอากาศที่ร้ายแรง ไม่ว่าจะเป็นคลื่นความร้อนรุนแรง ภัยแล้งยาวนาน ฝนตกหนักฉับพลัน และพายุกำลังแรง รวมถึงน้ำแข็งขั้วโลกที่ละลายตัวลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนสร้างความเสียหายทั้งต่อธรรมชาติสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมในหลายภูมิภาคของโลก

1) สถานการณ์อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลก

ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในชั้นบรรยากาศ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.21 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522-2567 (Copernicus Climate Change Service [C3S], n.d.)

โดยรายงานขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO, 2025) ได้ระบุว่า 10 ปีที่มีอุณหภูมิสูงสุดเป็นประวัติการณ์ล้วนปรากฏในช่วงปี พ.ศ. 2558-2567 ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกเหนือระดับยุคก่อนอุตสาหกรรมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2483-2567 (ค.ศ. 1940-2024)

ที่มา: (McCabe, 2025)

ทั้งนี้ ทางองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) ได้ออกรายงานเผยแพร่ว่า ปี พ.ศ. 2567 ที่ผ่านมามีอุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกมีค่าอยู่ที่ 15.10 องศาเซลเซียส ซึ่งถือเป็นระดับสูงสุดนับตั้งแต่มีการบันทึกสถิติตั้งแต่ปี พ.ศ. 2393 (McCabe, 2025) โดยสูงกว่าค่าเฉลี่ยช่วงยุคก่อนอุตสาหกรรม (พ.ศ. 2393-2443)

ประมาณ 1.55 ± 0.13 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าที่สูงเกินขีดจำกัด 1.5 องศาเซลเซียส ที่ความตกลงปารีสที่ระบุไว้เป็นครั้งแรก แต่ไม่ถือว่าเกินขีดจำกัดอย่างถาวร (WMO, 2025)

สำหรับสาเหตุสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากในช่วงปี พ.ศ. 2566-2567 มาจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มมากขึ้นในชั้นบรรยากาศ โดยมีปรากฏการณ์เอลนีโญที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงเป็นปัจจัยเสริม (WMO, 2025)

2) สภาพอากาศสุดขีด

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงจากภาวะโลกร้อน จนกลายเป็นวิกฤตสภาพภูมิอากาศ ได้ส่งผลให้หลายประเทศทั่วโลกต้องเผชิญกับเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขีด (Extreme Weather) ทั้งคลื่นความร้อน ภัยแล้ง ฝนตกหนัก และพายุ ที่ทวีความรุนแรงและเกิดขึ้นบ่อยครั้ง และนำพาส่งความเสียหายต่อชีวิตผู้คน เศรษฐกิจ และระบบนิเวศในหลายภูมิภาคทั่วโลก

2.1) คลื่นความร้อนรุนแรง

องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) นิยาม “คลื่นความร้อน” (Heatwave) ว่า เป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวันสูงกว่าค่าเฉลี่ยสูงสุดตามสภาพภูมิอากาศปกติ (ช่วงปี พ.ศ. 2504–2533) อย่างน้อย 5 องศาเซลเซียสติดต่อกันเป็นเวลามากกว่า 5 วัน ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ระบบนิเวศ และเศรษฐกิจในภูมิภาค (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies [IFRC], 2021)

สำหรับเหตุการณ์คลื่นความร้อนที่สร้างความเสียหายรุนแรงที่สุด เกิดขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2546 ที่ทวีปยุโรป ด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่า 40 องศาเซลเซียสต่อเนื่องกว่าสองสัปดาห์ ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตจำนวนกว่า 70,000 คน จากปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับความร้อน (Robine, et al., 2008)

ในปี พ.ศ. 2567 มีรายงานของกรมอุตุนิยมวิทยาแห่งอินเดีย (India Meteorological Department [IMD], 2024) ระบุว่า ที่เมืองจอร์ในรัฐราชสถานของประเทศอินเดีย ต้องเผชิญกับคลื่นความร้อนที่อุณหภูมิสูงถึง 50.5 องศาเซลเซียส

2.2) ภัยแล้งยาวนาน

อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากภาวะโลกร้อน ส่งผลกระทบต่อน้ำให้เกิดวิกฤตภัยแล้งในหลายภูมิภาคทั่วโลก เนื่องจากอัตราการระเหยของน้ำจากพื้นดินและแหล่งน้ำเพิ่มสูงขึ้น จนนำมาสู่ภาวะขาดแคลนน้ำในแหล่งกักเก็บและพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งส่งผลกระทบต่อเนื่องถึงความมั่นคงทางน้ำและอาหาร อีกทั้งก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้งแย่งชิงทรัพยากรน้ำอย่างรุนแรง

โดยช่วงปี พ.ศ. 2563-2566 ภูมิภาคแอฟริกาตะวันออกโดยเฉพาะประเทศโซมาเลีย เอธิโอเปีย และเคนยา ต้องเผชิญกับภัยแล้งรุนแรงที่สุดในรอบกว่า 40 ปี เนื่องจากการขาดฝนต่อเนื่องถึง 5 ฤดูกาล ประกอบกับอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรได้รับความเสียหายอย่างหนัก ประชาชนกว่า 36 ล้านคน



ต้องเผชิญกับภาวะขาดแคลนอาหารและน้ำดื่มอย่างรุนแรง และมากกว่า 1.5 ล้านคนต้องอพยพออกจากถิ่นฐานเดิม (ShelterBox USA, n.d.)

ในปี พ.ศ. 2567 ประเทศแซมเบียประสบกับภัยแล้งรุนแรงที่สุดในรอบหลายทศวรรษ จนส่งผลให้เขื่อนคาริบาซึ่งเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังน้ำหลักของประเทศมีระดับน้ำลดลง จนระบบผลิตไฟฟ้าต้องหยุดดำเนินการเกือบทั้งหมดเป็นครั้งแรก ส่งผลให้หลายพื้นที่เกิดภาวะขาดแคลนไฟฟ้าเป็นเวลานาน (The Guardian, 2024)

2.3) ฝนตกหนัก

ภาวะโลกร้อน ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณและความรุนแรงของฝนในหลายพื้นที่ทั่วโลก ด้วยอุณหภูมิของผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้การระเหยกลายเป็นไอของน้ำจากผิวน้ำมหาสมุทรสู่ชั้นบรรยากาศมีอัตราเพิ่มขึ้นตามมา ในบรรยากาศจึงมีปริมาณไอน้ำสะสมมากขึ้น แล้วเกิดการควบแน่นกลายเป็นฝนตกหนักในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งนำมาสู่เหตุการณ์น้ำท่วมฉับพลันในหลายภูมิภาคทั่วโลก

ตามหลักการทางฟิสิกส์ที่เรียกว่า “กฎของ Clausius–Clapeyron” ระบุว่า อุณหภูมิของบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นทุก 1 องศาเซลเซียส จะทำให้อากาศสามารถกักเก็บไอน้ำได้เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 7 (Douville, et al., 2022) ดังนั้น อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจากภาวะโลกร้อน จึงสามารถเพิ่มศักยภาพการกักเก็บไอน้ำของบรรยากาศ ทำให้ฝนตกหนักและมีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น

ในปี พ.ศ. 2565 ประเทศปากีสถานต้องเผชิญกับฝนตกหนักผิดปกติ จนก่อให้เกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ สร้างความเสียหายอย่างรุนแรงต่อโครงสร้างพื้นฐาน เศรษฐกิจ และสังคมของประเทศ โดยมีผู้เสียชีวิตกว่า 1,700 คน (Rafferty., & Metych, n.d.)

ในปี พ.ศ. 2567 เกิดเหตุการณ์ฝนตกหนักต่อเนื่องที่จังหวัดบาเลนเซีย ประเทศสเปน โดยมีปริมาณน้ำฝนสะสมสูงสุดถึง 720.4 มิลลิเมตรภายในเวลา 12 ชั่วโมง ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน สร้างความเสียหายอย่างรุนแรง และมีผู้เสียชีวิตอย่างน้อย 232 ราย (Climate COPERNICUS, 2024)

2.4) พายุรุนแรง

อุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเลเฉลี่ยที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจากภาวะโลกร้อน นอกจากเป็นแหล่งพลังงานสำคัญต่อการก่อตัวและความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อน ยังมีผลทำให้น้ำในมหาสมุทรมีอัตราการระเหยเพิ่มสูงขึ้น ภายในบรรยากาศจึงมีความชื้นสะสมมากขึ้น ทำให้น้ำฝนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น จนเป็นเหตุให้เกิดน้ำท่วมรุนแรงในหลายพื้นที่

ที่ผ่านมา พายุไห่เยียน (Haiyan) ถือเป็นหนึ่งในพายุหมุนเขตร้อนที่รุนแรงที่สุด ที่พัดถล่มเข้าประเทศฟิลิปปินส์เมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ด้วยความเร็วลมสูงสุดประมาณ 315 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สร้างความเสียหายอย่างหนักต่อโครงสร้างพื้นฐาน และมีผู้เสียชีวิตมากกว่า 6,300 คน (WMO, 2023b)

ในปี พ.ศ. 2567 เกิดพายุหมุนเขตร้อนทั่วโลกจำนวนมากถึง 86 ลูก ซึ่งในจำนวนนี้เป็นพายุระดับรุนแรง 43 ลูก และเป็นพายุขนาดใหญ่ 22 ลูก (C3S, 2025) พายุเหล่านี้ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมและสร้างความเสียหายในหลายประเทศ โดยที่มีความรุนแรงที่สุดคือ “พายุเฮอริเคนมิลตัน” ซึ่งมีกำลังแรงถึงระดับ 5 ด้วยความเร็วลมสูงสุดถึง 282 กิโลเมตรต่อชั่วโมงขณะอยู่กลางมหาสมุทรแอตแลนติก และอ่อนกำลังลง



เป็นระดับ 3 เมื่อพัดขึ้นฝั่งรัฐฟลอริดาของสหรัฐอเมริกา ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมและสร้างความเสียหายอย่างรุนแรง ทั้งต่อทรัพย์สิน โครงสร้างพื้นฐาน ระบบสาธารณสุขปโภค และเศรษฐกิจโดยรวมอย่างเป็นวงกว้าง (Breen, 2024)

3) ฝนน้ำแข็งทั่วโลกละลายตัวอย่างรวดเร็ว

โดยธรรมชาติ น้ำแข็งทั่วโลกมีขนาดพื้นที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยมีการขยายตัวมากที่สุดในฤดูหนาว และหดตัวต่ำสุดในฤดูร้อน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากศูนย์ข้อมูลหิมะและน้ำแข็งแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NASA, 2024) ระบุว่า พื้นที่น้ำแข็งทั่วโลกทั้งในซีกโลกเหนือและใต้มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว เนื่องจากอัตราการละลายของน้ำแข็งทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้นเร็วกว่าค่าเฉลี่ยในอดีต จากผลของภาวะโลกร้อนและการลดลงของพื้นที่ผิวน้ำแข็งสีขาว ซึ่งส่งผลให้ค่าการสะท้อนแสง (albedo) ลดลง ขณะที่พื้นผิวมหาสมุทรสีเข้มดูดซับพลังงานความร้อนได้มากขึ้น ทำให้ผืนน้ำแข็งที่เหลืออยู่ละลายเร็วขึ้นตามมาด้วย (NSIDC, 2020)

3.1) ฝนน้ำแข็งที่ปกคลุมหามสมุทรอาร์กติก

ปี พ.ศ. 2567 ฝนน้ำแข็งที่ปกคลุมหามสมุทรอาร์กติก มีการก่อตัวขยายพื้นที่ถึงระดับสูงสุดประจำปีในช่วงฤดูหนาวของเดือนมีนาคม โดยมีพื้นที่เฉลี่ยที่ 14.87 ล้านตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นขนาดเล็กสุดอันดับที่ 15 นับตั้งแต่เริ่มมีการบันทึกด้วยดาวเทียมในปี พ.ศ. 2522 (NSIDC, 2024b) และจากนั้นได้เกิดการละลายตัวจนมีขนาดพื้นที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดประจำปีในช่วงฤดูร้อนของเดือนกันยายน โดยมีพื้นที่เฉลี่ยเหลือเพียง 4.28 ล้านตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นขนาดเล็กสุดอันดับที่ 7 นับตั้งแต่เริ่มมีการบันทึกด้วยดาวเทียมเป็นต้นมา (NSIDC, 2024a)

3.2) ฝนน้ำแข็งที่ปกคลุมทวีปแอนตาร์กติกา

ปี พ.ศ. 2567 ฝนน้ำแข็งทะเลที่ปกคลุมแอนตาร์กติกาเกิดการละลายตัว จนมีขนาดพื้นที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดประจำปีในช่วงฤดูร้อนของเดือนมีนาคม โดยมีพื้นที่เฉลี่ยอยู่ที่ 1.98 ล้านตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นระดับต่ำสุดอันดับที่ 2 ร่วมกับปี พ.ศ. 2565 นับตั้งแต่เริ่มมีการบันทึกข้อมูลจากดาวเทียมในปี พ.ศ. 2522 (NSIDC, 2025) และเกิดการก่อตัวจนขยายพื้นที่ถึงระดับสูงสุดประจำปีในช่วงฤดูหนาวของเดือนกันยายน โดยมีพื้นที่เฉลี่ยอยู่ที่ 17.16 ล้านตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นระดับต่ำสุดอันดับที่ 2 รองจากระดับต่ำสุดในปี พ.ศ. 2566 เพียงเล็กน้อย (NSIDC, 2024c)

4) ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น

ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น มีสาเหตุหลักมาจากสองปัจจัยร่วม คือ การขยายตัวของน้ำทะเลเนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น และการละลายของผืนน้ำแข็ง โดยเฉพาะบริเวณขั้วโลก เช่น กรีนแลนด์และแอนตาร์กติกา รวมถึงธารน้ำแข็งบนภูเขาสูง ซึ่งส่งผลให้น้ำจืดจำนวนมากไหลลงสู่มหาสมุทร

ข้อมูลจากการวัดด้วยดาวเทียมแสดงให้เห็นว่า ในช่วงสามทศวรรษที่ผ่านมา ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นอยู่ที่ประมาณ 2.1 มิลลิเมตรต่อปีในช่วงปี พ.ศ. 2536-2545 และเร่งตัวขึ้นเป็นประมาณ 4.7 มิลลิเมตรต่อปีในช่วงปี พ.ศ. 2558-2567 (WMO, 2025)



การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลด้วยอัตราเร่งเช่นนี้ ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงในหลายภูมิภาค โดยเฉพาะกับประเทศหมู่เกาะและพื้นที่ชายฝั่งต่ำ ที่ต้องเผชิญกับน้ำท่วมบ่อยครั้งและรุนแรงมากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง การรุกคืบของน้ำเค็มเข้าสู่พื้นที่การเกษตรและแหล่งน้ำจืด รวมทั้งเพิ่มความเสี่ยงของพายุคลื่นที่พัดเข้าสู่ชายฝั่ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศชายฝั่ง รวมถึงวิถีการดำเนินชีวิตของประชาชนทั้งในด้านความมั่นคงด้านที่อยู่อาศัย และความมั่นคงทางอาหาร โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาที่มีทรัพยากรจำกัดในการรับมือกับภัยคุกคามจากวิกฤตสภาพภูมิอากาศ

นั่นหมายความว่า ผลกระทบของวิกฤตสภาพภูมิอากาศ ทั้งภัยพิบัติทางอากาศ การละลายตัวอย่างรวดเร็วของน้ำแข็งขั้วโลก และระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ได้ปรากฏความรุนแรงอย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้นในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา ซึ่งกระทบต่อระบบนิเวศ ความหลากหลายทางชีวภาพ และคุณภาพชีวิตของมนุษย์ทั้งในด้านสุขภาพ ความมั่นคงด้านอาหาร และการดำรงชีวิตในพื้นที่เสี่ยงภัย

การบรรเทาวิกฤตสภาพภูมิอากาศ

การบรรเทาวิกฤตสภาพภูมิอากาศ เพื่อหลีกเลี่ยงหายนะจากภัยพิบัติที่ทวีความรุนแรงและชะลอการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ถือเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องมีการดำเนินการกันอย่างจริงจังและเร่งด่วน โดยเฉพาะการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพราะหากไม่มีการดำเนินการควบคุมหรือจำกัดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกอาจเพิ่มสูงเกินกว่า 1.5 องศาเซลเซียสเมื่อเทียบกับระดับยุคก่อนอุตสาหกรรม ซึ่งถือเป็นจุดพลิกผันสำคัญ (tipping points) ที่ทำให้ระบบภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันและรุนแรง โดยไม่สามารถย้อนกลับได้ (Carbon Brief, 2024)

สำหรับการบรรเทาวิกฤตสภาพภูมิอากาศ เพื่อลดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ สามารถดำเนินการได้บน 3 แนวทางหลัก ดังนี้

1) การลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ

- ลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล

เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นแหล่งพลังงานกระแสหลัก ที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศมากที่สุด ดังนั้นการลดการพึ่งพาพลังงานเหล่านี้ เช่น การลดการใช้ยานพาหนะที่ใช้น้ำมัน และลดการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน จึงเป็นวิธีที่สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้โดยตรง

- การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเปลี่ยนพฤติกรรมบริโภค

การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ลดการใช้ (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) การซ่อมแซม (Repair) และการปฏิเสธ (Reject) สามารถลดการใช้พลังงาน และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้

- ส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน

การพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

- ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคเศรษฐกิจ



การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง และอาคาร เป็นอีกหนึ่งแนวทางที่มีศักยภาพการลดการใช้พลังงานโดยไม่ลดผลผลิต เช่น การใช้ระบบขนส่งมวลชน การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตในโรงงานให้ใช้พลังงานน้อยลง และการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน

- การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีคาร์บอนต่ำ

ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น แบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูงสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า กระบวนการผลิตที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ และปฏิกิริยาเคมีที่ไม่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิต ซึ่งสามารถช่วยลดการพึ่งพาพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ในระยะยาว

2) การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศ

การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศ หรือที่เรียกว่า *Carbon Dioxide Removal* (CDR) เป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในชั้นบรรยากาศ โดยวิธีทางธรรมชาติและเทคโนโลยี ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

- ส่งเสริมการปลูกป่าใหม่และการฟื้นฟูป่าอย่างยั่งยืน

เป็นวิธีทางธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพสูง ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศ โดยป่าไม้ทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน (carbon sink) โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งต้นไม้จะดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วเปลี่ยนเป็นสารชีวโมเลกุลที่เก็บไว้ในเนื้อไม้ ใบ และดิน

- การใช้เทคโนโลยีดักจับคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศโดยตรง (Direct Air Capture: DAC)

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ เช่น "ต้นไม้ประดิษฐ์" หรือ MechanicalTree™ ที่มีความสามารถดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากอากาศได้เร็วกว่าต้นไม้จริงประมาณ 1,000 เท่า โดยหากติดตั้งต้นไม้ประดิษฐ์จำนวน 1,200 ต้น อาจสามารถกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 100 เมตริกตันต่อวัน (Conflict Resolution Unit, 2022)

3) การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากแหล่งผลิต

การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากแหล่งผลิตขนาดใหญ่ เช่น โรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล โรงกลั่นน้ำมัน และโรงงานอุตสาหกรรม เป็นแนวทางสำคัญในการควบคุมการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ

เทคโนโลยีที่สามารถดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้โดยตรงจากแหล่งปล่อย (point sources) ก่อนที่ก๊าซจะกระจายสู่สิ่งแวดล้อม สามารถแบ่งออกเป็น 3 แนวทางหลัก ดังนี้

- เทคโนโลยีการดักจับและกักเก็บคาร์บอน

(Carbon Capture and Storage: CCS)

เป็นกระบวนการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งผลิตโดยตรง แล้วนำก๊าซที่ได้มาอัดเก็บไว้ในแหล่งกักเก็บใต้ดินที่มีความปลอดภัยสูงอย่างถาวร เช่น ชั้นหินรูพรุนใต้ดินระดับลึก หรือแหล่งก๊าซธรรมชาติที่หมดสภาพ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รั่วไหลกลับสู่บรรยากาศ



- เทคโนโลยีการดักจับและการใช้ประโยชน์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Capture and Utilization; CCU)

เป็นการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากแหล่งผลิต แล้วนำมาแปรรูปใช้ประโยชน์ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม เช่น การผลิตสารเคมี (เช่น เมทานอล ยูเรีย หรือโพลีเมอร์) การผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (เช่น synthetic methane หรือ e-fuels) การผลิตวัสดุก่อสร้าง (เช่น คอนกรีตที่ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการทำให้แข็งตัว) และการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อผลิตอาหาร หรือพลังงานชีวภาพ

- เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture, Utilization and Storage: CCUS)

เป็นการรวมระหว่าง CCS และ CCU โดยดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากแหล่งผลิต แล้วนำส่วนหนึ่งมาใช้ประโยชน์ตามแนวทางของ CCU และนำส่วนที่เหลือมากักเก็บไว้ในแหล่งเก็บถาวรใต้ดินที่ปลอดภัยตามแนวทางของ CCS ซึ่งถือเป็นวิธีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคาร์บอนได้มากยิ่งขึ้น

โดยทางสำนักงานพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency - IEA) คาดการณ์ว่า เทคโนโลยี CCUS มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนถึง 1.2 กิกะตันต่อปีภายในปี 2030 หากมีการลงทุนและกำหนดนโยบายสนับสนุนอย่างจริงจัง (Oil and Gas Climate Initiative [OGCI], n.d.)

นั่นหมายความว่า การบรรเทาวิกฤตสภาพภูมิอากาศเป็นสิ่งสำคัญและเร่งด่วน เพื่อหลีกเลี่ยงการเผชิญ กับวิกฤตสภาพภูมิอากาศที่ทวีความรุนแรง โดยมีเป้าหมายหลักคือลดการสะสมของก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นตัวการสำคัญของวิกฤตนี้ การดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องทำควบคู่กันทั้ง 3 แนวทาง ได้แก่ การลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศ และการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากแหล่งผลิต เนื่องจากแต่ละแนวทางมีข้อจำกัดและศักยภาพที่แตกต่างกัน แต่เมื่อบูรณาการร่วมกันจะช่วยเพิ่มความสามารถในการลดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว และนำไปสู่ความยั่งยืนในการรับมือกับวิกฤตสภาพภูมิอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การปรับตัวต่อวิกฤตสภาพภูมิอากาศ

การปรับตัวต่อวิกฤตสภาพภูมิอากาศ เป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการรับมือจากภัยพิบัติที่รุนแรง เพื่อลดความเสี่ยงจากผลกระทบที่เกิดขึ้น

สำหรับตัวอย่างแนวทางการปรับตัวต่อวิกฤตสภาพภูมิอากาศ มีดังนี้

1) การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานให้ทนทานต่อสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง

- การพัฒนาเมืองฟองน้ำ (Sponge City)

เป็นการออกแบบเมืองให้สามารถดูดซับและกักเก็บน้ำฝนผ่านพื้นที่สีเขียว พื้นผิวที่ซึมน้ำ และระบบจัดการน้ำตามธรรมชาติ เช่น พื้นที่ชุ่มน้ำ เพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากน้ำท่วม



- การจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน
เช่น การสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กและระบบเก็บน้ำฝน เพื่อเพิ่มความมั่นคงด้านน้ำช่วงภัยแล้ง
- การสร้างแนวป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำที่มีประสิทธิภาพ
เช่น การสร้างคันดิน เขื่อน และระบบระบายน้ำ รองรับปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นจากฝนตกหนัก

2) การปรับตัวในภาคเกษตรกรรมให้สอดคล้องกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง

- การพัฒนาพันธุ์พืชที่ทนทานต่อสภาพอากาศสุดขั้ว
การวิจัยและพัฒนาพันธุ์พืชที่สามารถทนต่อความแห้งแล้งและน้ำท่วม เช่น พันธุ์ข้าวที่ทนทานต่อความแห้งแล้งและน้ำท่วมขัง เพื่อช่วยรักษาผลผลิตในสภาพอากาศที่ไม่แน่นอน
- การใช้เทคโนโลยีการเกษตร
การนำเทคโนโลยี เช่น ระบบให้น้ำแบบหยดเพื่อลดการสูญเสียน้ำ และการใช้ข้อมูลพยากรณ์อากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและลดความเสี่ยงจากภัยแล้ง

3) การมีส่วนร่วมของชุมชนและการสร้างความตระหนักรู้

- การมีส่วนร่วมของชุมชน
ส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วม ในการวางแผนและดำเนินการปรับตัวต่อวิกฤตสภาพภูมิอากาศ เช่น การจัดทำแผนปรับตัวระดับท้องถิ่น การสร้างความตระหนักรู้
- การให้ความรู้แก่ประชาชนเกี่ยวกับวิกฤตสภาพภูมิอากาศ และวิธีการปรับตัวที่เหมาะสม เพื่อเตรียมพร้อมและรับมือกับสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้น

4) การส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

- การส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี ที่ช่วยในการปรับตัวต่อวิกฤตสภาพภูมิอากาศ เช่น ระบบเตือนภัยล่วงหน้า เทคโนโลยีการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการวางแผนการเกษตร เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับมือกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

นั่นหมายความว่า การปรับตัวต่อวิกฤตสภาพภูมิอากาศเป็นกลไกสำคัญ ที่จำเป็นต้องดำเนินควบคู่ไปกับการลดการสะสมของก๊าซเรือนกระจก โดยอาศัยการบูรณาการองค์ความรู้ เทคโนโลยี และการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในสังคม เพื่อเสริมสร้างความยืดหยุ่นของชุมชน ระบบเศรษฐกิจ และระบบนิเวศ ให้สามารถรองรับและฟื้นจากผลกระทบของวิกฤตสภาพภูมิอากาศได้อย่างยั่งยืน

สรุป

ภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรง เกิดจากการสะสมตัวของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ ที่มีแหล่งปล่อยสำคัญมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล จนมีปริมาณเกินกว่าระดับสมดุลทางธรรมชาติ กระทั่งส่งผลเร่งให้สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและรุนแรง แล้วนำมาสู่วิกฤตสภาพภูมิอากาศ ที่ปรากฏผ่านเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้ว เช่น คลื่นความร้อนรุนแรง



ภัยแล้งยาวนาน ฝนตกหนักฉับพลัน และพายุกำลังแรง รวมถึงการละลายตัวอย่างรวดเร็วของน้ำแข็งขั้วโลกที่เร่งให้ระดับน้ำทะเลทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งล้วนส่งผลเชื่อมโยงก่อให้เกิดปัญหาร้ายแรงที่คุกคามความอยู่รอดของมนุษย์ ทั้งการขาดแคลนน้ำและอาหาร โรคระบาด และการอพยพจากพื้นที่เสี่ยงภัย

ทั้งนี้ การบรรเทาวิกฤตสภาพภูมิอากาศสามารถดำเนินการได้บน 3 แนวทางหลัก ได้แก่ (1) การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ (2) การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศ และ (3) การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากแหล่งผลิต โดยทั้งสามแนวทางนี้จำเป็นต้องดำเนินการควบคู่กับการปรับตัวต่อวิกฤตสภาพภูมิอากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับมือจากผลกระทบที่ตามมาในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

- Breen, K. (2024). *Hurricane Milton was fastest on record to intensify into Category 5 in the Gulf of Mexico: "Historic storm"*. CBS News. Retrieved from <https://www.cbsnews.com/news/hurricane-milton-florida-landfall-records/>
- Carbon Brief. (2024). *Every 0.1 °C of overshoot above 1.5 °C increases risk of crossing tipping points*. Retrieved from <https://www.carbonbrief.org/every-0-1c-of-overshoot-above-1-5c-increases-risk-of-crossing-tipping-points>
- Carrington, D. (2025). More than 150 'unprecedented' climate disasters struck world in 2024, says UN. *The Guardian*. Retrieved from <https://www.theguardian.com/environment/2025/mar/19/unprecedented-climate-disasters-extreme-weather-un-report>
- Climate Central. (2024a). *Heat-trapping pollution: Greenhouse effect graphic set (2024)*. Retrieved from <https://www.climatecentral.org/graphic/heat-trapping-pollution-2024?graphicSet=Greenhouse+Effect&location=national&lang=en>
- Climate Central. (2024b). *Annual CO₂ peak and temperature – Greenhouse effect graphic set*. Retrieved from <https://www.climatecentral.org/graphic/heat-trapping-pollution-2024?graphicSet=Annual+CO2+Peak+and+Temperature&location=national&lang=en>
- Climate COPERNICUS. (2024). *ESOTC 2024 Europe in Focus: Flooding*. In *European State of the Climate 2024*. Retrieved from <https://climate.copernicus.eu/esotc/2024/europe-in-focus/flooding>



- Conflict Resolution Unit. (2022). 'Mechanical tree' farms show promise for carbon capture. Retrieved from <https://www.conflictresolutionunit.id/mechanical-tree-farms-show-promise-for-carbon-capture/>
- Copernicus Climate Change Service. (2025). *Global Climate Highlights 2024*. Retrieved from <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024>
- Copernicus Climate Change Service. (n.d.). *Temperature – Climate Indicators*. Retrieved from <https://climate.copernicus.eu/climate-indicators/temperature>
- Douville, H., Qasmi, S., Ribes, A., & Bock, O. (2022). Global warming at near-constant tropospheric relative humidity is supported by observations. *Communications Earth & Environment*, 3, 237. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00561-z>
- Earth.Org. (2021). Atmospheric CO₂ reaches highest level in more than 4 million years. Retrieved from <https://earth.org/atmospheric-co2-reaches-highest-level-in-4-million-years/>
- Earth.Org. (2023). Antarctica's floral awakening: How climate change is transforming the continent's ecosystem. Retrieved from <https://earth.org/antarcticas-floral-awakening-how-climate-change-is-transforming-the-continents-ecosystem/>
- India Meteorological Department. (2024, May 29). *Press release: Highest maximum temperature of 50.5 °C reported at Churu (West Rajasthan)* [Press release]. Government of India, Ministry of Earth Sciences. Retrieved from https://internal.imd.gov.in/press_release/20240529_pr_3027.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Retrieved from https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf
- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. (2021). *Extreme Heat/Heat Wave*. Retrieved from <https://www.ifrc.org/sites/default/files/2021-06/10-HEAT-WAVE-HR.pdf>
- Lenton, T. M., et al. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *Nature*, 105(6), 1786–1793. <https://doi.org/10.1038/nature07238>
- McCabe, K. (2025). World exceeds 1.5 °C threshold for entire year for the first time. *Royal Meteorological Society*. Retrieved from <https://www.rmets.org/metmatters/world-exceeds-15degc-threshold-entire-year-first-time>



- NASA Earth Observatory. (2024). *Mount Fuji bare again after fleeting snow*. Retrieved from <https://earthobservatory.nasa.gov/images/153593/mount-fuji-bare-again-after-fleeting-snow>
- National Aeronautics and Space Administration. (2019). *The atmosphere: Getting a handle on carbon dioxide*. Retrieved from <https://science.nasa.gov/earth/climate-change/greenhouse-gases/the-atmosphere-getting-a-handle-on-carbon-dioxide/>
- National Aeronautics and Space Administration. (2024). *Arctic Sea Ice Near Historic Low; Antarctic Ice Continues Decline*. Retrieved from <https://www.nasa.gov/earth/arctic-sea-ice-near-historic-low-antarctic-ice-continues-decline/>
- National Aeronautics and Space Administration. (n.d.). *The causes of climate change*. Retrieved from <https://science.nasa.gov/climate-change/causes/>
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2024). *Climate change: Atmospheric carbon dioxide*. *Climate.gov*. Retrieved from <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2025). *Trends in atmospheric carbon dioxide: Annual mean CO₂ at Mauna Loa Observatory, Hawaii*. Retrieved from https://gml.noaa.gov/webdata/ccgg/trends/co2/co2_annmean_mlo.txt
- National Park Service. (n.d.). *Causes & consequences of climate change at Glacier National Park*. Retrieved from <https://www.nps.gov/articles/000/causes-consequences-of-climate-change-at-glacier-national-park.htm>
- National Snow and Ice Data Center. (2020). *What are the impacts of Arctic sea ice loss?* Retrieved from <https://nsidc.org/learn/ask-scientist/what-are-impacts-arctic-sea-ice-loss>
- National Snow and Ice Data Center. (2024a). *Arctic sea ice extent levels off; 2024 minimum set*. Retrieved from <https://nsidc.org/sea-ice-today/analyses/arctic-sea-ice-extent-levels-2024-minimum-set>
- National Snow and Ice Data Center. (2024b). *Arctic Sea Ice Walking on Sunshine*. Retrieved from <https://nsidc.org/sea-ice-today/analyses/arctic-sea-ice-walking-sunshine>
- National Snow and Ice Data Center. (2024c). *2024 Antarctic sea ice maximum extent finishes second lowest*. Retrieved from <https://nsidc.org/sea-ice-today/analyses/2024-antarctic-sea-ice-maximum-extent-finishes-second-lowest>



- National Snow and Ice Data Center. (2025). *Antarctic sea ice minimum hits near-record low again*. Retrieved from <https://nsidc.org/sea-ice-today/analyses/antarctic-sea-ice-minimum-hits-near-record-low-again>
- NOAA Climate.gov. (2022). *How do we know the build-up of carbon dioxide in the atmosphere is caused by humans?* Retrieved from <https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/how-do-we-know-build-carbon-dioxide-atmosphere-caused-humans>
- Oil and Gas Climate Initiative. (n.d.). *Understanding CCUS*. Retrieved from <https://ccushub.ogci.com/ccus-basics/understanding-ccus/>
- Rafferty, J. P., & Metych, M. (n.d.). *Pakistan floods of 2022*. Retrieved from <https://www.britannica.com/event/Pakistan-floods-of-2022>
- Rasmussen, C. E. (2025). *Atmospheric Carbon Dioxide Growth Rate*. Retrieved from <https://mlg.eng.cam.ac.uk/carl/climate/CO2growth.html>
- Robine, J.-M., Cheung, S. L. K., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J.-P., & Herrmann, F. R. (2008). Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies*, 331(2), 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2007.12.001>
- Sengupta, R., & Pandey, K. (2019). World breached safe atmospheric CO₂ levels 33 years ago. *Down To Earth*. Retrieved from <https://www.downtoearth.org.in/environment/world-breached-safe-atmospheric-co2-levels-33-years-ago-64546>
- ShelterBox USA. (n.d.). *East Africa Drought*. Retrieved from <https://www.shelterboxusa.org/home-page/horn-of-africa-drought/>
- The Guardian. (2024). 'Levels are dropping': Drought saps Zambia and Zimbabwe of hydropower. Retrieved from <https://www.theguardian.com/globaldevelopment/2024/nov/11/levels-are-dropping-drought-saps-zambia-and-zimbabwe-of-hydropower>
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (n.d.). *The Paris Agreement*. Retrieved from <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- United States Environmental Protection Agency. (2025). *Understanding global warming potentials*. Retrieved from <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>



- World Meteorological Organization. (2023a). *Greenhouse gas concentrations hit record high. Again*. Retrieved from <https://wmo.int/news/media-centre/greenhouse-gas-concentrations-hit-record-high-again>
- World Meteorological Organization. (2023b). *Ten years after Haiyan: Building back better in the Philippines*. Retrieved from <https://wmo.int/media/news/ten-years-after-haiyan-building-back-better-philippines>
- World Meteorological Organization. (2025). *WMO report documents spiralling weather and climate impacts*. Retrieved from <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-report-documents-spiralling-weather-and-climate-impacts>

