สสส
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ

ศวอ
ศูนย์วิชาการเพื่อรับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ

องค์ความรู้

ความรู้เรื่อง มลพิษอากาศ เบื้องต้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวดี สุวัฒิกะ

สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศูนย์วิชาการเพื่อขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ

องค์ความรู้เรื่อง ความรู้เรื่องมลพิษอากาศเบื้องต้น

ISBN 978-616-93636-9-9
ชุดความรู้ องค์ความรู้เพื่อขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ
พิมพ์ครั้งแรก กรกฎาคม 2565
จำนวน 100 เล่ม

ชื่อผู้แต่ง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวดี สุวัฒิกะ
สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

คณะบรรณาธิการ
รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล
รองศาสตราจารย์ ดร.ตระการ ประภัสพงษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวดี สุวัฒิกะ

พิสูจน์อักษร ณัฐจิต อ้นเมฆ และ ณิชนันทน์ นันตาวงค์
ปกและรูปเล่ม โยษิตา กรกิจเจริญ

จัดพิมพ์โดย
ศูนย์วิชาการเพื่อขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ (ศวอ.)
สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
122/4 ซ.เรวดี ถ.พระราม 6 แขวงพญาไท
เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ : 02-617-1530-1 โทรสาร : 02-279-9720 Email : info@ccas.or.th

พิมพ์ที่
ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ เอ เอ เซอร์วิส
33 ซ.อินทามระ 4 ถ.สุทธิสารวินิจฉัย แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ : 02-279-5233 โทรสาร : 02-279-5322

สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)

คำนำ

องค์ความรู้เล่มนี้เป็นหนึ่งในชุดความรู้ องค์ความรู้เพื่อขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ ซึ่งจัดทำโดยศูนย์วิชาการเพื่อขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ (ศวอ.) ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)

ศวอ. มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นศูนย์รวมนักวิชาการในการพัฒนาองค์ความรู้เป็นฐานในการขับเคลื่อน สื่อสารชี้นำสังคม และสนับสนุนมาตรการ นโยบาย เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ อย่างมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย ทำหน้าที่รวบรวมองค์ความรู้ด้านฝุ่น $PM_{2.5}$ พัฒนาต่อยอดงานวิชาการ พัฒนานวัตกรรม และพัฒนาระบบข้อมูลงานวิชาการเพื่อใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่น $PM_{2.5}$ และเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจกำหนดมาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่น $PM_{2.5}$ อย่างยั่งยืน

องค์ความรู้ที่อยู่ในมือของท่านนี้เป็นเอกสารที่ผ่านการรวบรวม สังเคราะห์ ประชุมเสวนารับฟังความคิดเห็น เพื่อการสื่อสาร เผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่น $PM_{2.5}$ สู่สังคมและกลุ่มเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อปลูกฝังความเป็นเจ้าของในทรัพยากรอากาศสะอาดร่วมกัน

ทั้งนี้ ศวอ. มีเป้าหมายที่สำคัญคือสร้างการมีส่วนร่วมกับภาคีเครือข่าย ทั้งภาครัฐ ภาคประชาชน และภาคเอกชน เพื่อร่วมกันขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยร่วมจัดทำข้อเสนอแนะเกี่ยวกับมาตรการ และนโยบายในการป้องกันแก้ไขปัญหามลพิษอากาศทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

สารบัญ

07 1. ทำไมอากาศต้องสะอาด
10 2. มลพิษอากาศเกิดได้อย่างไร
12 3. มลพิษอากาศกับสุขภาพ
15 4. มลพิษอากาศจากอดีตสู่ปัจจุบัน
19 5. ค่าแนะนำคุณภาพอากาศฉบับใหม่ขององค์การอนามัยโลก
21 6. มลพิษอากาศมาจากไหน
23 7. ธรรมชาติเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศได้หรือไม่
25 8. กิจกรรมของเราคือแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่สำคัญ
27 9. สารมลพิษอากาศมีลำดับด้วยหรือ “Primary and Secondary Air Pollutants”
29 10. มลพิษอากาศหลัก (Criteria Air Pollutants) คืออะไร
32 11. สารมลพิษอากาศอันตราย (Hazardous Air Pollutants) คืออะไร
35 12. อย่างไรที่บอกว่าคุณภาพอากาศดี
38 เอกสารอ้างอิง

สารบัญรูป

รูปที่ 1 ทำไมอากาศต้องสะอาด 8
รูปที่ 2 แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ 10
รูปที่ 3 จำนวนการตายที่เกิดจากปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ในปี 2017 (พ.ศ. 2560) 12
รูปที่ 4 ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศ 13
รูปที่ 5 ผลกระทบจากมลพิษอากาศต่อผู้คนในแต่ละช่วงวัย 14
รูปที่ 6 เหตุการณ์ลอนดอนสม็อก ประเทศอังกฤษ ปี ค.ศ. 1952 15
รูปที่ 7 จำนวนการตายเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และปริมาณควัน จากเหตุการณ์ลอนดอนสม็อก ประเทศอังกฤษ ปี ค.ศ. 1952 15
รูปที่ 8 ผังบริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ 18
รูปที่ 9 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กับชั้นสภาพอุณหภูมิผกผัน 18
รูปที่ 10 เหตุการณ์ถังเคมีในโรงงานผลิตโฟมและพลาสติกในจังหวัดสมุทรปราการระเบิด ปี พ.ศ. 2564 18
รูปที่ 11 ค่าแนะนำคุณภาพอากาศฉบับใหม่ขององค์การอนามัยโลก 20
รูปที่ 12 แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ 21
รูปที่ 13 เปรียบเทียบขนาดอนุภาคฝุ่นละออง 21
รูปที่ 14 ผลกระทบของสารเคมีต่าง ๆ ในอากาศต่อสิ่งแวดล้อม 22
รูปที่ 15 เหตุการณ์ไฟป่า ณ อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จ.เลย เมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 24
รูปที่ 16 แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ 26
รูปที่ 17 สารมลพิษอากาศ 27
รูปที่ 18 ผลกระทบทางนิเวศวิทยาที่เกิดจากมลพิษอากาศ 28
รูปที่ 19 การเกิดโอโซน และ PAN เนื่องจากปฏิกิริยาโฟโตเคมิคัล 28
รูปที่ 20 ขนาดและชนิดของฝุ่นจากแหล่งต่าง ๆ 29
รูปที่ 21 ผลกระทบของมลพิษอากาศต่อมนุษย์ 34
รูปที่ 22 ค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) 37

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	ตัวอย่างเหตุการณ์ในอดีตเพื่อเรียนรู้ถึงพิษภัยของมลพิษอากาศ	16
ตารางที่ 2	ค่าแนะนำเกณฑ์คุณภาพอากาศฉบับใหม่ขององค์การอนามัยโลกปี พ.ศ. 2564	20
ตารางที่ 3	เปรียบเทียบค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของไทยและต่างประเทศ	31
ตารางที่ 4	การคำนวณค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI)	36

1. ทำไมอากาศต้องสะอาด

โดยปกติคนเราต้องการอากาศเพื่อดำรงชีวิตประมาณ 7,500 ลิตรต่อวัน ซึ่งเป็นปริมาณที่มาก และหากขาดอากาศหรือออกซิเจนเกิน 4 นาที จะทำให้เซลล์สมองตาย อากาศที่ถึงถุงลมปอดของเราต้องเป็นอากาศที่สะอาดปราศจากสิ่งแปลกปลอม ไม่ว่าจะเป็นเชื้อโรค ฝุ่นละออง และก๊าซอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ออกซิเจน โดยร่างกายของเรามีกระบวนการในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ตั้งแต่ จมูกไปจนถึงถุงลมปอด หากอากาศมีสิ่งปนเปื้อนมาก และเราอยู่ในบริเวณอากาศที่ไม่สะอาดเป็นเวลานาน กลไกการกำจัดสิ่งแปลกปลอมของร่างกายตั้งแต่จมูกไปจนถึงถุงลมปอดต้องทำงานหนักมาก ๆ ย่อมส่งผลกระทบ เหมือนเครื่องจักรที่ทำงานหนักย่อมชำรุด เช่นเดียวกันร่างกายเราก็จะเกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจเป็นลำดับแรก และนำไปสู่โรคอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโรคหัวใจและหลอดเลือด

อากาศสะอาดโดยปกติอาจพบได้ในพื้นที่ที่ห่างไกลจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ตามป่าเขา หรือในทะเล และไม่มีมลพิษจากธรรมชาติ เช่น ไฟป่า อากาศสะอาดหมายถึงอากาศที่มีสารมลพิษในระดับน้อยมาก เช่น อากาศสะอาด จะมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในระดับต่ำกว่า 1 ส่วนในพันล้านส่วน แต่ในชุมชนหรือเขตอุตสาหกรรมจะมีกิจกรรมที่ทำให้ระดับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศสูงขึ้นจนอาจเป็นผลเสียต่อสุขภาพได้

รูปที่ 1 ทำไมอากาศต้องสะอาด

สารมลพิษแต่ละชนิดมีระดับความเป็นพิษและผลเสียแตกต่างกัน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ในบรรยากาศเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ย 1 ปี ไม่เกิน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 120 ส่วนในพันล้านส่วน และค่าเฉลี่ย 1 ปี ไม่เกิน 40 ส่วนในพันล้านส่วน ดังนั้นการระบุว่าเกิดภาวะมลพิษอากาศจึงต้องเปรียบเทียบระดับมลพิษนั้น ๆ กับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ อย่างไรก็ดี ค่ามลพิษที่อยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐานไม่ได้หมายความว่าจะปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยร้อยเปอร์เซ็นต์ เนื่องจากหากได้รับสารมลพิษนั้นเป็นเวลานาน สารมลพิษจะสะสมในร่างกายจนเป็นอันตรายได้ องค์การอนามัยโลกระบุว่าไม่มีระดับฝุ่นที่ปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัย เนื่องจากฝุ่นที่คนเราหายใจเข้าสู่ระบบหายใจจะสะสมอยู่ในร่างกายได้ ดังนั้น การควบคุมระดับฝุ่นให้น้อยที่สุดเป็นสิ่งที่ดีที่สุด

อากาศสะอาด จึงหมายถึงอากาศบริสุทธิ์ที่มีสิ่งแปลกปลอมและสารเคมีอยู่ในระดับต่ำที่ทำให้เราทุกคนดำรงชีวิตได้อย่างปลอดภัยปราศจากโรค อ่านถึงตรงนี้ทุกคนคงได้คำตอบแล้วว่าทำไมอากาศต้องสะอาด

อากาศสกปรกอาจมองไม่เห็นและไม่ได้กลิ่น แต่ทำให้ระคายเคืองตา แสบจมูก ในกรณีฝุ่นละอองทำให้ไอ จาม น้ำมูกไหล ถ้าอยู่ในบริเวณดังกล่าวนาน ๆ อาจรู้สึกมีเสมหะในคอ สาเหตุเพราะร่างกายพยายามกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากร่างกาย

วิธีที่จะบอกได้ว่าอากาศรอบ ๆ ตัวมีผลต่อสุขภาพมากน้อยเพียงใด จึงพิจารณาจากค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศซึ่งกำหนดขึ้นเพื่อปกป้องสุขภาพอนามัยของประชาชนให้มากที่สุดตามสภาพเศรษฐกิจและสังคมของประเทศนั้น ๆ หรือพิจารณาจากรายงานดัชนีคุณภาพอากาศซึ่งเป็นค่าที่คำนวณจากความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศแต่ละชนิดเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ และแสดงในรูปตัวเลขเทียบกับคะแนนเต็มร้อยและให้สีเพื่อเราจะได้เข้าใจง่าย ๆ เช่น สีฟ้าอากาศสะอาดมาก

เมื่อรู้ว่าเราทุกคนต้องการอากาศที่สะอาด จึงเป็นหน้าที่ของเราทุกคนที่จะต้องร่วมมือกันรักษาคุณภาพอากาศซึ่งเป็นสาธารณสมบัติของเราทุกคนให้สะอาด

2. มลพิษอากาศเกิดได้อย่างไร

สารมลพิษอากาศมีแหล่งที่มาทั้งจากธรรมชาติและจากพฤติกรรมของมนุษย์ ธรรมชาติอาจเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญในบางสถานที่และบางเวลา เช่น เถ้าถ่านจากภูเขาไฟ ควันไฟป่า ก๊าซเรดอนจากพื้นโลก ก๊าซมีเทนที่เกิดจากการเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ เป็นต้น แต่โดยทั่วไปแล้ว กิจกรรมของมนุษย์เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่สำคัญ ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ด้วยกันเอง โดยเริ่มจากการใช้เชื้อเพลิงในการดำรงชีวิต เช่น การหุงหาอาหาร การให้ความอบอุ่นกับร่างกายและที่อยู่อาศัย จนถึงการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อรองรับความต้องการของมนุษย์ ได้แก่ อาหาร เสื้อผ้า ยารักษาโรค วัสดุก่อสร้าง และต่อจากนั้นเพื่อสนองต่อความสะดวกสบายที่ไม่สิ้นสุดของมนุษย์ เช่น ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดส่วนบุคคล เครื่องสำอาง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น รวมถึงการคมนาคมขนส่ง เช่น การขนส่งสินค้า การเดินทางเพื่อไปโรงเรียนหรือไปทำงาน การท่องเที่ยวและบันเทิง เราอาจจำแนกประเภทแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศได้ดังนี้

รูปที่ 2 แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ
ที่มา: https://www.who.int/multi-media/details/what-are-the-sources-of-air-pollution

(1) โรงงานอุตสาหกรรมรวมถึงโรงไฟฟ้า เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทั้งจากการใช้เชื้อเพลิง และจากกระบวนการผลิต ซึ่งมีมากมายหลากหลายและสลับซับซ้อนมากขึ้นตลอดเวลาตามการพัฒนาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการผลิต

(2) ยานพาหนะที่ใช้ในการคมนาคมขนส่ง ทั้งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ เป็นแหล่งกำเนิดที่ใกล้ชิดกับชุมชน จึงส่งผลกระทบต่อชุมชนมากที่สุด แต่ในขณะเดียวกันอาจควบคุมได้ยากที่สุด เนื่องจากจะต้องได้รับความร่วมมือจากประชาชนเจ้าของยานพาหนะจำนวนมากในการตรวจและซ่อมบำรุงยานพาหนะ

(3) ชุมชนรวมถึงการพาณิชยกรรม เป็นแหล่งกำเนิดขนาดเล็กแต่มีจำนวนมากที่มีการใช้เชื้อเพลิงและวัสดุที่อาจปล่อยมลพิษ การควบคุมแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทนี้มักใช้การกำหนดมาตรฐานของเชื้อเพลิงและวัสดุที่จำหน่ายให้กับประชาชน

(4) การเผาของเสีย ทั้งที่เป็นเตาเผาขยะมูลฝอยที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐาน และการเผาของเสียในที่โล่ง อาจมีการปล่อยสารพิษ เช่น ไดออกซินซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งและมลพิษอากาศอื่น ๆ

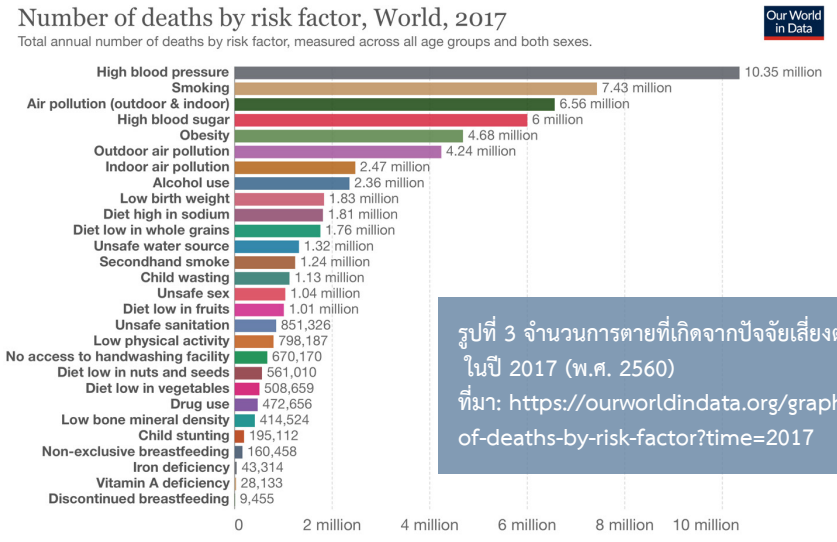
(5) แหล่งกำเนิดมลพิษทั่วไป (Fugitive emission sources) เช่น ก๊าซจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย บ่อบำบัดน้ำเสีย

จะเห็นว่ามลพิษอากาศที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ มาจากความต้องการใช้พลังงานของเรานั่นเอง การใช้ไฟฟ้า การใช้ยานพาหนะต่าง ๆ ในการเดินทาง ความต้องการใช้สินค้าอุปโภค-บริโภคต่าง ๆ ที่ผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรม แม้แต่ไฟป่าบางครั้งก็เกิดจากการกระทำของมนุษย์ มลพิษอากาศจึงเกิดจากการกระทำของเราเอง ดังนั้น เราเองก็ต้องร่วมมือกันลดการปล่อยมลพิษอากาศ

3. มลพิษอากาศกับสุขภาพ

เส้นทางหลักที่สารมลพิษอากาศเข้าสู่ร่างกายได้แก่ ทางเดินหายใจ เนื่องจากมนุษย์ทุกคนต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิต เราจึงต้องหายใจตลอดเวลา อากาศจะผ่านจากจมูกเข้าสู่ทางเดินหายใจจนถึงถุงลมปอดที่ซึ่งมีการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน อากาศที่เข้าสู่ปอดควรมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิของร่างกาย คือ 37 องศาเซลเซียส และต้องเป็นอากาศที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ไม่มีอนุภาคใด ๆ หรือก๊าซมลพิษใด ๆ ตลอดจนจุลชีพต่าง ๆ สิ่งแปลกปลอมทั้งหมดต้องถูกกรองออกจากลมหายใจเข้าและถูกกำจัดก่อนที่จะถึงถุงลมปอด ดังนั้น ทางเดินหายใจของเราจึงถูกสร้างขึ้นให้มีกลไกในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากอากาศที่เราหายใจเข้าสู่ปอดหลายกระบวนการ ตั้งแต่ขนจมูกไปจนถึงถุงลมปอด การอยู่ในที่ที่มีมลพิษอากาศมาก ๆ เป็นเวลานานย่อมทำให้ระบบการกำจัดสิ่งแปลกปลอมของร่างกายเหนื่อยล้าและด้อยประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ โดยเฉพาะโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ

จากข้อมูลของ Our World in Data พบว่ามลพิษอากาศ (ทั้งภายในและภายนอกอาคาร) เป็นปัจจัยเสี่ยงลำดับที่ 3 ของสาเหตุการตายของคนบนโลกนี้ จำนวนถึง 6.56 ล้านคน ในปี 2017 (พ.ศ. 2560)



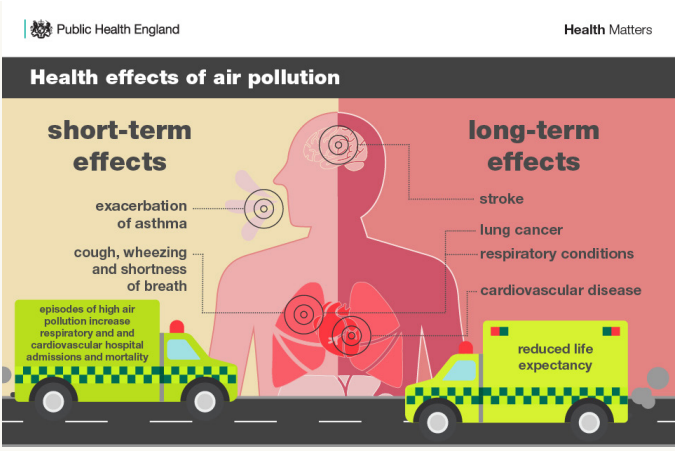
รูปที่ 3 จำนวนการตายที่เกิดจากปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ในปี 2017 (พ.ศ. 2560)
ที่มา: https://ourworldindata.org/grapher/number-of-deaths-by-risk-factor?time=2017

ผลของสารมลพิษอากาศต่อสุขภาพ บางชนิดทำให้เกิดการระคายเคืองตา เช่น มลพิษโอโซน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บางชนิดมีผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และบางชนิดมีผลต่อทางเดินหายใจโดยตรงทำให้เกิดการระคายเคืองทางเดินหายใจ เช่น ฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เนื่องจากทางเดินหายใจเกี่ยวข้องโดยตรงกับการแลกเปลี่ยนก๊าซ ดังนั้น จึงสัมผัสกับสารมลพิษอากาศต่าง ๆ ที่อยู่ในอากาศที่เราหายใจ ทำให้เกิดโรคที่เกี่ยวกับทางเดินหายใจ เป็นต้นว่า หลอดลมอักเสบ ปอดอักเสบ นอกจากนั้น ยังเสริมอาการให้รุนแรงขึ้นในผู้ป่วยโรคหอบหืด และอาจนำไปสู่การเกิดมะเร็งปอดเนื่องจากสารพิษที่ติดอยู่บนฝุ่นละออง

อันตรายเนื่องจากฝุ่นขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ มีมากกว่าฝุ่นขนาดใหญ่ PM_{10} เนื่องจากสามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจลงสู่ถุงลมปอดและกระแสเลือด องค์การอนามัยโลก หรือรู้จักกันในชื่อ WHO ระบุว่าฝุ่นไอเสียดีเซลนั้นจัดเป็นสารก่อมะเร็งในคน ฝุ่นขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ นอกจากมีผลต่อระบบหายใจโดยตรงแล้วยังเป็นสาเหตุให้เสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองและโรคหลอดเลือดหัวใจรวมถึงมะเร็งปอด

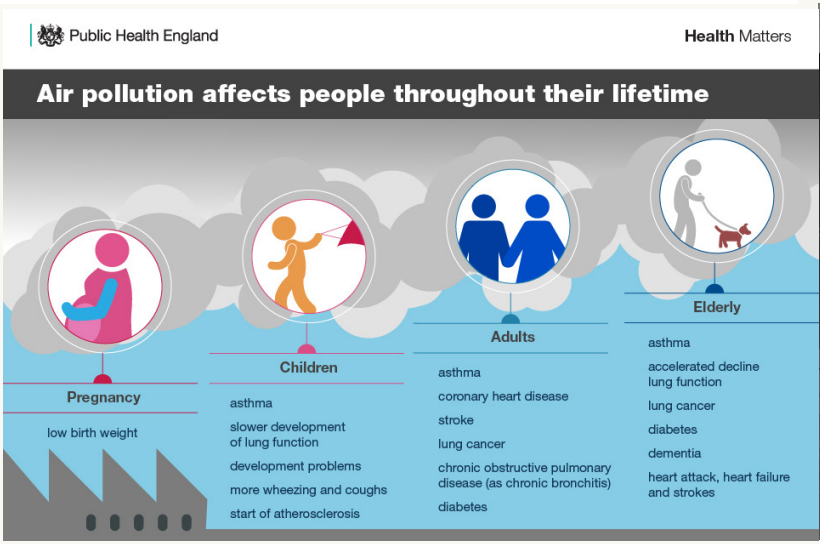
ผลกระทบต่อสุขภาพนั้นมีผลค่อนข้างที่จะแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล กลุ่มที่มีความไวต่อมลพิษสูง ได้แก่

1) ผู้สูงอายุซึ่งกลไกการต้านทานสิ่งแปลกปลอมเริ่มถดถอย 2) เด็กซึ่งมีอัตราการหายใจสูงกว่าผู้ใหญ่จึงรับสารมลพิษอากาศมากกว่าผู้ใหญ่ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมเดียวกัน ขณะเดียวกันกลไกการกำจัดสิ่งแปลกปลอมของเด็กยังอยู่ในช่วงที่กำลังพัฒนายังทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ 3) สตรีมีครรภ์ซึ่งการรับสารมลพิษจะสามารถส่งผ่านถึงทารก และ 4) ผู้ป่วยโรคหัวใจและปอดเรื้อรังจะทำให้อาการกำเริบและอาจเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองและโรคหลอดเลือดหัวใจรวมถึงมะเร็งปอด



รูปที่ 4 ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศ
ที่มา: https://www.gov.uk/government/publications/health-matters-air-pollution/health-matters-air-pollution

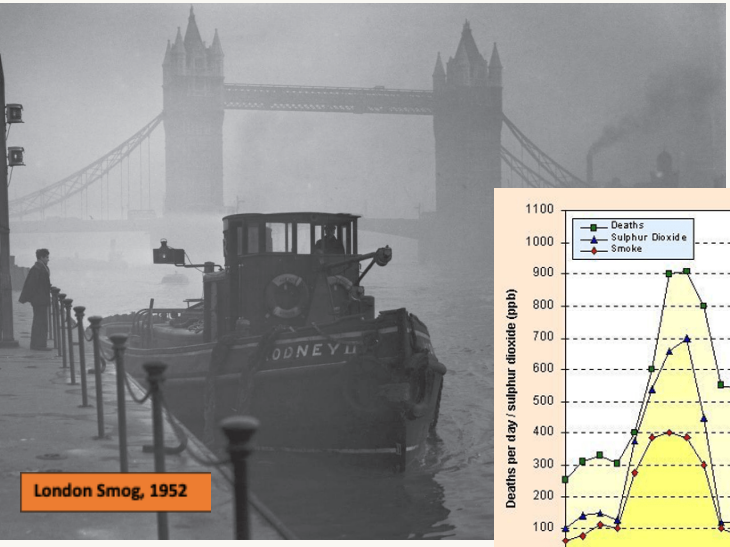
ผลกระทบต่อสุขภาพแสดงอาการทั้งแบบเฉียบพลัน คือแสดงอาการค่อนข้างทันทีที่ได้รับสัมผัสสารมลพิษ เช่น ระคายเคืองตา ไอ เจ็บหน้าอก ปวดศีรษะ ส่วนผลกระทบแบบเรื้อรัง ซึ่งมิได้เกิดอาการในทันที แต่จะแสดงอาการเมื่อได้รับสารมลพิษนั้น ๆ เป็นเวลานานหลายปี อาการที่เกิดขึ้น เช่น ความจุปอดลดลง ปอดอุดกั้น การเกิดมะเร็งปอด เป็นต้น ซึ่งการประเมินผลกระทบของสารมลพิษอากาศต่อสุขภาพได้จากการศึกษาทั้งด้านพิษวิทยา และการศึกษาทางระบาดวิทยา การศึกษาทางพิษวิทยาหมายถึงการศึกษาความเป็นพิษในสัตว์ทดลองโดยให้สัตว์ทดลองได้รับสารพิษที่ปริมาณต่าง ๆ และดูผลที่เกิดขึ้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาปรับใช้กับคน ส่วนการศึกษาทางระบาดวิทยาเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดโรคในประชากรกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารมลพิษในอากาศกับสถิติการเกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจที่เพิ่มขึ้นในประชากรในพื้นที่หนึ่ง ๆ



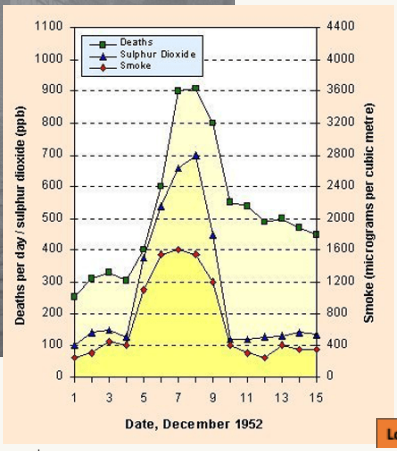
รูปที่ 5 ผลกระทบจากมลพิษอากาศต่อผู้คนในแต่ละช่วงวัย
ที่มา: https://www.gov.uk/government/publications/health-matters-air-pollution/health-matters-air-pollution

4. มลพิษอากาศจากอดีตสู่ปัจจุบัน

มลพิษอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา ตามการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี เช่น ในอดีตมลพิษอากาศเกิดจากการใช้ฟืนหุงหาอาหาร ก่อกองไฟ เกิดฝุ่น เขม่าควัน ต่อมาเมื่อมีการค้นพบถ่านหิน ค้นพบน้ำมันปิโตรเลียม เกิดการสร้างบ้านเมือง สังคมชนบทเปลี่ยนเป็นการใช้ชีวิตในสังคมเมืองที่พึ่งพาการใช้พลังงาน เกิดโรงงานอุตสาหกรรม เกิดการขนส่งด้วยยานพาหนะต่าง ๆ มลพิษอากาศก็เปลี่ยนไป เป็นทั้งฝุ่นละอองขนาดเล็กและก๊าซมลพิษต่าง ๆ และพัฒนาต่อไปเป็นสารที่มีพิษอันตรายร้ายแรงเพิ่มขึ้นจากการสังเคราะห์สารเคมีต่าง ๆ เพื่อใช้อำนวยความสะดวกต่อชีวิตประจำวันของเรา ในอนาคตมลพิษก็คงพัฒนาให้เราได้แก้ปัญหาต่อไป จงเรียนรู้อดีต แก้ไขปัจจุบันเพื่อปกป้องอนาคต ตัวอย่างเหตุการณ์ในอดีตมีมากมายให้เราเรียนรู้ถึงพิษภัยของมลพิษอากาศ



รูปที่ 6 เหตุการณ์ลอนดอนสม็อก ประเทศอังกฤษ ปี ค.ศ. 1952
ที่มา: https://time.com/4554972/great-smog-london-crown-netflix/



รูปที่ 7 จำนวนการตายเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และปริมาณควันจากเหตุการณ์ลอนดอนสม็อก ประเทศอังกฤษ ปี ค.ศ. 1952
ที่มา: https://www.lordgrey.org.uk/~f014/usefulresources/aric/Resources/Teaching_Packs/Key_Stage_4/Air_Quality/02.html

ตารางที่ 1

ตัวอย่างเหตุการณ์ในอดีตเพื่อเรียนรู้ถึงพิษภัยของมลพิษอากาศ

เหตุการณ์ในอดีต	แหล่งกำเนิด	ชนิดมลพิษ	ผลกระทบและความเสียหาย
หุบเขาเมยูส,เบลเยี่ยม 1 ธันวาคม 1930	โรงงานอุตสาหกรรม โรงงานเหล็กและสังกะสี	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และฝุ่นละออง	- เกิดหมอกในฤดูหนาว และเกิดอุณหภูมิผกผันของบรรยากาศ (หมายถึงอากาศสงบ การแพร่กระจายของมลพิษเป็นไปได้ยาก) - เกิดการระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ มีผู้เสียชีวิต 63 คน โดยเริ่มมีผู้เสียชีวิตในวันที่ 2 ของเหตุการณ์
ลอสแองเจลิส สม๊อก, ลอสแองเจลิส สหรัฐอเมริกา (Photochemical smog) ปี 1943	ไอเสียจากการจราจรเกิด ปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลของ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และสารไฮโดรคาร์บอน เมื่อมีแสงแดด	มลพิษที่เกิดจากปฏิกิริยา นี้ส่วนใหญ่คือโอโซน	- ท้องฟ้าโปร่ง แสงแดดจัด แต่อากาศนิ่ง - เกิดการระคายเคืองทางเดินหายใจ
เมืองดอนอร่า ใกล้เมืองพิตต์ สเบอร์ก, เพนซิลเวเนีย สหรัฐอเมริกา 27-31 ตุลาคม 1948	โรงงานเหล็กและสังกะสี	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และฝุ่นละออง	- เกิดหมอกในฤดูหนาว และเกิดอุณหภูมิผกผันของบรรยากาศ - มีผู้เสียชีวิต 20 คน และเจ็บป่วย 6,000 คนจากประชากร 14,000 คน
ลอนดอนสม๊อก, ลอนดอน อังกฤษ (London smog) ปี 1952	การใช้ถ่านหินในโรงงาน อุตสาหกรรมและที่พัก อาศัย	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และฝุ่นละออง	- เกิดสภาวะอากาศสงบนิ่ง และหมอกระดับพื้นดินในฤดูหนาว - เกิดการระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ มีผู้เสียชีวิต 4,000 คน ในช่วงเหตุการณ์หมอกควัน

มลพิษอากาศจากต่างประเทศสู่ประเทศไทย

เราเผชิญกับมลพิษอากาศในหลาย ๆ รูปแบบจากการกระทำของเราเองและมีสภาพบรรยากาศเข้ามาเสริม จากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่นละอองที่มาจากการเผาไหม้โดยตรงจากโรงงานอุตสาหกรรม มาเป็นก๊าซโอโซนซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีในบรรยากาศ ปัจจุบันเราพบกับปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กและฝุ่นละอองที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีหรือที่เรียกว่าฝุ่นทุติยภูมิ

เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ขึ้นในพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วโลกมากมาย ที่นำไปสู่อากาศที่ไม่สะอาด เช่น 26 เมษายน 2529 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เชอร์โนบิล เกิดการระเบิดของเตาปฏิกรณ์ทำให้เกิดการรั่วไหลของฝุ่นกัมมันตรังสีแพร่กระจายไปถึงรัสเซีย เบลารุส และทางเหนือของยุโรป พบสารกัมมันตรังสีปนเปื้อนในธรรมชาติ ทั้งในพืช เนื้อสัตว์ และนมวัว และภายหลังเหตุระเบิด 1 ปี มีผู้เสียชีวิตจากเหตุการณ์นี้เพิ่มเป็น 4,000 คน

ช่วง 3-5 ปีหลังการระเบิด พบผู้ป่วยมะเร็งต่อมไทรอยด์เนื่องจากได้รับสารปนเปื้อนไอโอดีน-131 ที่แฝงมากับนมวัวจากวัวที่กินหญ้าปนเปื้อนสารดังกล่าว ในปี พ.ศ. 2535 เด็ก ๆ ในยูเครนป่วยเป็นมะเร็งต่อมไทรอยด์เพิ่มขึ้น 7 เท่า

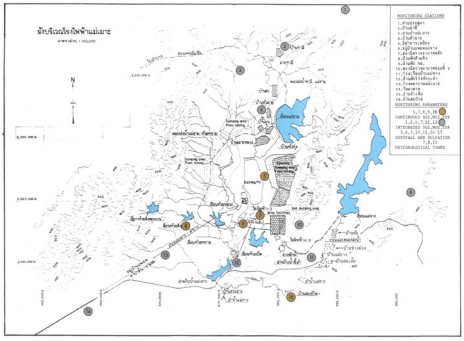
3 ธันวาคม พ.ศ. 2527 เกิดเหตุระเบิดที่โรงงานยูเนียนคาร์ไบด์ เมืองโบพาล อินเดีย เป็นโรงงานผลิตสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เกิดอุบัติเหตุถังเก็บสารเมทธิลไอโซไซยาเนตระเบิด ช่วงหลังเที่ยงคืนย่างเข้าสู่วันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2527 ก๊าซพิษจำนวนมหาศาลฟุ้งกระจายปกคลุมไปทั่วเมือง จากสถิติจำนวนผู้เสียชีวิตที่มีสาเหตุสืบเนื่องจากผลกระทบของอุบัติเหตุครั้งนี้จนถึงปี พ.ศ. 2542 มีจำนวนกว่า 22,000 คน มีการประเมินว่าในช่วงเกิดเหตุนั้นมีผู้ที่ได้รับผลกระทบประมาณ 500,000 คน

ในเดือนตุลาคม 2535 ได้เกิดเหตุการณ์มลพิษอากาศที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของชาวบ้านที่อาศัยอยู่รอบ ๆ โรงไฟฟ้า ตลอดจนทำให้เกิดความเสียหายต่อพืชและสัตว์เลี้ยง สาเหตุเนื่องจากสภาพอากาศที่แปรเปลี่ยนไปจากเดิม เกิดความกดอากาศสูงจากประเทศจีนแผ่ปกคลุมประเทศไทย และสภาพอากาศปิด (Inversion) ทำให้ฝุ่นละอองและก๊าซซัลเฟอร์ด์ออกไซด์ ที่เกิดขึ้นไม่สามารถแพร่กระจายได้เกิดการสะสม (Fumigation-รมควัน) ในบริเวณพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้า สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดลำปาง ได้เปิดเผยจำนวนผู้ป่วยจากมลพิษเฉียบพลันในครั้งนั้นว่ามีผู้ป่วยนอก 1,222 ราย และต้องนอนพักรักษาตัวในโรงพยาบาล 35 ราย และมีผู้ที่มารับการรักษากับหน่วยแพทย์เคลื่อนที่อีก 1,120 ราย อาการที่เกิดขึ้นคืออาการแสบจมูก แสบคอ บางรายวิงเวียนศีรษะ ไอ จามหายใจไม่ค่อยออก แน่นหน้าอก เหตุการณ์ในครั้งนี้เกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 3 ตุลาคม จนถึงวันที่ 5 ตุลาคม อาการดังกล่าวจึงเบาบางลง และจนกระทั่งวันที่ 20 ตุลาคม ก็เกิดเหตุการณ์เช่นเดิมอีก

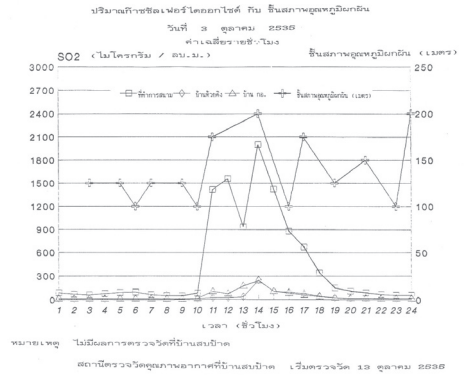
พ.ศ. 2557 เกิดเหตุการณ์ไฟไหม้บ่อขยะ 153 ไร่ ตำบลแพรกษา จังหวัดสมุทรปราการ มีกลุ่มควันไฟหนาแน่นในละแวกใกล้เคียง ตรวจพบก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่นละออง

ขนาดเล็กเกินค่ามาตรฐาน ต้องมีการอพยพประชาชนในรัศมี 1.5 กิโลเมตรออกจากพื้นที่

พ.ศ. 2564 เกิดเหตุถังเคมีในโรงงานผลิตโฟมและพลาสติกในจังหวัดสมุทรปราการระเบิด เกิดเพลิงไหม้ตัวอาคารโรงงานอย่างรุนแรงและมีเสียงระเบิดดังขึ้นเป็นระยะ สาเหตุเพลิงไหม้อาจเกิดจากสารตั้งต้นหลักที่ใช้ในการผลิตพลาสติก คือ เพนเทน (Pentane) และเรซิ่น (RS Resin) ซึ่งสารทั้ง 2 ตัวนี้ เป็นสารอันตรายและไวไฟ เหตุการณ์ครั้งนี้ทำให้เกิดฝุ่นควันแพร่กระจายในบรรยากาศกรุงเทพมหานคร



รูปที่ 8 ผังบริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ
ที่มา: กฟผ. 2535



รูปที่ 9 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กับชั้นสภาพอุณหภูมิผกผัน
ที่มา: กฟผ. 2535

รูปที่ 10 เหตุการณ์ถังเคมีในโรงงานผลิตโฟมและพลาสติกในจังหวัดสมุทรปราการระเบิด ปี พ.ศ. 2564
ที่มา: ภาพจากอินเทอร์เน็ต ไม่ปรากฏชื่อเจ้าของภาพ

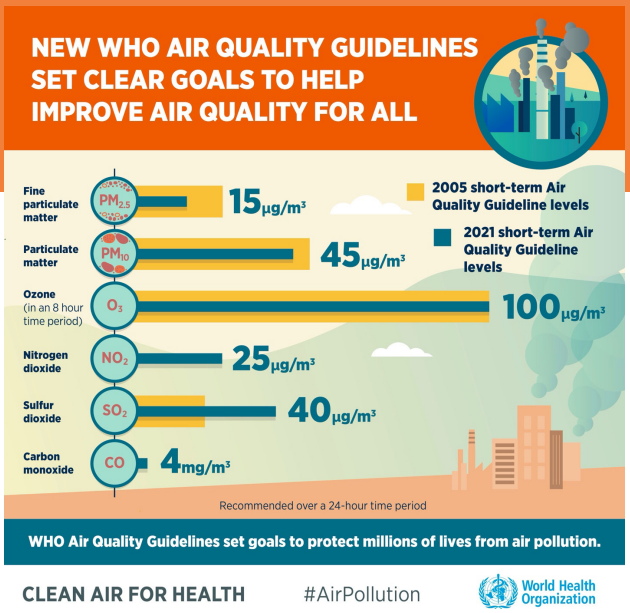
5. ค่าแนะนำเกณฑ์คุณภาพอากาศฉบับใหม่ขององค์การอนามัยโลก (New WHO Air Quality Guidelines)

องค์การอนามัยโลก ได้เปิดเผยว่า 91% ของประชากรบนโลกใบนี้อาศัยอยู่ในสถานที่ที่มีระดับมลพิษอากาศเกินกว่าค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ความเข้มข้นของมลพิษอากาศต่าง ๆ ที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ มาจากผลการศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสุขภาพอนามัยของประชาชนโดยทั่วไป

เมื่อเร็ว ๆ นี้ (ตุลาคม 2564) องค์การอนามัยโลกได้ปรับค่าระดับความเข้มข้นของมลพิษอากาศใหม่ (WHO Global Air Quality Guidelines, 2021) โดยทบทวนจากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของงานวิจัยใหม่ ๆ ข้อมูลอัตราการเสียชีวิตระดับโลก ความรู้ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อสุขภาพของมลพิษอากาศชนิดต่าง ๆ

ค่าแนะนำเกี่ยวกับสารมลพิษในอากาศขององค์การอนามัยโลก ต่อสารมลพิษอากาศ 6 ชนิด ได้แก่ $PM_{2.5}$ PM_{10} โอโซน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ องค์การอนามัยโลกได้ปรับลดค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศ $PM_{2.5}$ PM_{10} และไนโตรเจนไดออกไซด์ ทั้งระยะสั้นและระยะยาวลงจากปี พ.ศ. 2548 มีเพียงซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปรับเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 1 เท่า เนื่องจากมีหลักฐานงานวิจัยสนับสนุนว่าอาจมีความเข้มงวดมากเกินไป

จากค่าแนะนำใหม่จะเห็นว่า องค์การอนามัยโลกได้ปรับลดค่าฝุ่นละออง PM_{10} ลง 10% และ 25% สำหรับค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ย 1 ปี ตามลำดับ และปรับลดค่าฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ลง 40% และ 50% สำหรับค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ย 1 ปี ตามลำดับ โดยเฉพาะ ฝุ่น $PM_{2.5}$ ปรับลดลงประมาณครึ่งหนึ่งของค่าเดิม แสดงให้เห็นถึงอันตรายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก “ยิ่งเล็กยิ่งร้าย” พิษภัยของมลพิษอากาศไม่เพียงแต่มีผลต่อทางเดินหายใจเท่านั้น สารเคมีต่าง ๆ ที่เคลือบอยู่บนผิวของฝุ่นละอองนำไปสู่การเกิดมะเร็ง ฝุ่นขนาดเล็กไม่เพียงแต่เข้าถึงถุงลมปอดและมีผลต่อโรคทางเดินหายใจเท่านั้น ยังเข้าสู่กระแสเลือดของเราด้วย ดังนั้น ฝุ่นละอองจึงมีผลทั้งต่อปอดและหัวใจของเรา จากการศึกษาจำนวนมากได้เชื่อมโยงการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกับโรคต่าง ๆ ได้แก่ การตายก่อนวัยอันควรด้วยโรคหัวใจและปอด หัวใจวายเฉียบพลัน เป็นต้น ดังนั้น การลดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กลงได้มากเท่าใด ก็เป็นการสร้างเสริมสุขภาพให้กับประชาชนได้มากยิ่ง ๆ ขึ้น



รูปที่ 11 ค่าแนะนำคุณภาพอากาศฉบับใหม่ขององค์การอนามัยโลก
ที่มา: https://www.who.int/multi-media/details/new-who-air-quality-guidelines-set-clear-goals-to-help-improve-air-quality-for-all

ตารางที่ 2

ค่าแนะนำเกณฑ์คุณภาพอากาศฉบับใหม่ขององค์การอนามัยโลก ปี พ.ศ. 2564

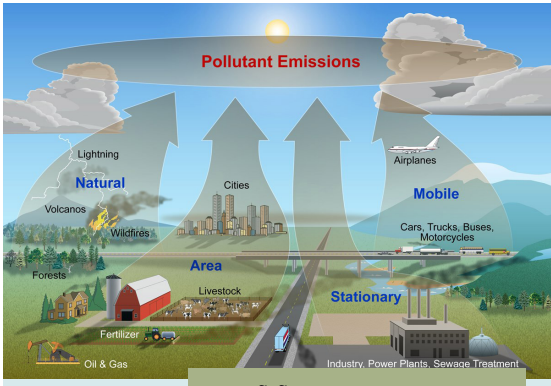
สารมลพิษ	ช่วงเวลา	ค่าแนะนำใน ปี พ.ศ. 2564	ร้อยละที่ปรับลด	ค่าแนะนำใน ปี พ.ศ. 2548 เสียหาย
$PM_{2.5}$	1 ปี	5	50%	10
	24 ชั่วโมง (1)	15	40%	25
PM_{10}	1 ปี	15	25%	20
	24 ชั่วโมง (1)	45	10%	50
O_3	ฤดูที่มี O_3 สูง	60	-	-
	8 ชั่วโมง	100	-	100
NO_2	1 ปี	10	75%	40
	24 ชั่วโมง (1)	25	-	-
SO_2	24 ชั่วโมง (1)	40	ปรับขึ้น 100%	20
CO	24 ชั่วโมง (1)	4	-	-

หมายเหตุ

1) เปอร์เซนไทล์ที่ 99 (เกินค่ามาตรฐาน 3 ถึง 4 วันต่อปี)
2) ค่าเฉลี่ยสูงสุด 8 ชั่วโมงต่อวัน ในรอบหกเดือนที่มีค่า O_3 สูง
3) หน่วยความเข้มข้นมลพิษอากาศ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

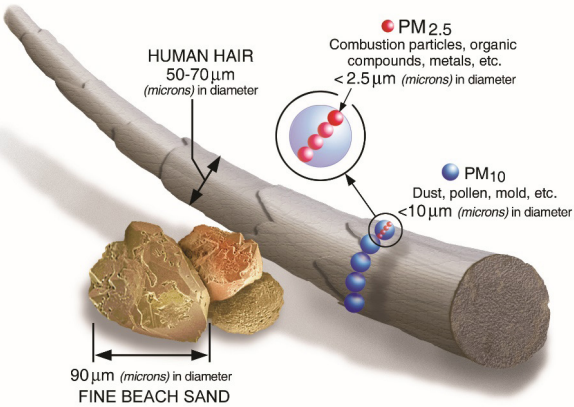
6. มลพิษอากาศมาจากไหน

มลพิษอากาศเกิดได้จากธรรมชาติ และจากกิจกรรมของมนุษย์ จากธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟระเบิดพ่นเถ้าถ่านออกสู่บรรยากาศเป็นระยะทางไกล ๆ เกิดฝุ่นควันและก๊าซพิษ หรือพายุทรายที่พัดเข้าสู่เมือง เช่น เหตุการณ์ที่ปักกิ่ง หรือแม้แต่ละอองเกสรดอกไม้ที่ทำให้เกิดอาการภูมิแพ้ของประชากรในหมู่บ้านในชนบท กิจกรรมใด ๆ ที่ระบายฝุ่น ควัน และก๊าซออกสู่บรรยากาศและทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของเรา จัดเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศทั้งสิ้น แต่กิจกรรมต่าง ๆ ที่สำคัญและต้องร่วมมือกันลดการปลดปล่อยมลพิษคือมลพิษอากาศที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งมาจากความต้องการใช้พลังงานของเรานั่นเอง การใช้ไฟฟ้า การใช้ยานพาหนะต่าง ๆ ในการเดินทาง ความต้องการใช้สินค้าอุปโภค-บริโภคต่าง ๆ ที่ผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรม แม้แต่ไฟป่าบางครั้งก็เกิดจากการกระทำของมนุษย์ มลพิษอากาศจึงเกิดจากการกระทำของเราเอง ดังนั้นเราเองต้องร่วมมือกันลดการปล่อยมลพิษอากาศ



O_3	โอโซน
PM_{10}	ฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน
$PM_{2.5}$	ฝุ่นขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน
CO	คาร์บอนมอนอกไซด์
SO_2	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
NO_2	ไนโตรเจนไดออกไซด์

รูปที่ 12 แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ
ที่มา: https://www.nps.gov/subjects/air/sources.htm

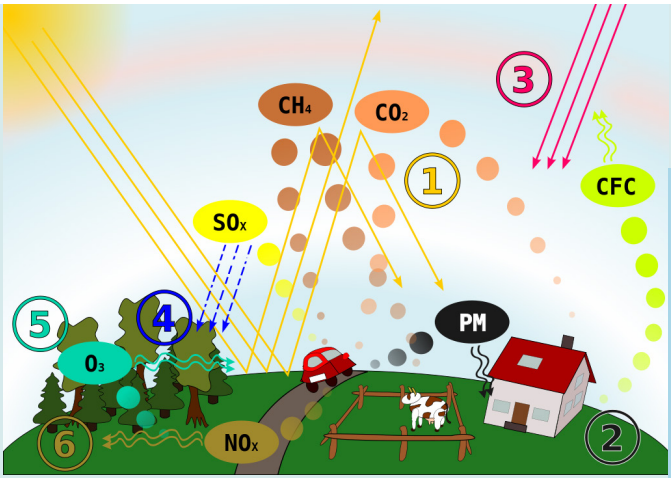


รูปที่ 13 เปรียบเทียบขนาดอนุภาคฝุ่นละออง
ที่มา: https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics

สารมลพิษอากาศอาจจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ฝุ่นละออง และก๊าซ ซึ่งมีสถานะของสารที่แตกต่างกัน ฝุ่นละอองหรืออนุภาค เป็นได้ทั้งของแข็งและของเหลวที่ฟุ้งกระจายในบรรยากาศ โดยทั่วไปฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศมีตั้งแต่ขนาดเล็ก 0.001 ไปจนถึง 100 ไมครอน ส่วนก๊าซมีขนาดเท่ากับโมเลกุลของก๊าซนั้น ๆ ขนาดของสารที่แตกต่างกันทำให้มีความแตกต่างในพฤติกรรมการฟุ้งกระจายในอากาศ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก เช่น $PM_{2.5}$ แขวนลอยในอากาศได้เป็นเวลานาน และเดินทางไปได้ไกล ๆ จากแหล่งกำเนิด และกระเจิงแสงได้ดีทำให้เราเห็นบรรยากาศขมุกขมัวไม่แจ่มใส หรือเรียกว่าทัศนวิสัยต่ำ เช่น ทุกครั้งที่เกิดสภาวะการสะสมตัวของฝุ่น $PM_{2.5}$ ในกรุงเทพมหานครเราจะเห็นบรรยากาศขมุกขมัว และการเข้าสู่ร่างกายของฝุ่นขนาดเล็กจะผ่านทางเดินหายใจเข้าถึงถุงลมปอด หลบหลีกกระบวนดักฝุ่นของทางเดินหายใจได้ง่าย สามารถแทรกผ่านช่องว่างของเซลล์เข้าสู่กระแสเลือด จึงไม่เพียงมีผลต่อระบบหายใจแต่มีผลถึงระบบหัวใจและหลอดเลือด และสารเคมีที่อยู่บนฝุ่นละอองอาจนำไปสู่มะเร็งปอดด้วย

ฝุ่นละอองอาจเกิดจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นดิน หรือกระบวนการบดย่อยวัสดุ ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นขนาดใหญ่ ประมาณ 10 ถึง 100 ไมครอน หรือเกิดจากการสันดาปของเชื้อเพลิง เช่น ไอเสียรถยนต์ ซึ่งเป็นฝุ่นขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน หรือเกิดจากการฟุ้งกระจายของของเหลวจากกระบวนการทางอุตสาหกรรม เช่น ละอองกรด

ก๊าซรวมถึงไอระเหยของสารเคมีที่เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซ ก๊าซมลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ สารไฮโดรคาร์บอนหรือสารอินทรีย์ระเหย นอกจากนี้ยังมีสารเคมีอีกมากมายหลายพันหลายหมื่นชนิด ซึ่งมีความเป็นพิษที่แตกต่างกัน เนื่องจากเรามีการสังเคราะห์สารเคมีชนิดใหม่ ๆ ในแต่ละปีจำนวนมากซึ่งยังไม่มีข้อมูลความเป็นพิษที่ครบถ้วน



(1) ภาวะเรือนกระจก
(2) การปนเปื้อนของอนุภาค
(3) รังสียูวีที่เพิ่มขึ้น
(4) ฝนกรด
(5) ความเข้มข้นของโอโซนระดับพื้นดินที่เพิ่มขึ้น
(6) ระดับของไนโตรเจนออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น

รูปที่ 14 ผลกระทบของสารเคมีต่างๆ ในอากาศต่อสิ่งแวดล้อม
ที่มา: https://www.wikiwand.com/en/Air_pollution

7. ธรรมชาติเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศได้หรือไม่

การเกิดมลพิษอากาศบางชนิดไม่ได้ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดโดยตรงแต่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีในบรรยากาศ เช่น มลพิษโอโซนในบรรยากาศเกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมิคัล (ปฏิกิริยาที่มีแสงแดดเข้ามาเกี่ยวข้อง) ของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และสารอินทรีย์ระเหยที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ สู่อากาศ โดยเฉพาะจากการจราจร จากโรงงานอุตสาหกรรม และจากต้นไม้บางชนิดที่สามารถปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) เช่น Isoprene, α-pinene, Limonene ออกสู่บรรยากาศ สารเหล่านี้ยังมีศักยภาพสูงในการเกิดโอโซน ในสหภาพยุโรปมีการประมาณการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากกิจกรรมต่าง ๆ และพบว่า 50% ของปริมาณการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ มาจากสิ่งมีชีวิต Biogenic VOCs (BVOCs) ในสหรัฐอเมริกามีการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากป่าผลัดใบและป่าสน (Deciduous & coniferous forest) พบว่ามีการระบายสาร Isoprene, α-pinene และสาร Monoterpenes อื่น ๆ ในกรุงเทพมหานครเคยมีการเก็บตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยในอากาศและวิเคราะห์แยกชนิด พบว่าในจุดเก็บตัวอย่างที่มีต้นไม้จำนวนมากจะพบ Isoprene ในระดับที่สูงกว่าจุดเก็บตัวอย่างริมถนน

อย่างไรก็ตาม ต้นไม้ก็ยังมีประโยชน์มากกว่า เพราะช่วยในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกในการทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น จากการประชุม COP26 มีมติให้ทุกประเทศร่วมมือกันไม่ตัดไม้ทำลายป่าให้ได้ภายในปี 2030

การเกิดกลิ่นที่รุนแรงของดอกไม้จากต้นไม้บางชนิด เช่น พญาสัตบรรณ หรือที่เรียกทั่วไปว่าต้นตีนเป็ด ซึ่งปลูกไว้บริเวณเกาะกลางถนน ทำให้ประชาชนที่สัญจรไปมาหรือผู้ที่มีบ้านเรือนในบริเวณนั้นเกิดอาการคลื่นไส้อาเจียน ก็จัดว่าเป็นมลพิษอากาศ แต่ไม่ได้เกิดทุกวันตลอดปี เหมือนการปลดปล่อยมลพิษจากกิจกรรมของมนุษย์

ในปี พ.ศ. 2559 รัฐวิคตอเรีย ประเทศออสเตรเลีย ประชาชนในชนบทแห่งหนึ่งเกิดอาการหอบหืดเนื่องจากเกิดอาการภูมิแพ้ละอองเกสรดอกไม้ และถูกตั้งชื่อว่า Thun-

derstorm asthma เพราะลมพายุได้พัดพาเอาละอองเกสรของต้นข้าวไรซ์มาด้วย ทำให้ผู้ที่สูดดมเข้าไป มีอาการหายใจไม่ออก เกิดภูมิแพ้เฉียบพลัน มีอาการวิงเวียนศีรษะ อาเจียนและชัก มีผู้เข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลด้วยอาการภูมิแพ้ 8,000 คน และเสียชีวิตลง 8 คน ในช่วงที่เกิดพายุดังกล่าว เนื่องจากการแพ้เกสรดอกไม้ ละอองเกสรดอกไม้จึงจัดเป็นมลพิษอากาศในกรณีนี้ หรือพายุทรายที่หอบเอาเม็ดทรายจากทะเลทรายโกบีเข้ามาสู่กรุงปักกิ่งทำให้ประชาชนในกรุงปักกิ่งไม่สามารถออกจากบ้านมาใช้ชีวิตอย่างปกติสุขได้ และเกิดอาการหายใจลำบาก กรณีนี้ก็จัดเป็นมลพิษอากาศ แต่มลพิษอากาศจากธรรมชาติมักเกิดเป็นครั้งคราวเป็นฤดูกาล

ไฟป่าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากหลายสาเหตุ เช่น ฟ้าผ่า กิ่งไม้เกิดการเสียดสีกัน การลุกไหม้ในตัวเอง (Spontaneous combustion) ไฟป่าก็ทำให้เกิดฝุ่นละอองควัน ฟุ้งปลิว ก่อให้เกิดความรำคาญและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ไฟป่าก็จัดเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศโดยธรรมชาติ แต่การที่มนุษย์เป็นคนจุดไฟเผาป่าอาจทำให้เกิดไฟป่าและความเสียหายต่อป่าอย่างรุนแรง และเป็นแหล่งกำเนิดของฝุ่นควันที่สำคัญของพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย การบริหารจัดการไฟป่าทั้งที่เกิดโดยธรรมชาติและโดยน้ำมือของมนุษย์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการรักษาอากาศให้สะอาดเพื่อสุขภาพของเรา

ภูเขาไฟระเบิด ทำให้เกิดเถ้าถ่าน ฝุ่นละออง หมอกควันล่องลอยในอากาศ และสามารถฟุ้งกระจายไปได้ไกลมากเนื่องจากแรงระเบิดของมัน นอกจากเถ้าถ่านฝุ่นละอองจำนวนมากถูกปล่อยออกสู่อากาศแล้ว ยังเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไปได้เป็นกรดซัลฟูริคและอนุภาคซัลเฟต ซึ่งเป็นมลพิษอากาศทั้งสิ้น

ต้นไม้ ป่าไม้ ภูเขาไฟ เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษโดยธรรมชาติ แต่ก็เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวเป็นฤดูกาลหรือนาน ๆ จะเกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม ต้นไม้และป่าไม้ก็ยังมีประโยชน์ต่อเราอย่างมากมาย ช่วยรักษาสมดุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ช่วยรักษาสมดุลของระบบนิเวศซึ่งเป็นโลกของเรา

รูปที่ 15 เหตุการณ์ไฟป่า ณ อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จ.เลย เมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563
ที่มา: ประชาสัมพันธ์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

8. กิจกรรมของเราคือแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่สำคัญ

มลพิษอากาศมีแหล่งกำเนิดทั้งจากธรรมชาติ และจากการกระทำของมนุษย์ แหล่งกำเนิดที่มาจากการกระทำของมนุษย์นั้นสำคัญมากเพราะเกิดขึ้นตลอดเวลาตราบเท่าที่เราทุกคนยังคงมีกิจกรรมต่าง ๆ แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่เกิดขึ้น อาจแบ่งเป็นแหล่งกำเนิดแบบอยู่กับที่ (Stationary sources) ได้แก่ แหล่งกำเนิดจำพวก โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ รวมทั้งโรงไฟฟ้า แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile sources) เช่น ยานพาหนะต่าง ๆ ทั้งทางบกและทางน้ำ และแหล่งกำเนิดที่เป็นบ้านเรือน พื้นที่เกษตรกรรม การเผาในที่โล่ง สถานีบริการน้ำมันหรือปั๊มน้ำมัน ลานถังเก็บน้ำมัน (Tank farm) ถังเก็บสารเคมี เราจัดให้เป็นแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่

จะเห็นว่ากิจกรรมของเราเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานทั้งสิ้นโดยเฉพาะการขนส่งและการจราจร การผลิตพลังงานไฟฟ้า การอุปโภคบริโภคสินค้าต่าง ๆ ที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือเกษตรกรรมก็มีการปลดปล่อยมลพิษอากาศทั้งสิ้น

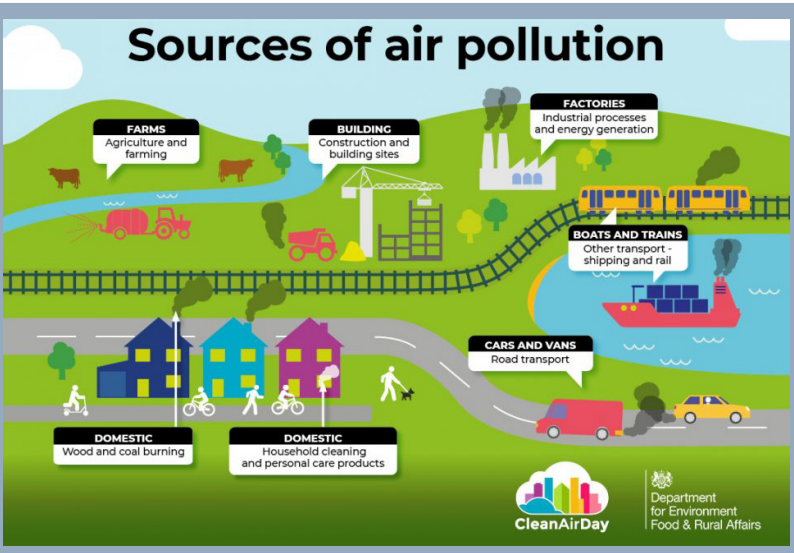
โรงงานอุตสาหกรรมเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่สำคัญประเภทหนึ่ง มลพิษอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรมเกิดจากกิจกรรมหลัก 2 ประการ คือ จากจุดต้นกำลัง เช่น หม้อไอน้ำ ซึ่งมีการใช้เชื้อเพลิงเพื่อสร้างไอน้ำ หรือพลังงานความร้อน และส่วนที่ 2 จากกระบวนการผลิต จุดปล่อยมลพิษอากาศจากโรงงานต่าง ๆ มีทั้งจุดปล่อยเฉพาะ คือ ปล่องควัน หรือมาจากถังเก็บสารเคมี จากสาย

การผลิต การรั่วของสารระเหยจากเครื่องจักร อุปกรณ์ การขนถ่ายวัตถุดิบ หรือแม้แต่จากระบบบำบัดน้ำเสีย ปล่องควันขนาดใหญ่จัดให้เป็นแหล่งกำเนิดแบบจุด (Point sources) ส่วนการปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิตบางกรณีไม่มีปล่อยระบาย แต่ฟุ้งกระจายจากหลาย ๆ จุด จัดเป็นการระบายมลพิษแบบพื้นที่ มลพิษอากาศหลัก ๆ ได้แก่ ฝุ่นละออง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และสารเคมีต่าง ๆ จากกระบวนการผลิตของแต่ละอุตสาหกรรม

ยานพาหนะต่าง ๆ เป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศที่เคลื่อนที่ มลพิษอากาศจากยานพาหนะเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์และการระเหยของเชื้อเพลิง มลพิษอากาศจากยานพาหนะ มีทั้งส่วนที่ปล่อยจากไอเสีย ได้แก่ ฝุ่นละออง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และสารไฮโดรคาร์บอนรวมทั้งที่ระเหยจากถังน้ำมันและเครื่องยนต์

แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ เช่น การใช้เชื้อเพลิงในบ้านเรือนที่พักอาศัย อาคารพาณิชย์ต่าง ๆ มลพิษส่วนใหญ่ก็เป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงในที่พักอาศัย ตลาด สถานประกอบการขนาดเล็ก เช่น อู่พ่นสีรถยนต์ มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยชนิดต่าง ๆ จากตัวทำละลาย ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด ผลิตภัณฑ์ดูแลอนามัยส่วนบุคคล เป็นต้น

การเผาในที่โล่ง ได้แก่ ไฟป่า การเผาในพื้นที่เกษตรกรรม การเผาขยะมูลฝอย การเผาหลุมฝังกลบขยะ การเผาหญ้าในพื้นที่ว่างเปล่าหรือริมทาง ไม่ว่าจะโดยตั้งใจหรือไม่ก็ตามล้วนเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่สำคัญที่ต้องช่วยกันหลีกเลี่ยงและเฝ้าระวัง

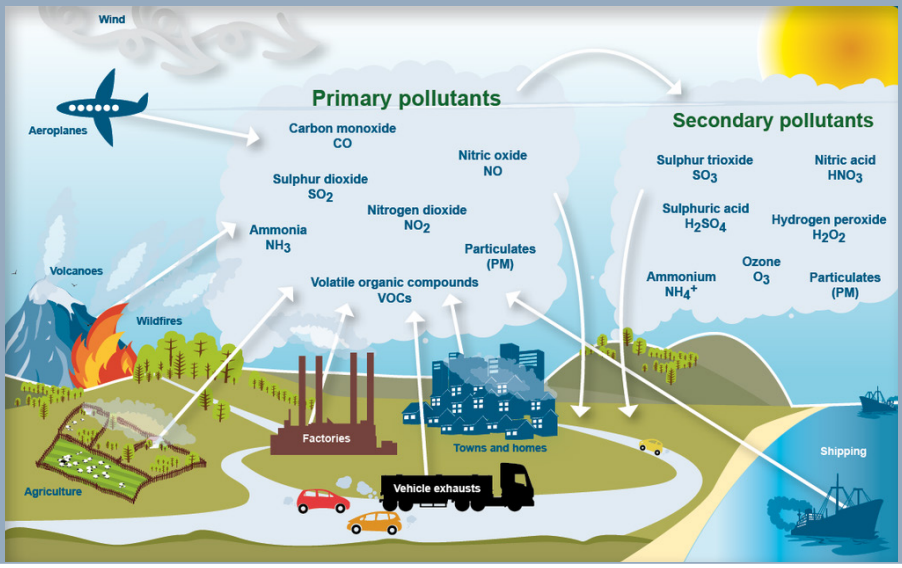


รูปที่ 16 แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ
ที่มา: https://www.sustainable-overton.org.uk/clean-air-day

9. สารมลพิษอากาศมีลำดับด้วยหรือ
“Primary and Secondary Air Pollutants”

ในการจัดการควบคุมสารมลพิษอากาศ เราจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้แหล่งที่มาของสารแต่ละชนิดเพื่อจะได้จัดการได้ตรงจุดและถูกต้อง ดังคำกล่าวที่เรามักได้ยินอยู่เสมอว่า “รู้เขารู้เรา รบร้อยครั้งชนะร้อยครั้ง”

มลพิษที่ออกจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เราจัดให้เป็น Primary air pollutants หรือมลพิษอากาศปฐมภูมิ เช่น อนุภาคฝุ่นที่ระบายออกจากแหล่งกำเนิดโดยตรง หรือก๊าซต่าง ๆ ที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน

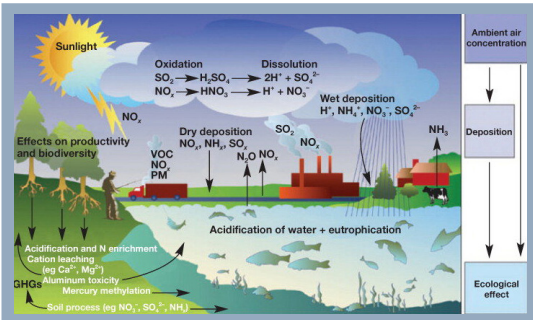


รูปที่ 17 สารมลพิษอากาศ
ที่มา: https://www.mrgscience.com/ess-topic-63-photochemical-smog.html

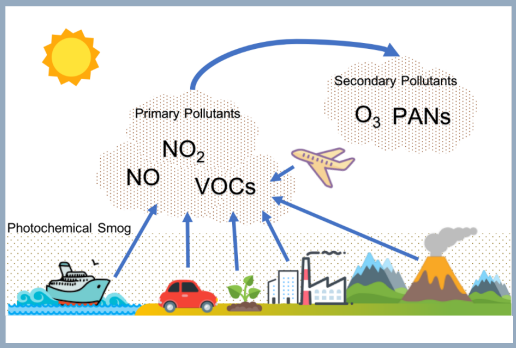
ในย่อหน้าก่อนหน้านี้ ใช้คำว่า อนุภาคฝุ่นที่ระบายออกจากแหล่งกำเนิดโดยตรง และก๊าซต่าง ๆ ที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดโดยตรง ก็เพราะว่าในบรรยากาศ มีอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีในอากาศด้วยเรียกว่า Secondary Organic Aerosol (SOA) และก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีในอากาศ เช่น ก๊าซโอโซน สารเหล่านี้จัดเป็นมลพิษอากาศทุติยภูมิ

มลพิษอากาศปฐมภูมิ เมื่อถูกปลดปล่อยออกจากแหล่งกำเนิด แพร่กระจายไปในอากาศ รวมตัวกับออกซิเจนและความชื้นในอากาศ อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีไปเป็นสารเคมีอีกชนิดหนึ่ง เช่น จากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่ถูกปลดปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดโดยตรง รวมตัวกับความชื้นกลายเป็นกรดซัลฟูริก กรดไนตริก แล้วเกิดปฏิกิริยากับแอมโมเนียในอากาศกลายไปเป็นอนุภาคซัลเฟต อนุภาคไนเตรท มลพิษอากาศที่เกิดขึ้นภายหลังในอากาศนี้ จัดเป็นมลพิษอากาศทุติยภูมิ ซึ่งนอกจากมีผลต่อสุขภาพแล้ว ยังเป็นสาเหตุของการเกิดฝนกรด ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ

มลพิษอากาศทุติยภูมิอีกชนิดหนึ่งซึ่งในปัจจุบันเป็นปัญหารองจากอนุภาคฝุ่นละอองหรือ $PM_{2.5}$ คือโอโซน มลพิษอากาศโอโซนเกิดจากสารตั้งต้นคือ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และสารอินทรีย์ระเหยที่ถูกระบายออกสู่อากาศ เมื่อมีแสงแดดจะเกิดปฏิกิริยาได้เป็นมลพิษโอโซน และสารออกซิแดนท์ที่เป็นมลพิษอากาศอีกหลายชนิด และเกิด Secondary organic aerosol ซึ่งเป็นอนุภาคทุติยภูมิ มลพิษโอโซนนี้จะเกิดในเวลากลางวันเมื่อมีแสงแดด การควบคุมมลพิษโอโซนต้องควบคุมที่สารตั้งต้นของก๊าซโอโซนคือควบคุมการระบายของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และสารอินทรีย์ระเหยจากแหล่งกำเนิด



รูปที่ 18 ผลกระทบทางนิเวศวิทยาที่เกิดจากมลพิษอากาศ
ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/Simplified-diagram-of-the-ecological-effects-caused-by-nitrogen-and-sulfur-air-pollution_fig3_233586473



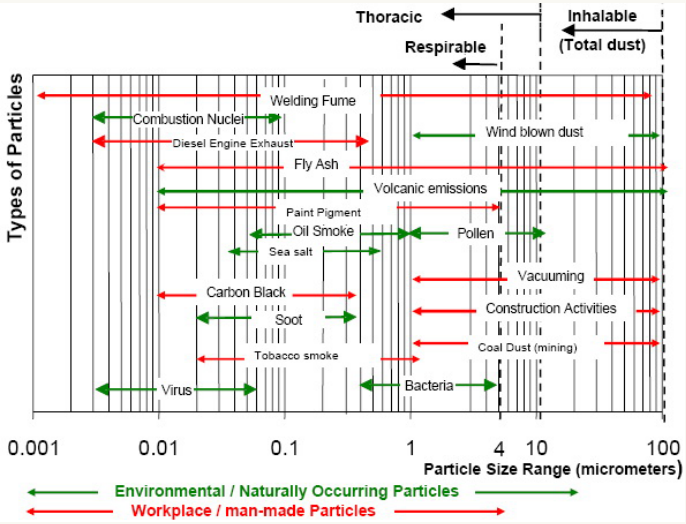
รูปที่ 19 การเกิดโอโซน และ PAN เนื่องจากปฏิกิริยาโฟโตเคมิคัล
ที่มา: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Photochemical_smog_formation.png#/ media/File:Photochemical_smog_formation.png

PM 2.5 Sources

10. มลพิษอากาศหลัก (Criteria Air Pollutants) คืออะไร

มลพิษอากาศหลัก (Criteria Air Pollutants) คือมลพิษอากาศที่มีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง จากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์และโรงงานอุตสาหกรรม และบางชนิดมาจากปฏิกิริยาเคมีในบรรยากาศ มลพิษอากาศหลัก ได้แก่ ฝุ่นละออง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซโอโซน ซึ่งมีการกำหนดค่ามาตรฐานที่ปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของเรา

ฝุ่นละอองมาจากกิจกรรมต่าง ๆ มากมาย ฝุ่นจากการก่อสร้าง ฝุ่นจากโรงงานอุตสาหกรรมทั้งจากการใช้เชื้อเพลิงและจากกระบวนการผลิต ฝุ่นจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ของยานพาหนะ การเผาทั้งหลายล้วนก่อให้เกิดฝุ่นละอองทั้งสิ้น ฝุ่นละอองมีขนาดต่างๆตามแต่กิจกรรมต่าง ๆ ตั้งแต่ 100 ไมครอน (0.1 มิลลิเมตร) ลงไปจนถึงขนาดนาโนเมตร ดังนั้นเราจึงมีการระบุฝุ่นตามขนาด ได้แก่ ฝุ่นรวม (TSP) ฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) และฝุ่นขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)



รูปที่ 20 ขนาดและชนิดของฝุ่นจากแหล่งต่าง ๆ
ที่มา: Popescu, F., & Ionel, I., 2010

การเผาไหม้เชื้อเพลิงนอกจากเกิดฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ แล้ว ยังเกิดก๊าซต่าง ๆ ด้วย ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ถ้าเผาไหม้สมบูรณ์ก็จะเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) เป็นก๊าซที่ทำให้เกิดสภาวะโลกรวนเป็นภัยคุกคามมนุษย์อีกรูปแบบหนึ่ง ถ้าในเชื้อเพลิงมีกำมะถันปนอยู่ เช่น ถ่านหิน น้ำมันดีเซล ก็จะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตัวเชื้อเพลิงจัดเป็นสารอินทรีย์จึงมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ สารไฮโดรคาร์บอนหรือสารอินทรีย์ระเหยจากเชื้อเพลิงประเภทน้ำมันที่เผาไหม้ไม่หมด สารต่าง ๆ ดังกล่าวถูกปลดปล่อยเข้าสู่บรรยากาศแพร่กระจายไปตามลม ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และสารอินทรีย์ระเหยในอากาศทำปฏิกิริยาเคมีในบรรยากาศโดยมีแสงแดดเป็นตัวกระตุ้นเกิดเป็นก๊าซโอโซนซึ่งเป็นมลพิษอากาศเช่นเดียวกัน

ดังที่กล่าวมากิจกรรมการใช้พลังงานและการใช้ชีวิตของเราทำให้เกิดสารมลพิษอากาศหลัก ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนหรือสารอินทรีย์ระเหย และโอโซน เพื่อปกป้องอากาศที่เราหายใจจึงจำเป็นต้องมีเกณฑ์ค่าความเข้มข้นที่ปลอดภัยของสารมลพิษอากาศที่กล่าวข้างต้น ประเทศต่างๆ จะกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของสารมลพิษอากาศหลักไว้ ซึ่งอาจแตกต่างกันตามแต่ระดับมลพิษ สภาพเศรษฐกิจและสังคมของแต่ละประเทศ และองค์การอนามัยโลกให้ค่าแนะนำ (และค่าเป้าหมายชั่วคราว) ซึ่งโดยทั่วไปจะเข้มงวดกว่าค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศ

ตารางที่ 3

เปรียบเทียบค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของไทยและต่างประเทศ

สารมลพิษ	ช่วงเวลา	ค่าแนะนำ องค์การอนามัยโลก	ไทย	สหรัฐอเมริกา	ยุโรป	สิงคโปร์
ฝุ่นละอองรวม (TSP) (ug/m^3)	ค่าเฉลี่ยรายปี	-	100	-	-	-
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	-	330	-	-	-
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) (ug/m^3)	ค่าเฉลี่ยรายปี	5	25	12	25	12
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	15	50	35	-	37.5
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) (ug/m^3)	ค่าเฉลี่ยรายปี	15	50	-	40	20
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	45	120	150	50	50
แก๊สโอโซน (O_3) (ug/m^3)	ค่าสูงสุด 8 ชั่วโมง	100	140 (≤0.07 ppm)	138 (0.070 ppm)	120	100
	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	100	200 (≤0.10 ppm)	138 (0.070 ppm)	120	100
แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) (ug/m^3)	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	-	320 (≤0.17 ppm)	189 (100 ppb)	200	200
	ค่าเฉลี่ยรายปี	10	57 (≤0.03 ppm)	100 (53 ppb)	40	40
	ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง	25	-	-	-	-
แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) (ug/m^3)	ค่าเฉลี่ยรายปี	-	100 (≤0.04 ppm)	-	-	-
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	40	300 (≤0.12 ppm)	-	125	50
	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	-	780 (≤0.3 ppm)	196.32 (75 ppb)	350	-
แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) (ug/m^3)	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	4,000	-	-	-	-
	ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง	-	10,260 (≤9 ppm)	10,307 (9 ppm)	-	1,000 10 (mg/m^3)
	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	-	34,200 (≤30 ppm)	40,082 (35 ppb)	350	3,000 30 (mg/m^3)
ตะกั่ว (Pb) (ug/m^3)	ค่าเฉลี่ย 1 เดือน	-	1.5	-	-	-
	ค่าเฉลี่ย 3 เดือน	-	-	0.15	-	-
	ค่าเฉลี่ยรายปี	-	-	-	0.5	-

ที่มา :

- WHO global air quality guidelines Particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide
- http://pcd.go.th/info_serv/reg_std_airsnd01.html
- https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table
- https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-concentrations/air-quality-standards
- https://www.mse.gov.sg/policies/clean-air

11. สารมลพิษอากาศอันตราย (Hazardous Air Pollutants) คืออะไร

สารมลพิษอากาศอันตราย (Hazardous Air Pollutants -HAP) หรือบางครั้งก็เรียกว่า Toxic air pollutants หรือ Air toxic แตกต่างจากสารมลพิษอากาศหลักคือไม่ได้พบทั่วไป มาจากแหล่งกำเนิดบางประเภทเท่านั้น สารเหล่านี้เป็นมลพิษอากาศที่อาจเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งและก่อให้เกิดผลกระทบที่ร้ายแรงต่อสุขภาพ เช่น มีผลเกี่ยวกับการสืบพันธุ์ แพร่พันธุ์ ทำให้ตัวอ่อนที่เกิดมามีความผิดปกติ องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐ (US EPA) มีการควบคุมสารมลพิษอากาศที่อันตรายถึง 187 ชนิด ตัวอย่างสารที่ US EPA จัดเป็นสารมลพิษอากาศอันตราย ได้แก่ สารเบนซีน (Benzene) ซึ่งพบในน้ำมันเชื้อเพลิง สาร Perchloroethylene ซึ่งระบายออกจากกิจกรรมการซักแห้ง สาร Methylene chloride ซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายและใช้ในการลอกสี ในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท สาร Toluene ใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมสี เป็นต้น ที่กล่าวมาจะเป็นกลุ่มสารอินทรีย์ระเหย นอกจากกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยนี้แล้วยังมีสารกลุ่มอื่น ๆ อีก เช่น สารไดออกซินเป็นสารที่เกิดจากการเผาไหม้สารอินทรีย์ การเผาขยะ เตาเผาศพ แร่ใยหินหรือ Asbestos กลุ่มโลหะหนัก เช่น แคดเมียม ปรอท โครเมียม และสารประกอบตะกั่ว ผู้สนใจสามารถหาอ่านเพิ่มเติมได้ใน https://www.epa.gov/haps

ในประเทศไทยมีการกำหนดค่ามาตรฐานเฉลี่ย 1 ปี ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศทั่วไปไว้ 9 ชนิด ดังนี้

การได้รับสัมผัสสารมลพิษอากาศอันตรายมีผลต่อสุขภาพที่ร้ายแรง ก่อให้เกิดเป็นมะเร็ง ทำลายภูมิคุ้มกันของร่างกาย มีผลต่อระบบประสาท การสืบพันธุ์ (อาจทำให้เป็นหมัน) สารเหล่านี้นอกจากการได้รับสัมผัสจากทางการหายใจคือทางอากาศแล้ว สารเหล่านี้สามารถตกสะสมลงสู่ดินและน้ำ ซึ่งพืชสามารถดึงเข้าสู่ลำต้นเมื่อสัตว์กินพืชสารเหล่านี้ก็จะเข้าสู่สัตว์ จากสัตว์ชนิดหนึ่งสู่สัตว์อีกชนิดหนึ่ง ผ่านการกินเป็นทอด ๆ ในห่วงโซ่อาหาร และความเข้มข้นของสารเหล่านี้ในสิ่งมีชีวิตก็จะสูงขึ้น ๆ ตามห่วงโซ่อาหาร จนถึงอาหารของมนุษย์ ความเข้มข้นก็จะสูงขึ้นมาก

เราได้รับสัมผัสสารมลพิษอากาศอันตรายเข้าสู่ร่างกายอย่างไรได้บ้าง

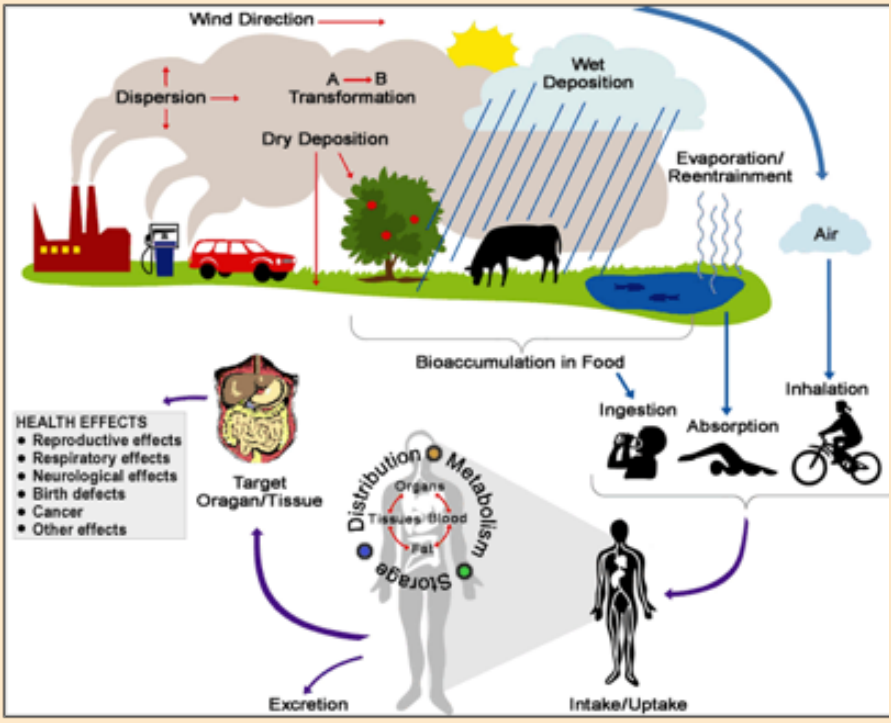
- การหายใจอากาศที่ปนเปื้อนสารมลพิษอากาศอันตรายโดยตรง
- การกินอาหารที่ปนเปื้อน เช่น ปลาจากแหล่งน้ำที่ปนเปื้อน เนื้อสัตว์ นม ไข่ จากสัตว์ที่กินพืชที่ปนเปื้อน ผลไม้และผักที่ปลูกด้วยดินที่ปนเปื้อน ซึ่งทั้งดินและน้ำเป็นแหล่งสะสมสารมลพิษอันตรายที่มาจากอากาศ

- น้ำดื่มที่ปนเปื้อนสารมลพิษอากาศอันตราย

- ดินที่ปนเปื้อนเข้าสู่ปาก เช่น เด็ก ๆ ที่สัมผัสดินที่ปนเปื้อนหรือการหยิบจับวัตถุที่ปนเปื้อนเข้าปาก

- การสัมผัสทางผิวหนัง จากดิน ฝุ่น น้ำที่ปนเปื้อน เช่น ระหว่างสันทนาการทางน้ำในแหล่งน้ำที่ปนเปื้อน

เมื่อสารพิษเข้าสู่ร่างกาย บางส่วนจะไปสะสมที่เนื้อเยื่อของร่างกาย “ผู้ล่าจะสะสมสารพิษในร่างกายด้วยความเข้มข้นที่สูงกว่าเหยื่อ” จึงเป็นเหตุผลที่ว่า คน และสัตว์ที่อยู่ชั้นบนของห่วงโซ่อาหารซึ่งกินปลา กินเนื้อสัตว์ จะได้รับสารพิษในปริมาณความเข้มข้นที่สูงขึ้นกว่าในน้ำ ในอากาศ และในดิน



รูปที่ 21 ผลกระทบของมลพิษอากาศต่อมนุษย์
ที่มา: https://www.in.gov/idem/toxic/health-risks-and-environmental-effects/

12. อย่างไรที่บอกว่าคุณภาพอากาศดี

การที่เรามองไม่เห็นฝุ่น ควัน ไม่ได้หมายความว่าอากาศสะอาด บางครั้งมลพิษอากาศก็เป็นภัยมืดที่มองไม่เห็นจับต้องไม่ได้ การหายใจเอาอากาศที่มีมลพิษเข้าสู่ร่างกายย่อมเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อก่อนหน้านี้ อากาศที่ไม่มีมลพิษเลยคงหาได้ยากยิ่งตราบใดที่เรายังมีกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน แต่ทำอย่างไรให้เกิดมลพิษอากาศน้อย ทำให้ความเข้มข้นที่เรารับสัมผัสนั้นมีค่าต่ำเท่าที่จะทำได้

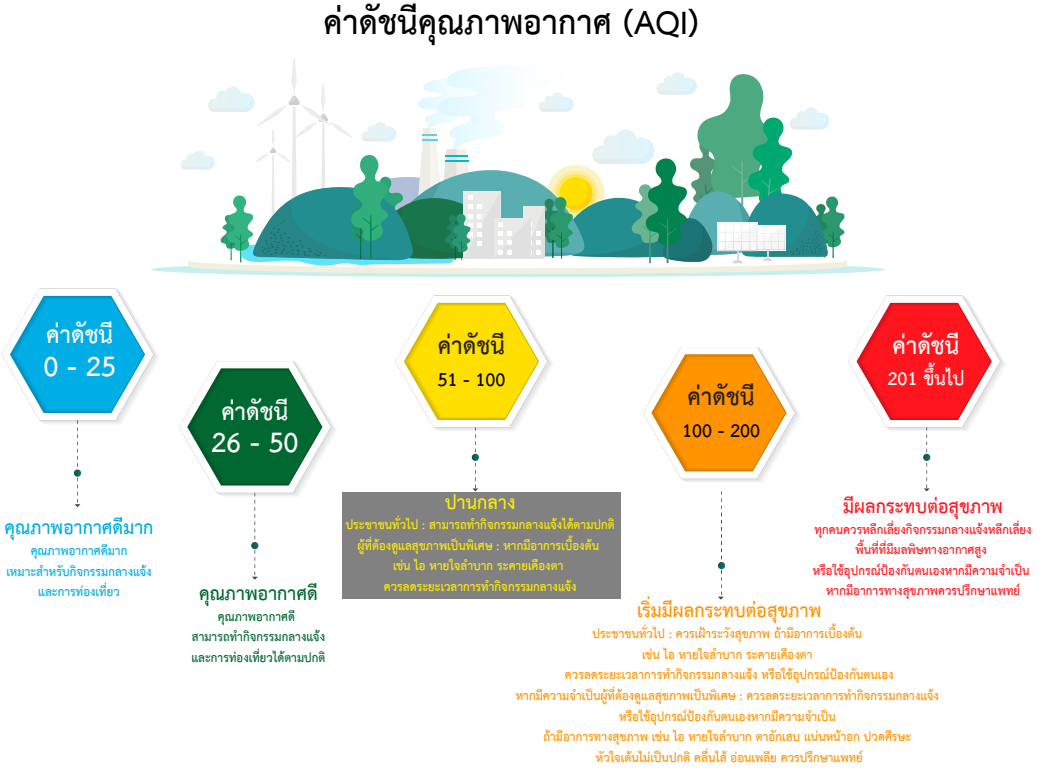
เกณฑ์หรือค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศจึงถูกกำหนดขึ้นเพื่อป้องกันสุขภาพอนามัยของมนุษย์ โดยคิดว่าถ้าเราต้องอยู่ในที่ที่มีความเข้มข้นของมลพิษอากาศระดับหนึ่ง โดยหายใจตลอด 24 ชั่วโมง 365 วัน เป็นเวลา 75-80 ปี (หรือจนแก่ตาย) เราจะยังไม่เกิดโรคเนื่องจากมลพิษอากาศนั้นๆ ในแต่ละประเทศก็จะมีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ โดยอ้างอิงค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก บางประเทศโดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนา อาจกำหนดค่าที่สูงกว่าองค์การอนามัยโลกในขั้นแรกเนื่องจากต้องพิจารณาถึงสภาพเศรษฐกิจและสังคมประกอบกันไปด้วย แล้วค่อย ๆ ปรับปรุงพัฒนามาตรฐานให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ จนเข้าใกล้หรือเทียบเท่าค่าแนะนำขององค์การอนามัย

โลก สำหรับประเทศไทยจัดอยู่ในประเทศที่พยายามจะปรับปรุงมาตรฐานไปสู่ค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก (หาอ่านเรื่องค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลกได้ในตอนที่ 5) ค่ามาตรฐานจะกำหนดเป็นหน่วยความเข้มข้นของมลพิษอากาศ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ ส่วนในล้านส่วน (ppm) หรือ ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) โดยมีระยะเวลากำกับด้วย เช่น ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง เป็นต้น แต่เพื่อให้เข้าใจง่าย ๆ การกำหนดเป็นสีในแอปพลิเคชันหรือสื่อประชาสัมพันธ์ให้คนทั่วไปได้รู้ถึงคุณภาพอากาศในวันนั้น ๆ ก็จะสะดวกและเข้าใจง่าย โดยมีการกำหนดสีที่สื่อถึงระดับคุณภาพอากาศ เช่น สีฟ้า อากาศสะอาดมาก สีเขียวอากาศสะอาด ดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index - AQI) แต่ละสีนี้คำนวณมาจากความเข้มข้นของมลพิษอากาศที่ตรวจวัดได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ โดยให้ค่าดัชนีเท่ากับ 100 เมื่อความเข้มข้นเท่ากับค่ามาตรฐานของมลพิษแต่ละชนิด

ตารางที่ 4 การคำนวณค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI)

AQI	$PM_{2.5}$ (มคก. /ลบ.ม.)	PM_{10} (มคก. /ลบ.ม.)	O_3 (ppb)	CO (ppm)	NO_2 (ppb)	SO_2 (ppb)
	เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง		เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง		เฉลี่ย 1 ชั่วโมง	
0 - 25	0 - 25	0 - 50	0 - 35	0 - 4.4	0 - 60	0 - 100
26 - 50	26 - 37	51 - 80	36 - 50	4.5 - 6.4	61 - 106	101 - 200
51 - 100	38 - 50	81 - 120	51 - 70	6.5 - 9.0	107 - 170	201 - 300
101 - 200	51 - 90	121 - 180	71 - 120	9.1 - 30.0	171 - 340	301 - 400
มากกว่า 200	91 ขึ้นไป	181 ขึ้นไป	121 ขึ้นไป	30.1 ขึ้นไป	341 ขึ้นไป	401 ขึ้นไป

การคำนวณค่าดัชนีคุณภาพอากาศคำนวณจากค่ามลพิษแต่ละชนิดในแต่ละช่วงสี แล้วรายงานเป็นค่าดัชนีของมลพิษแต่ละชนิด ค่า AQI ณ จุดที่มีการรายงาน เป็นค่า AQI สูงสุดที่ได้จากการคำนวณ AQI ของมลพิษอากาศทุกชนิดในพื้นที่และช่วงเวลาที่รายงาน



รูปที่ 22 ค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI)

กรมควบคุมมลพิษ. 2543. ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ การปรับปรุงฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศและการประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. กรุงเทพมหานคร: ซีคอท.

กฤษณะ สนธิมโนธรรม, ธีรดา หวังสมบูรณ์ดี และชุมพล คุณวาสี. 2552. สารอินทรีย์ระเหยง่ายจากพืชในดงหญ้าหวาย ณ อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน และผลที่มีต่อแมลง.

วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, นิตยา มหาผล และธีระ เกรอต. 2540. มลภาวะอากาศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

American Chemical Society. 1969. Claening Our Environmental The Chemical Base for Action. Washington D.C.

American Lung Association. 2017. How your lungs get the job done. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://www.lung.org/blog/how-your-lungs-work [9 ตุลาคม 2564].

Ayres J, Maynard R. Richards R. 2006. Air pollution and health: Air Pollution Reviews-Vol. 3.

Eldon Engar. 2004. Environmental Science: A Study of Interrelationships. 9th ed. McGraw Hill.

European Environment Agency. 2021. Air Pollution [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/air-pollution [1 กันยายน 2564].

Fares, s., Beilli, F., Nogues, I., Velikova, V., Tsonev, T., Dagli, S., and Loreto, F. 2008. Isoprene emission and primary metabolism in Phragmites australis grown under different phosphorus levels. Plant Biology 10 : 38 – 43.

Frank R. Spellman. 2009. The Science of Air: Concepts and Application. 2nd ed. CRC press.

Godish Thad. 2004. Air Quality. 4th ed. Lewis Publishers.

John H. Seinfeld, Spyros N. Pandis. 2006. Atmosphric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. 2nd ed. John Willey & Sons, Inc.

Kenneth Wark, Cecil F. Warner and Wayne T. Davis. 1998. Air Pollution: Its Origin and Control. 3rd ed. Addison-Wesley.

Kourtchev, I., Ruuskanen, T.M., Keronen, P., Sogacheva, L., Dal Maso, M., Reissell, A., Chi, X., Vermeylen, R., Kulmala, M., Maenhaut, W., and Claeys, M. 2008. Determination of isoprene and α–/β-pinene oxidation products in boreal forest aerosols from Hyytiala, Finland: diel variations and possible link with particle formation events. Plant Biology 10 : 138 – 149.

Mackenzie L. Davis and David A. Cornwell. 2008. Introduction to Environmental Engineering. Mc Graw Hill.

Oppenheimer, C., Scaillet, B., Woods, A., Sutton, J. A., Elias, T., and Moussallam, Y. 2018. Influence of eruptive style on volcanic gas emission chemistry and temperature. Nat. Geosci. 11: 678–681.

Peavy, H.S., Rowe, D.R. and Tchobanoglous, G. 1985. Environmental engineering (international ed.) Singapore: McGraw-Hill.

Popescu, F., & Ionel, I. 2010. Anthropogenic Air Pollution Sources. In (Ed.), Air Quality. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/9751.

Richard W. Boubel, Donald L. Fox, D. Bruce Turner and Arthur C. Stern. 1994. Fundamental of Air pollution. 3rd ed. Academic Press.

U.S. Environmental Protection Agency. 2010. STATE RHODE ISLAND AND PROVIDENCE PLANTATIONS DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OFFICE OF AIR RESOURCES AIR POLLUTION CONTROL GENERAL DEFINITIONS REGULATION [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https: //www.epa.gov/sites/default/files/2017-10/documents/ri-aprc-general-definitions.pdf [9 กันยายน 2564].

U.S. Environmental Protection Agency. 2016. Criteria Air Pollutants [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants [29 สิงหาคม 2564].

U.S. Environmental Protection Agency. 2017. What is Particulate Matter? [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://www3.epa.gov/region1/eco/uep/particulatematter.html [29 สิงหาคม 2559].

U.S. Environmental Protection Agency. 2021. Helth and environmental effects of particulate matter. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm [29 สิงหาคม 2563].

U.S. Environmental Protection Agency. 2021. Technical Overview of Volatile Organic Compounds. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://www.epa.gov/vaporintrusion/what-vapor-intrusion [29 สิงหาคม 2563].

U.S. Environmental Protection Agency. 2021. Technical Overview of Volatile Organic Compounds. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://www.epa.gov/sciencematters/linking-air-pollution-and-heart-disease [29 สิงหาคม 2563].

World Health Organization. 2021. Global health estimates: Leading causes of death [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghe-leading-causes-of-death [1 สิงหาคม 2564].

World Health Organization. 2021. WHO global air quality guidelines [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329 [22 กันยายน 2564].

Zelenski, M., Taran, Y., and Galle, B. 2015. High emission rate of sulfuric acid from Bezymianny volcano, Kamchatka. Geophys. Res. Lett. 42, 7005–7013.

ศูนย์วิชาการเพื่อขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ (ศวอ.)
อาคารสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
122/4 ซอยเรวดี (แยกซอยศาสนา 28) ถนนพระราม 6
แขวงพญาไท เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ : 02-617-1530-1 /โทรสาร : 02-279-9720
อีเมล : info@ccas.or.th
เว็บไซต์ : www.ccas.or.th
https://www.facebook.com/CCAS.EEAT

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)
อาคารศูนย์เรียนรู้สุขภาวะ 99/8 ซอยงามดูพลี ถนนพระรามสี่
แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
โทรศัพท์ : 02-343-1500
เว็บไซต์ : www.thaihealth.or.th
https://www.facebook.com/thaihealth