บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผลกระทบจากก๊าซมลพิษของโรงอบลำไยต่อระบบทางเดินหายใจ ผู้ศึกษาได้กำหนดขอบเขตการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังมีหัวข้อต่อไปนี้

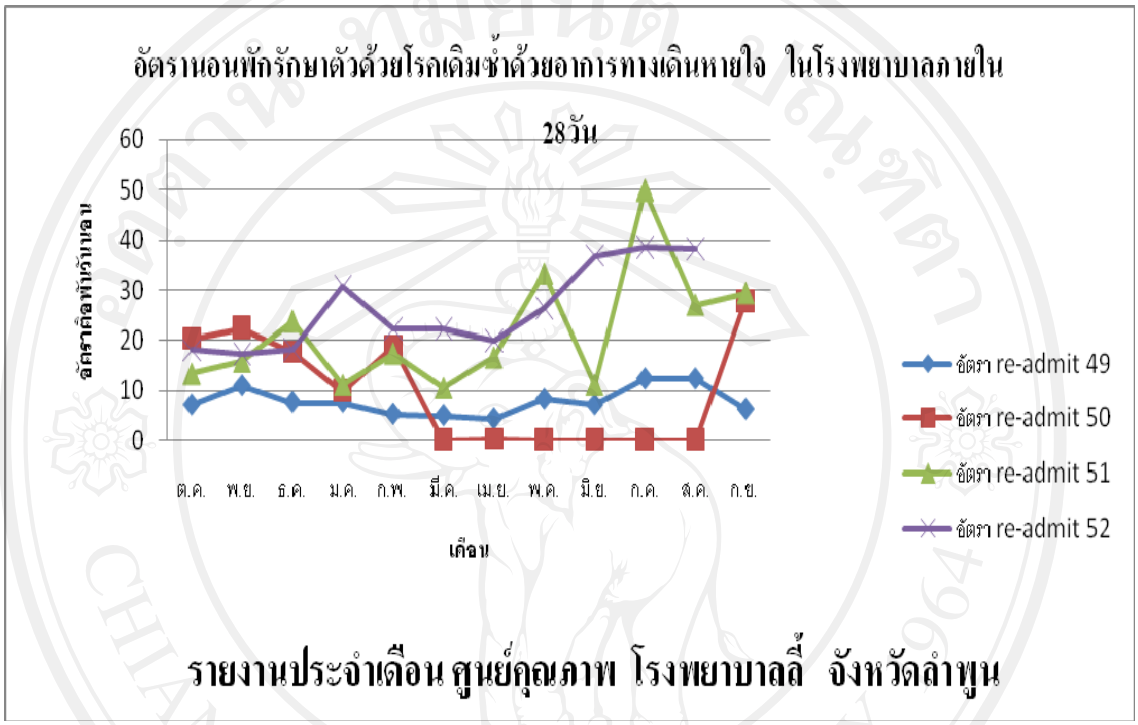
1. สถานการณ์โรคระบบทางเดินหายใจอำเภอลี้
2. กระบวนการอบลำไยด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์
3. อันตรายและผลกระทบจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่นละอองต่อระบบสุขภาพ
4. ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ
    4.1 แหล่งกำเนิดสารมลพิษ (Emission Sources)
    4.2 อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere)
    4.3 ผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptor)
5. สถิติทางระบาดวิทยาผลกระทบมลพิษทางอากาศ

สถานการณ์โรคระบบทางเดินหายใจอำเภอลี้

จากข้อมูลการเจ็บป่วยของโรคระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วยนอก ผู้ป่วยใน และคลินิกโรคเรื้อรังโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่เข้ามารับบริการในโรงพยาบาลลี้ในปี พ.ศ.2551 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปีก่อนหน้านี้ โดยพบว่าผู้ป่วยโรคอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic Obstruction Pulmonary Disease) ช่วงเดือน กรกฎาคม - กันยายน ปี พ.ศ. 2549 - 2552 มีอัตรานอนพักรักษาตัวในโรงพยาบาลด้วยโรคเดิม ซ้ำภายใน 28 วัน คือ 0.15, 11.11, 53.33, 52.23 ต่อวันพันนอน ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 2.1) อัตราป่วยต่อแสนประชากรของผู้ป่วยนอกที่มาด้วยอาการทางเดินหายใจ คือ 87.33, 87.17, 145.56, 149.89 ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 2.2) และอัตราป่วยต่อพันคนของผู้ป่วยรายใหม่ คือ 20.83, 20.68, 56.25, 57.12 ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 2.3) เมื่อทำการวิเคราะห์อัตราป่วยต่อพันคนในผู้ป่วยรายใหม่ตามรายตำบลในปี พ.ศ. 2551 - 2552 พบว่า ที่ตำบลป่าไผ่ มีอัตราป่วยต่อพันคน คือ 77.58, 64.44 ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 2.4)

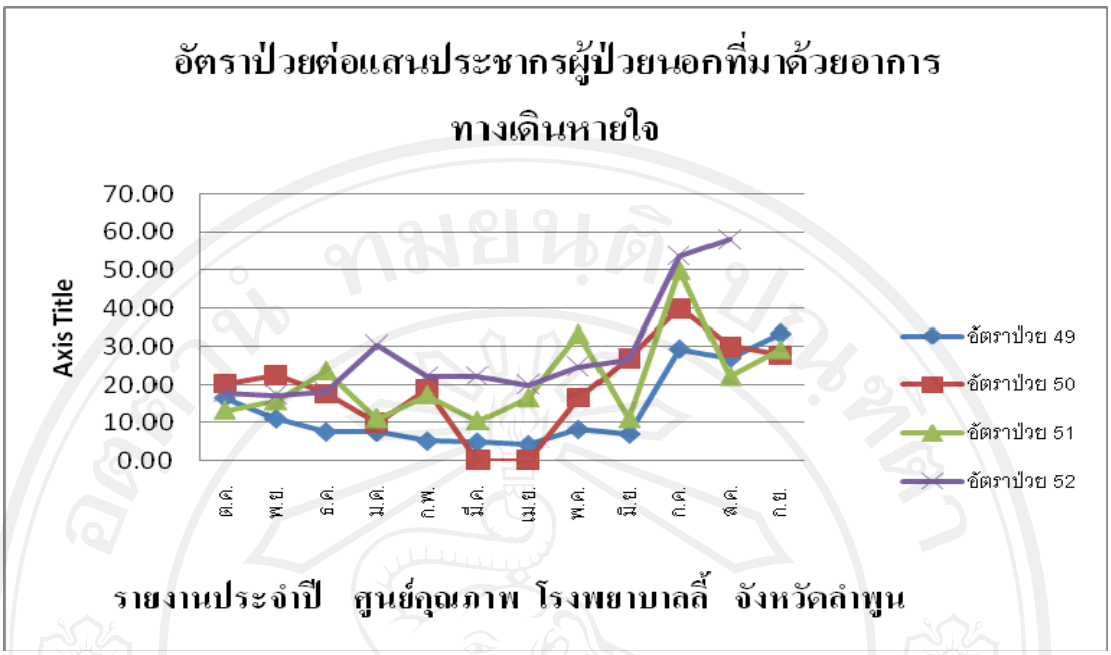
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2551 เกิดการลงทุนอุตสาหกรรมโรงอบลำไยด้วยการรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และใช้ฟืนลิกไนท์ เป็นเชื้อเพลิงที่ตำบลป่าไผ่ อำเภอลี้ ระบบการอบลำไยเป็นระบบหนึ่งที่ปล่อยก๊าซมลพิษในบรรยากาศทำให้เกิดภาวะเสี่ยงต่อประชาชนใกล้โรงอบลำไยได้

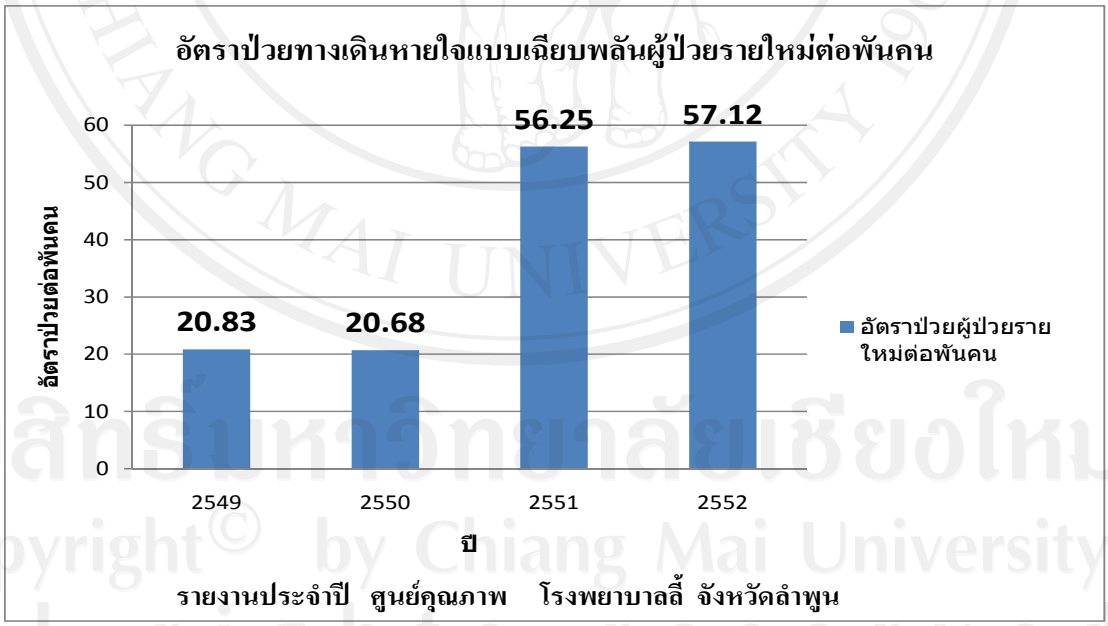


แผนภูมิที่ 2.1 แสดงอัตรานอนพักรักษาตัวในโรงพยาบาลด้วยอาการทางเดินหายใจซ้ำภายใน 28 วัน ปี พ.ศ. 2549 - 2552

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

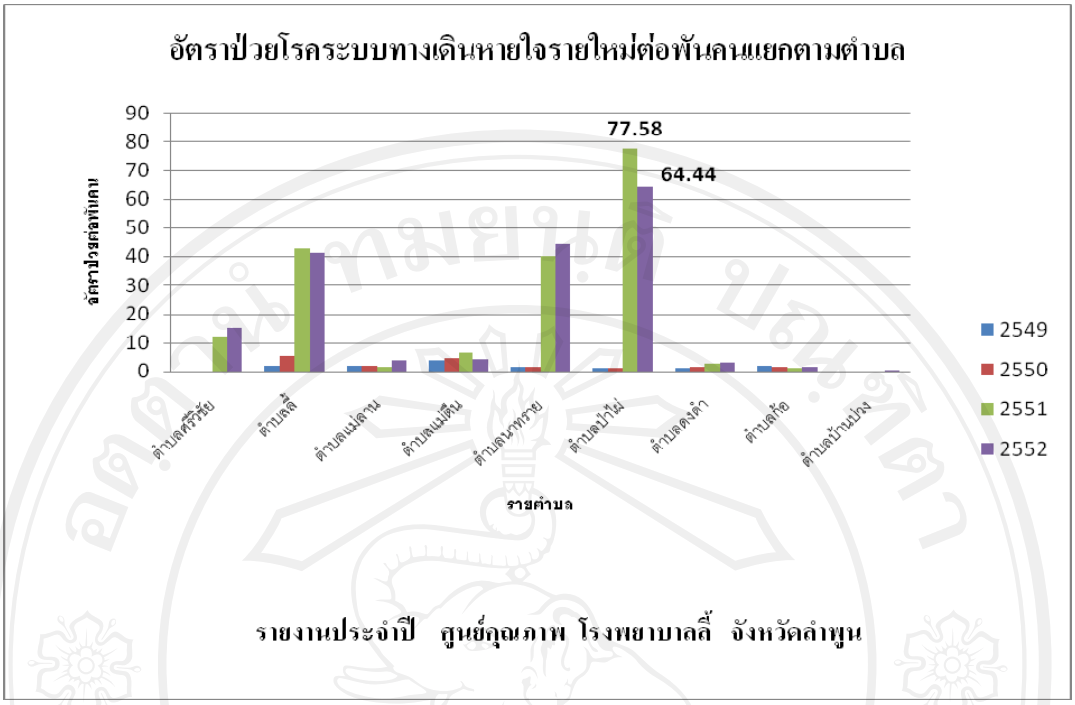


แผนภูมิที่ 2.2 อัตราป่วยผู้ป่วยนอกที่มาด้วยอาการทางเดินหายใจ ปี พ.ศ. 2549 - 2552



แผนภูมิที่ 2.3 อัตราป่วยของผู้ป่วยในรายใหม่ด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ปี พ.ศ. 2549 - 2551

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภูมิที่ 2.4 อัตราป่วยโรคระบบทางเดินหายใจรายใหม่ของผู้ป่วยในแยกรายตำบล ปี พ.ศ. 2551

ระบบการอบลำไย

ระบบการผลิตลำไยด้วยกระบวนการรมก๊าซในระบบอุตสาหกรรมแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนหลัก (สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2548) ได้แก่

- ก่อนการรมก๊าซ เริ่มจากนำลำไยมาคัดขนาดและคุณภาพ จัดแยกเกรดทำการเรียงลำไยในภาชนะบรรจุ ชั่งน้ำหนักรวมของลำไยและภาชนะบรรจุ ตรวจสอบการถูกน้ำหรือฝนหรือความชื้นติดฉลากแจ้งรายละเอียดคุณภาพและน้ำหนัก ลำเลียงเข้าห้องรมก๊าซ จัดเรียงตามชั้นกำหนดเวลาการรมและการกระจายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
- ขณะรมก๊าซ วิธีรมใช้ผงซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาคลุกกับแอลกอฮอล์พอหมาดๆ หรือโพแทสเซียมไนเตรท เพื่อให้แอลกอฮอล์หรือโพแทสเซียมไนเตรท เป็นตัวช่วยในการเผาไหม้กำมะถันได้สมบูรณ์ นำผงที่เตรียมไว้มาแบ่งวางบนจานกระเบื้อง นำจานกระเบื้องไปวางบนเตาไฟฟ้าที่วางอยู่ภายในเตาอบลำไย ติดไฟเพื่อให้ความร้อนเผาผงผสมที่เตรียมไว้กลายเป็นควัน ปิดประตูเตาอบปล่อยให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เผาไหม้เป็นเวลานานประมาณ 30 นาที ต่อ 1 ครั้ง
- หลังการรมก๊าซ บำบัดก๊าซออกที่ระบายก๊าซ เป่าลมระบายก๊าซตกค้าง ตรวจสอบคุณภาพหลังการรมควัน การสุ่มชักตัวอย่างการตรวจสอบปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทั้งผลและในเนื้อ นำเข้าห้องเย็น ลดอุณหภูมิ (Precooling)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การตรวจสอบ ทำการจัดเรียง และปริมาณสินค้า อุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ เวลาที่ใช้ขนส่ง คุณภาพของสินค้าที่ปลายทาง การขนส่งโดยรถคอนเทนเนอร์

เหตุผลที่ต้องใช้กระบวนการรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการอบลำไย เนื่องจากมีประสิทธิภาพมากในการป้องกันการเน่าเสียที่เกิดจากจุลินทรีย์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีคุณสมบัติเป็นสารรีดิวซ์ ลดค่าแรงตึงของออกซิเจนในเนื้อเยื่ออาหารลงในระดับต่ำสุดที่จุลินทรีย์ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตหรือเมื่อซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับน้ำ เกิดเป็นกรดซัลฟูริกและแตกตัวต่อไปให้ไอออนต่างๆ กรดจะซึมผ่านผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ เข้าไปรบกวนการทำงานของเซลล์ดังกล่าว (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535) นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือกได้ ทำให้มีสีสันสวยงามและอายุการวางจำหน่ายนานขึ้น ลดต้นทุนทางอ้อม สามารถขนส่งทางเรือได้ (นายสมศักดิ์ อาศรัยจ้าวและคณะ, 2551)

สำหรับเชื้อเพลิงในการผลิต จากข้อมูลจากการขึ้นทะเบียนของกรมส่งเสริมสหกรณ์ แต่เดิมมีการใช้ก๊าซหุงต้ม (Liquid Petroleum Gas) เป็นแหล่งพลังงานในอุตสาหกรรมการรมก๊าซลำไยของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน แต่หลายปีที่ผ่านมาก๊าซหุงต้มมีราคาสูงขึ้น ทำให้การรมก๊าซลำไยได้รับผลกระทบ ต้นทุนการผลิตสินค้าสูงขึ้น สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทำการศึกษาและจัดสร้างเครื่องรมก๊าซประหยัดพลังงานและเพิ่มคุณภาพลำไย โดยประยุกต์ใช้เตาเผาไหม้เชื้อเพลิงและชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของโรงบ่มใบยาสูบขนาดเล็ก มาดัดแปลงร่วมกับชิ้นส่วนอุปกรณ์เดิมของเตาไต้หวัน และใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงแทนก๊าซหุงต้ม ทำให้ได้ความร้อนดีขึ้นกว่าเตาแบบเดิม โดยมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น สามารถลดขั้นตอนในการพลิกลำไยรวมถึงลดต้นทุนในการผลิตลำไยได้มาก ได้คุณภาพของลำไยที่ดีขึ้น สามารถควบคุมสีลำไยให้ออกมาตามที่ต้องการได้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) ตั้งแต่ปี 2550 จึงเปลี่ยนมาเป็นการรมก๊าซใช้เชื้อเพลิงจากฟืนทั้งหมดในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน (กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, 2552)

นอกจากนี้ จากการสำรวจแหล่งทรัพยากรพลังงานที่อำเภอลี้ พ.ศ.2503 การสำรวจครั้งนี้พบปริมาณสำรองลิกไนท์ประมาณ 15 ล้านตัน เกิดร่วมกับหินดินดาน น้ำมัน เนื่องจากลี้มีเหมืองผลิตถ่านหินที่มีกำลังผลิตเป็นอันดับสองของประเทศรองจากแหล่งผลิตเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง(อุษา เกตุเหลือ, 2549) พ.ศ. 2507 ทำการเปิดแหล่งเหมืองเพื่อใช้ในการบ่มใบยาสูบ ต่อมา พ.ศ.2525ได้ปิดเหมืองลงเนื่องจากเหตุผลทางธุรกิจ จนกระทั่งเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 รัฐบาลลาวได้ลงนามใน Head of Agreement เพื่อมอบสิทธิในการศึกษาและพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าไทย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลาวลิกไนท์ ในโครงการดังกล่าวทำให้เกิดการลงทุนเหมืองถ่านหินลิกไนท์ในอำเภอลี้อีกครั้ง (สุกิจ งามทวี, 2550) การลงทุนเหมืองทำให้การรมก๊าซลำไยของโรงอบลำไย อำเภอลี้ แตกต่างจากที่อื่น โดยมีการใช้ถ่านลิกไนท์ร่วมกับการใช้ฟืน ใช้ฟืนเป็นพลังงานจุดติด และเมื่อติดเตาแล้วก็ใช้พลังงานจากถ่านลิกไนท์ต่อ

หากพิจารณาลิกไนท์ที่อำเภอลี้ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบลิกไนท์ปรากฏว่ามีน้ำประมาณ ร้อยละ 20 - 30 ปริมาณเถ้าต่ำซึ่งมีประมาณ ร้อยละ 3.7 ในขณะที่แม่เมาะมีเถ้าสูงประมาณ ร้อยละ 12.4 นอกจากนี้ลิกไนท์ที่อำเภอลี้ยังมีไนโตรเจนประมาณ ร้อยละ 1-2 และกำมะถันหรือซัลเฟอร์ประมาณ ร้อยละ 1 - 4 ซึ่งทำให้เกิดการลุกไหม้ได้ง่ายและก่อให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตามมา

สำหรับกระบวนการผลิต การทำเหมืองในอำเภอลี้เป็นแบบเหมืองหาบ เมื่อขุดขึ้นมาเก็บไว้ปริมาณมากหรือเปิดหน้าดินอาจลุกติดไฟได้เอง(Spontaneous Combustion) สาเหตุการติดไฟของถ่านหินเกิดจากการดูดซับออกซิเจนและความชื้นในอากาศ และเริ่มสะสมอุณหภูมิความร้อนจนมีสภาวะที่เหมาะสมถึงระดับที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ขึ้นเอง จนเกิดมีควันและกลิ่นเหม็นไหม้เกิดขึ้น ประกอบกับหากมีการทำกิจกรรมใด ๆ ก็ตามที่เปิดหน้าดินจะทำให้ออกซิเจนเข้าไปสัมผัสกับถ่านหินลิกไนท์ได้มากขึ้น เกิดการเผาไหม้และเกิดควันมากขึ้น การลุกไหม้ของถ่านหินลิกไนท์จะเกิดก๊าซหลายชนิด ได้แก่ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) สารประกอบของกำมะถันพวกก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว ได้แก่ คาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เอทธิลีน (C_2H_4) และโพรพีน (C_3H_6) รวมทั้งเกิดกลุ่มควันและกลิ่นเหม็นจากการสลายตัวของถ่านหิน ในที่สุดกลายเป็นปัญหามลพิษทางอากาศจนอาจเกิดผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงได้ ในประเทศไทยพบเหตุการณ์ดังกล่าวในหมู่บ้านจะโปรง ตำบลหนองหญ้าปล้อง อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี จากการทำเหมืองแร่ถ่านหินของ บริษัทลานนาลิกไนท์ จำกัด สาเหตุการเกิดมาจากองค์ประกอบของถ่านลิกไนท์และกระบวนการผลิตเป็นสำคัญ (นายสุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา, 2548)

โดยสรุปจากการแหล่งกำเนิดก๊าซมลพิษในอำเภอลี้มีสองแหล่ง คือ การอบลำไย และเหมืองแร่ลิกไนท์ ก๊าซมลพิษทางอากาศที่ควรพิจารณาเป็นหลัก ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นละออง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลกระทบจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่นละอองต่อระบบสุขภาพ

การสัมผัสมลพิษทางอากาศในกลุ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก จะส่งผลทั้งระยะสั้นและระยะยาว ผลกระทบที่เกิดขึ้นมี ดังนี้

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซละลายน้ำได้ดี สามารถรวมตัวกับความชื้นในอากาศเป็นละอองกรดกำมะถัน ทั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์และละอองกรดกำมะถันในอากาศเมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจหรือสัมผัสถูกเยื่อบุร่างกายต่างๆ ที่มีความชื้น เช่น ผิวหนัง เยื่อบุทางเดินหายใจ เยื่อบุนัยน์ตา กลายเป็นกรดซัลฟูริก ซึ่งมีฤทธิ์ในการกัดกร่อน ทำให้เกิดอาการระคายเคืองบริเวณผิวหนัง มีอาการแสบตา แสบจมูก นัยน์ตาอักเสบ หลอดลมอักเสบเรื้อรัง และทำลายเนื้อเยื่อปอดจนอาจกลายเป็นมะเร็งปอดได้ ถ้าออกไซด์ของซัลเฟอร์เจือปนในฝุ่นละอองบางชนิด เช่น ละอองของเฟอรัส แมงกานีส วานาเดียม จะทำให้อันตรายมากขึ้นเนื่องจากออกไซด์ของซัลเฟอร์เกาะฝุ่นละอองเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ลึกมากขึ้นและตกค้างอยู่ในปอดนานขึ้น ถ้าสูดซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าไปมากอาจทำให้กล้ามเนื้อฝาปิดกล่องเสียง (Epriglottis) เกิดอาการกระตุก หดเกร็งทางเดินลมหายใจ ทำให้ตายได้ (พงศ์วุฒิ จงเจริญศรีศิริ, 2550)

การศึกษาผลกระทบจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์อย่างต่อเนื่องพบว่าความเข้มข้นและเวลาในการสัมผัสที่แตกต่างกันทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพแตกต่างกัน เมื่อค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เท่ากับ 18 g/m^3 โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 85 g/m^3 มีความสัมพันธ์กับอัตราตาย (Pope et al., 2002) ในขณะที่อีกการศึกษาหนึ่ง พบว่า ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใน 24 ชั่วโมง ขนาดเฉลี่ย 5 g/m^3 (ค่าสูงสุดต่ำกว่า 10 g/m^3) ก็ทำให้อัตราการตายรายวันสูงขึ้นได้ (Burnett et al., 2004) ในขณะที่การศึกษาในเมืองฉ่งชิง ประเทศจีน พบว่า เมื่อค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เท่ากับ 100 g/m^3 มีความสัมพันธ์กับอัตราตาย 9.6 คนต่อวัน(Venners SA et al., 2003) ในฮ่องกงและลอนดอน พบว่าไม่มีหลักฐานสนับสนุนว่าปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในขนาด 5 - 40 g/m^3 จะมีผลต่อสุขภาพ อาจเป็นไปได้ว่ามลพิษทางอากาศไม่ได้เกิดจากสารจากตัวใดตัวหนึ่งเป็นตัวสำคัญ แต่ประกอบด้วยสารมลพิษหายตัว (Wong et al., 2002) ดังการศึกษาของประเทศเยอรมัน(Wichmann et al., 2000) และประเทศเนเธอร์แลนด์ (Buringh, Fisher & Hoek, 2002) ทั้ง 2 ประเทศสามารถลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาเป็นเวลา 10 ปี พบว่ามีความสัมพันธ์กับการลดลงของอัตราการตาย แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่า การลดลงของอัตราการตายเกิดจากการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลดลงของความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงสารเดียวหรือเกิดจากการลดก๊าซมลพิษอื่นร่วมด้วย เนื่องจากค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กก็ลดลงด้วยเช่นกัน

สำหรับกลุ่มเสี่ยง คือ ในกลุ่มเด็กเล็ก ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจเด็กอย่างมาก การศึกษา ปี 1952 พบว่า เด็ก 0 - 4 ปี ที่เสียชีวิตจาก London Fog มีจำนวนถุงลมในปอดน้อยกว่าปกติ 10 เท่า โดยก๊าซนี้ทำให้เด็กไม่สามารถหายใจเอาออกซิเจนเข้าไปได้ส่งผลต่อร่างกายไม่สร้าง amniotic sac ขึ้นมา (Schwatz, 2004) ในเซี่ยงไฮมีโรงงานอุตสาหกรรมท้องถิ่นปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก็ส่งกระทบต่อระบบทางเดินหายใจต่อเด็กเช่นกัน (Ken and Chen, 2003) ในขณะที่อีกการศึกษาหนึ่ง พบว่า กลุ่มเสี่ยงมากที่สุดคือผู้สูงอายุ จากการศึกษาปี ค.ศ.2000 เกาะมิยากิจิมา ญี่ปุ่น ประสบภัยธรรมชาติภูเขาไฟระเบิดทำให้มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศปริมาณมากส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจ กลุ่มอายุที่มีผลกระทบมากที่สุดคือกลุ่มผู้สูงอายุเกิน 70 ปีขึ้นไป (Uno et al., 2005, Ishigami et al., 2008) นอกจากนี้ยังพบกลุ่มเสี่ยงเป็นคนงานที่ทำงานในโรงงานด้วย ดังเช่นคนงานที่ทำงานในโรงงานผลิต apricot ที่มีการปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกระบวนการแปรรูปพบว่าเกิด Bronchoconstriction คล้ายกลุ่มอาการโรคหอบหืด (Yidirim, 2005) สำหรับผู้มีโรคทางระบบก็ได้รับผลกระทบ ดังเช่น การศึกษาของ Cardiovascular disease survey สำรวจวัดความดันโลหิตในประชาชนที่อยู่ในพื้นที่มลภาวะอากาศประเทศแถบยุโรปโดยใช้ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ช่วงปี ค.ศ.2000 พบว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ร่วมกับฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลทำให้ Systolic blood pressure เพิ่มสูงขึ้น 0.74 มิลลิเมตรปรอทต่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 80 µg ในอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร (Angela et al., 2001) โดยเชื่อว่าเกิดจากการเข้าไปทำลายระบบประสานอัตโนมัติ ทำให้เกิด bronchoconstric และ cardiovascular effect (Tunnicliffe, 2001)

สำหรับประเทศไทย เหตุการณ์ที่โรงไฟฟ้าลิกไนต์ "แม่เมาะ" เกิดภาวะมลพิษทางอากาศในระดับที่รุนแรงเมื่อปี พ.ศ. 2535 และ พ.ศ. 2541 อันเนื่องมาจากการระบายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะซึ่งครั้งนั้นทำให้ประชาชนเจ็บป่วยเป็นจำนวนมาก พืชผลและสัตว์เลี้ยงได้รับความเสียหายจนไม่อาจประเมินค่าได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) หลังจากนั้นได้มีการคำนวณ มูลค่าความเสียหายด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศพบว่าเฉลี่ยเท่ากับ 5,866 ล้านบาทต่อปี (Aekplakorn et al., 2003)

<u>ผลของไนโตรเจนไดออกไซด์</u>

ไนโตรเจนไดออกไซด์ ในบรรยากาศ มักจะถูกปล่อยออกมาในรูปของไนตรัสออกไซด์ (NO) และถูก Oxidize โดยก๊าซโอโซนกลายเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ ในที่ซึ่งมีสารไฮโดรคาร์บอนและแสงอุลตราไวโอเลตก็จะกลายเป็นโอโซนในระดับพื้นดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(Tropospheric Ozone) และอนุภาคไนเตรท ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่มีสีน้ำตาลแกมแดง หรือเหลืองแกมน้ำตาลมีกลิ่นฉุนคล้ายกลิ่นคลอรีน มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีมาก เป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงทำให้เกิดอาการแสบคอ แสบจมูก และแสบตา ถ้าได้รับเป็นระยะเวลานานจะเกิดอาการอักเสบของระบบทางเดินหายใจ มีอาการบวมของเนื้อเยื่อในหลอดลมตอนบนและจะลุกลามถึงหลอดลมส่วนลึกในระบบจนถึงมีอาการปวดบวม และถ้าในอากาศมีปริมาณความเข้มข้นถึง 100 ppm. จะหายใจไม่ออก ระบบหายใจล้มเหลวจนอาจเสียชีวิตได้ (พงศ์วุฒิ จงเจริญศรีศิริ, 2550)

นักระบาดวิทยาหลายคนได้ใช้ไนโตรเจนไดออกไซด์เป็น Marker ของมลพิษจากการเผาไหม้โดยเฉพาะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของรถบนท้องถนน และการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในบ้านเรือน ซึ่งเกิดสารที่เป็นมลพิษได้แก่ ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน (ultrafine particle) ไนตรัสออกไซด์ (NO) ฝุ่นละอองขนาดเล็ก ทั้ง $PM_{2.5}$ และ PM_{10} และเบนซีน แม้หลายการศึกษาพยายามที่จะแยกศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพเฉพาะไนโตรเจนไดออกไซด์เดี่ยวๆ แต่ทำได้ยาก การศึกษาสารมลพิษเดี่ยวในปัจจุบันจึงมีไม่มากนัก ดังการศึกษาในAuckland พบอัตราการตายที่สูงขึ้นในเมื่อสัมผัสมลพิษในอากาศระยะยาวนั้น โดยทำการศึกษาผลของการสัมผัสก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในระยะเวลา 1 ปี (Scoggins et al., 2004) นอกจากนี้การศึกษาของ ACS ทำการศึกษา 12 เมืองในประเทศแคนาดา ตั้งแต่ปี ค.ศ.1981 - 2006 พบว่า แม้ว่ามีการลดมลพิษในเมืองลง แต่ public health risk หรือความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจากการสัมผัสไนโตรเจนไดออกไซด์ยังคงมีแนวโน้มสูงอยู่ (Hwashin HS., 2008) ในกรณีที่ผู้สัมผัสมีโรคประจำตัวเป็นโรคระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจและหลอดเลือด ก็ทำให้เกิดอาการรุนแรงเฉียบพลัน ดังการศึกษาในเมือง Montrel Quebec ประเทศไอแลนด์ พบว่า ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลต่อสุขภาพของผู้ป่วยโรคหัวใจแต่ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และโอโซนให้ผลตรงข้าม (Goldberg G.,2008)การศึกษาที่ฟินแลนด์ ทำการศึกษาในเด็กประถม พบว่า ไนโตรเจนไดออกไซด์มีผลกระทบต่อการทำงานของปอด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเด็กที่มีประวัติเป็นโรคหรือมีอาการระบบทางเดินหายใจอยู่ก่อนแล้ว (Timonen KL., 2002)

อย่างไรก็ตามก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีผลต่อการเกิดอาการหืดหอบ เนื่องจากเข้าไปมีผลต่อภูมิต้านทานในร่างกาย หากหายใจเอาก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ปริมาณมากเกินมาตรฐานในระยะเวลาสั้น จะเข้าไปกระตุ้นการหลั่ง Histamine ให้มากขึ้นจนเกิดอาการคัดจมูกถึงขั้นเป็นหอบหืดรุนแรงได้ (Strand, 1998) สอดคล้องกับการศึกษาในเด็กประถมบริเวณตัวเมืองต่าง ๆ ของประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าเด็กที่สัมผัสก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงเกินมาตรฐานที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

National Ambient Air กำหนดไว้ในระยะเวลา 5 วันทำให้การทำงานปอดผิดปกติจนต้องขาดเรียน (O'Connor et al., 2008) หากมีก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มากถึง 100 μg ในอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร จะทำให้มีคนป่วยต้องเข้ารับการรักษาฉุกเฉินเพิ่มขึ้น ร้อยละ 70 (Llora et al., 2005) ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังจะเกิดอาการหายใจติดขัดจนหายใจไม่ได้ คนสูบบุหรี่เป็นbronchitis (Tolbert, 2000) นอกจากนี้ยังพบว่าหากมี ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ร้อยละ 0.77 ในการหายใจ 1 ครั้งเท่ากับการได้รับควันบุหรี่มือสองเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง (Berkey et al., 1986)

สำหรับประเทศไทยไม่พบการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

<u>ผลของฝุ่นละอองขนาดเล็ก</u>

การศึกษาก่อนหน้า ปี ค.ศ.2000 พบว่าไม่ได้มีการศึกษาระดับ exposure-response relation ของฝุ่นละอองขนาดเล็กเพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานมาก่อน (Daniels MJ, 2000) เนื่องจากค่ามาตรฐานที่จะนำมาใช้เป็น Guidelines นั้นต้องใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการดูความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของมลพิษกับผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดขึ้น ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นมีความแตกต่างกันและยังมีความไม่แน่นอน (Uncertainty) สูง ต่อมาผู้เชี่ยวชาญหลายท่านจึงได้จัดตั้ง Health Effect Institute (HEI) ขึ้นเพื่อทบทวนการศึกษาที่ผ่านมาของThe American Cancer Society study (ACS) และ The Harvard Six-Cities study (Dockery et al., 1993, Pope et al., 1995) พบการสัมผัส $PM_{2.5}$ ระยะยาวกับอัตราการตาย ACS มีความสัมพันธ์อย่างมาก ได้ขยายการศึกษาไปอีก 8 ปี เพื่อที่จะติดตามข้อมูล ผลของการศึกษาใหม่ก็ยืนยันผลการศึกษาเดิม คือ มีความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ย 1 ปี ของฝุ่นละอองเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) กับโรคหัวใจ โรคปอดรวมทั้งมะเร็งปอดด้วย โดยได้ควบคุมตัวแปรในเรื่องของการสูบบุหรี่และปัจจัยอื่นๆ ที่มีศักยภาพที่จะเป็นตัวกวน (Confounding) การเกิดผลกระทบต่อสุขภาพในแต่ละคนมีผลไม่ต่างจากการศึกษาทั้งเมือง และยังพบอีกว่าอัตราการตายจากการสัมผัสระยะสูงกว่าอัตราการตายจากสัมผัสในระยะสั้น โดยจากการศึกษาใหม่นี้พบว่า ระยะเวลาสัมผัสเฉลี่ย 24 ชั่วโมงทุก 10 $\mu g/m^3$ ของค่าของ PM_{10} ที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มอัตราการตายขึ้นร้อยละ 1 แต่หากระยะเวลาสัมผัส 1 ปี อัตราการตายเพิ่มขึ้น ร้อยละ 4 (Pope III et al., 2002) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของแต่ละวันมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจแตกต่างกัน ดังการศึกษาในโรงเรียนประถม Denver, Colorado เป็นเวลา 2 ปี พบว่าเด็กที่เป็นโรคทางเดินหายใจมีความไวต่อสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองขนาดเล็ก มักแสดงอาการในช่วงเช้าสูงสุดในช่วงเวลาประมาณ 8 นาฬิกาและลดเรื่อยมาต่ำสุดในช่วงเย็นเมื่อออกจากโรงเรียนกลับบ้าน lag 3 วัน ในขณะที่เด็กปกติไม่มีความแตกต่างกันมากนักระหว่างวันและ lag ไม่แน่นอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(Rabinovitch et al., 2006) การศึกษาในอเมริกาพบว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กเพิ่มขึ้น 10 μgในอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร มีผลทำให้เนื้อเยื่อปอดอักเสบเพิ่มสูงขึ้น ร้อยละ1.28 (Dominici, 2006) ทำให้ Forced expiratory volumn ลดลง 3.4% (Ackermann-Liebrich, 1997) และ Cardiovascular disease survey ได้ทำการสำรวจวัดความดันโลหิตในประชาชนที่อยู่ในพื้นที่มลภาวะอากาศประเทศแถบยุโรปโดยเวลาสัมผัสเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ช่วงปี ค.ศ. 2000 พบว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ร่วมกับฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลทำให้ Systolic blood pressure เพิ่มสูงขึ้น 1.79 มิลลิเมตรปรอทต่อฝุ่นละอองขนาดเล็กเพิ่มขึ้น 90 μgในอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร (Angela et al., 2001)

สำหรับการศึกษาในประเทศไทย แม้ว่าเป็นประเทศร้อนชื้นมีภูมิอากาศแตกต่างจากประเทศอื่นๆ ที่เคยศึกษามาซึ่งมักเป็นประเทศเขตหนาว แต่ผลการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากก๊าซมลพิษไม่แตกต่างกัน (Vichit-Vadakan N. et al., 2001) ในเขตกรุงเทพมหานคร ฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลต่อระบบทางเดินหายใจและมีอาการตั้งแต่วันแรกที่สัมผัส นอกจากนี้ค่า OR สูงกว่าประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นอย่างอเมริกาที่ใช้วิธีการศึกษาแบบเดียวกัน

ในช่วงปี พ.ศ.2547 - 2550 ภาคเหนือของประเทศไทยมีวิกฤตการณ์หมอกควันทำให้มีการตื่นตัวและให้ความสนใจสำหรับประชาชน นักการเมืองและนักวิชาการเป็นอย่างมาก จึงได้มีการศึกษาหลายการศึกษาและเป็นไปในลักษณะสอดคล้องกัน คือ ในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนพบภาวะหมอกควันในช่วงฤดูแล้ง (มงคล รายะนาคร และคณะ, 2550, พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2550) และพบ $PM_{2.5}$ มีปริมาณสูงส่งผลกระทบต่อความจุปอดในผู้ป่วยโรคหอบหืด (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2550) ในระดับเซลล์พบว่ามีผลกระทบต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวจากปอด เซลล์เยื่อบุผิวของปอด และเซลล์เยื่อบุผิวหลอดลม โดยมีผลต่อเยื่อบุผิวปอดมากที่สุด (อุษณีย์ วินิจเขตคำนวน, 2550)

ระบบภาวะมลพิษอากาศ

ปัญหามลพิษทางอากาศนับวันจะทวีเพิ่มขึ้น และปัจจุบันจัดว่าเป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อมของโลกที่มีความสำคัญยิ่งในการควบคุมและป้องกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้อำนวยความสะดวกแก่มนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งขบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมที่เพิ่มขยายมากขึ้นทั้งประเภทและปริมาณประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกหันมาสนใจการพัฒนาประเทศมาสู่ระบบอุตสาหกรรมมากขึ้น ทำให้เกิดของเสียที่ปล่อยออกมาสู่อากาศภายนอกจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ของเสียที่เป็นสารมลพิษที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศจะถูกกระแสลมช่วยพัดพาสารมลพิษให้แพร่กระจาย ออกจากจุดกำเนิดไปก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศกว้างขวางออกไปมากและทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในปัจจุบัน ได้มีการนิยามของมลพิษทางอากาศ (Air Pollution) หลากหลายเพื่อความเข้าใจต่อประชาชนในวงกว้างและสะดวกต่อการควบคุม ได้แก่

กรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) นิยามว่า มลพิษทางอากาศ หมายถึง สภาวะของอากาศที่มีสารมลพิษเจือปน นอกจากนี้อากาศที่อยู่รอบตัวเราประกอบด้วยก๊าซหลายชนิดด้วยกันผสมกันอยู่ ก๊าซบางชนิดจัดว่าเป็นสารมลพิษโดยตัวเองหากมีสัดส่วนไม่เป็นไปตามธรรมชาติ การมีสารมลพิษหรือก๊าซหนึ่งก๊าซใดมากเกินไปย่อมส่งผลกระทบหรืออาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต มนุษย์ พืช และสัตว์ คล้ายกับการนิยามของ**เลิศชัย เจริญธัญรักษ์** (เลิศชัย เจริญธัญรักษ์, 2541) **และพัฒนา มูลพฤกษ์** (พัฒนา มูลพฤกษ์, 2546) แต่ได้ขยายไปในส่วนของฝุ่นและเขม่าด้วย กล่าวคือ มลพิษทางอากาศ หมายถึง สภาวะของอากาศที่มีสิ่งแปลกปลอมปะปนอยู่ในปริมาณที่ทำให้คุณภาพของอากาศตามธรรมชาติเปลี่ยนแปลง และเสื่อมโทรมลงจนทำให้มีผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อมสิ่งแปลกปลอมในอากาศที่มักพิจารณากันมาก ได้แก่ ก๊าซต่าง ๆ ฝุ่นละออง เขม่า ควัน ไอระเหยของสารพิษ ซึ่งโดยปกติแล้วอากาศอาจจะมีสิ่งเหล่านี้เจือปนอยู่บ้าง แต่การที่มีสิ่งเหล่านั้นในปริมาณมากเกินขีดจำกัดในอากาศจนทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์หรือสัตว์ และการนิยามของ **พัฒนา มูลพฤกษ์** (พัฒนา มูลพฤกษ์, 2546) ได้นิยามไว้ว่า มลพิษทางอากาศ หมายถึง สภาวะการบรรยากาศกลางแจ้ง มีสิ่งเจือปน (contaminant) เช่น ฝุ่นผง (dust) ไอควัน (flumes) ก๊าซต่าง ๆ (gases) ละอองไอ (mist) กลิ่น (odors) ควัน (smoke) ไอ (vapor) ฯลฯ อยู่ในลักษณะปริมาณ และระยะเวลาที่นานพอที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์หรือสัตว์ หรือทำลายทรัพย์สินของมนุษย์หรือสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ในขณะที่ **วราวุธ เสือดี** (วราวุธ เสือดี, 2543) ได้เพิ่มในส่วนผลกระทบที่ไม่เฉพาะการเกิดอันตรายเท่านั้น แต่เพียงแค่รบกวนการดำรงชีวิตประจำวันถือว่าเป็นมลพิษ ดังที่ได้นิยามว่า มลพิษทางอากาศ หมายถึง การคงอยู่ของสิ่งแปดเปื้อน ตั้งแต่หนึ่งสิ่งขึ้นไปในบรรยากาศ ซึ่งมีความเข้มข้นและช่วงเวลา ที่เพียงพอที่ทำให้มีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ชุมชน พืช สัตว์ ทรัพย์สิน หรือรบกวนต่อการดำรงชีวิตหรือการพักผ่อนหย่อนใจ ในขณะที่การนิยามของ**กรมโรงงานอุสาหกรรม** (กรมโรงงานอุสาหกรรม, 2547) ได้นิยามครอบคลุมผลกระทบต่อทรัพย์สินเพิ่มขึ้นดังที่ได้นิยามไว้ว่า มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีการเจือปนของสารพิษในปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าปกติและสารมลพิษที่เจือปนเหล่านี้ต้องมีการแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานพอที่จะก่อให้เกิดผลเสียหายหรืออันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ และพืชนอกจากนั้นยังทำลายทรัพย์สิน เช่น อาคารบ้านเรือน โบราณสถาน โบราณวัตถุ ภาชนะเครื่องใช้ เครื่องจักรกลที่เป็นโลหะ ยานพาหนะต่างๆ ให้เกิดความสกปรก และเกิดการกัดกร่อนผุพังทรุดโทรม อาจใช้การไม่ได้ จนกระทั่งปัจจุบันได้มีการค้นพบเทคโนโลยีใหม่ๆ และมีการศึกษามลพิษทางอากาศมากขึ้น จึงได้นิยามที่เฉพาะเจาะจงก๊าซที่เป็นส่วนประกอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากขึ้น ดังการนิยามของ **พงศ์วุฒิ จงเจริญศรีศิริ (**พงศ์วุฒิ จงเจริญศรีศิริ, 2550) นิยามว่า มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอและเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ สารดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ หรืออาจอยู่ในรูปของก๊าซ หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้ สารมลพิษอากาศหลักที่สำคัญ คือ ฝุ่นละออง (Suspended Particulate Matter) ตะกั่ว (Pb) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และก๊าซโอโซน (O_3)

เหตุการณ์ London Smog ในกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ ปี ค.ศ.1952 เป็นเหตุการณ์ที่รุนแรงในประวัติศาสตร์ และได้รับการบันทึกไว้อย่างละเอียด พบว่าระหว่างวันที่ 5 - 8 ธันวาคม ค.ศ. 1952 ปริมาณมลพิษในอากาศสูงเป็น 10 - 100 เท่าของปกติ ซึ่งเกิดจากอากาศมีส่วนประกอบของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นจำนวนมากถูกปล่อยมาจากกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินในโรงงานอุตสาหกรรม ประกอบกับสภาพอากาศผิดปกติ ไม่มีลมพัด พร้อมกับอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้มีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมากจากปัญหามลพิษทางอากาศ อัตราตายเพิ่มสูงขึ้นเป็น ร้อยละ 100 หรือมากกว่า 4,000 คน โดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยง ได้แก่ เด็กและคนชรา (Logan, 1953, UKMo, 1954, Schwart, 2004) ในปี ค.ศ. 1929 มีการจัดตั้งสมาคม National Smoke Abatement Society ขึ้นและตีพิมพ์เผยแพร่วารสาร Clean Air ต่อมาใน ค.ศ. 1958 เปลี่ยนเป็นสมาคม National Society for Clean Air โดยดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ มิใช่แค่เพียงผลจากควันเท่านั้น (Schwart, 2004) ในเดือนธันวาคม ค.ศ. 1962 มลพิษทางอากาศเกิดขึ้นอีกครั้งและทำให้มีคนตาย 750 คน และมลพิษทางอากาศไม่ได้เกิดจากสารจากตัวใดตัวหนึ่งเป็นตัวสำคัญ แต่ประกอบด้วยสารหลายชนิดเข้ามามีผลร่วมกัน (Wichmann et al., 2000, Buringh, Fisher & Hoek, 2002, Wong et al., 2002, Venners et al., 2003, Burnett et al., 2004) องค์กรสำคัญอีกแห่งที่ทำการศึกษาได้แก่ American Cancer Society (ACS) มีทำการศึกษาแบบไปข้างหน้าตั้งแต่ปี ค.ศ. 1982 - 1988 จำนวน 126 เมืองในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า มลพิษทางอากาศมีความสัมพันธ์กับอัตราตายสูงขึ้นจริง (Pope et al., 2002) นับแต่นั้นมาก็มีการศึกษาผลกระทบจากมลพิษทางอากาศอย่างจริงจังโดยทำ การศึกษาแยกผลกระทบของก๊าซแต่ละตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลการสัมผัสซัลเฟอร์ไดออกไซด์สัมพันธ์กับอัตราการตาย สอดคล้องกับการศึกษาในเวลาต่อมาในที่ต่าง ๆ ทั่วโลก

นอกจากเหตุการณ์ในประเทศอังกฤษยังมีเหตุการณ์สำคัญอีกเหตุการณ์หนึ่งคือ ปี ค.ศ. 1978 เกิดกลุ่มหมอกควันสีขาวเหนือบริเวณ รัฐ Los Angeles จึงมีการตั้งชื่อว่า Los Angeles smog Leighton และคณะ ทำการศึกษาพบว่ากลุ่มหมอกควันเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณไฮโดรคาร์บอนไนโตรเจนออกไซด์และความเข้มแสง UV ในชั้นบรรยากาศ จึงทำการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพิ่มเติมจำลองสถานการณ์ดังกล่าว พบว่า ออกซิเจนอะตอม โอโซน ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นตัวหลักในการทำปฏิกิริยาเกิดกลุ่มควันดังกล่าว เรียกว่า Photochemistry of Air Pollution (Leighton et al., 1981) ต่อมาได้มีการศึกษาทางระบาดวิทยาเพิ่มเติมพบว่า มักเกิดในชุมชนเมือง ในช่วงภาวะจราจรหนาแน่น และสัมพันธ์กับการปริมาณไอเสียที่ปล่อยออกมาจากรถยนต์ ผลกระทบทางสุขภาพคล้ายกับมลพิษทางอากาศทั่วไป ได้แก่ ผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งอาการทางเดินหายใจส่วนบน หอบหืด ส่วนมากมักจะแสดงอาการเจ็บหน้าอก ไอ แสบตา คัดจมูก ปวดศีรษะ หายใจติดขัด (Winer et al., 1978)

จนกระทั่งองค์การอนามัยโลกได้จัดประชุมคณะทำงานที่กรุงบอนน์ ในระหว่างวันที่ 8-20 ตุลาคม ค.ศ. 2004 คณะทำงานประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับเรื่องผลของมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพ โดยที่ประชุมทบทวนผลการวิจัยจากที่ต่างๆ เพื่อนำข้อมูลเชิงประจักษ์เหล่านั้นมากำหนดเป็น WHO Air Quality Guidelines (AQGs) ผลสรุปของการประชุมในครั้งนั้นนำมาจัดทำเอกสาร WHO Air Quality Guidelines For Particulate Matter, Ozone, Nitrogen dioxide, and Sulfur dioxide, Global Update 2005 Summary of risk Assessment เนื่องจากผลวิจัยที่เกี่ยวกับผลต่อสุขภาพจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศในประเทศต่าง ๆ ผลสรุปส่วนใหญ่ตรงกันคือ มลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 2.5 หรือ 10 ไมครอน ($PM_{2.5}$หรือ PM_{10}) โอโซน เพิ่มอัตราการป่วยจากโรคของระบบทางเดินหายใจ และโรคของระบบหัวใจและหลอดเลือด เพิ่มอัตราการรับเข้ารักษาตัวในห้องฉุกเฉินและการต้องนอนพักรักษาตัวในโรงพยาบาล เพิ่มอัตราการตายโดยรวมของประชากรในเมือง และบางการศึกษายังพบการเพิ่มอัตราผลอันไม่พึงประสงค์ทางสูติกรรมอีกด้วย

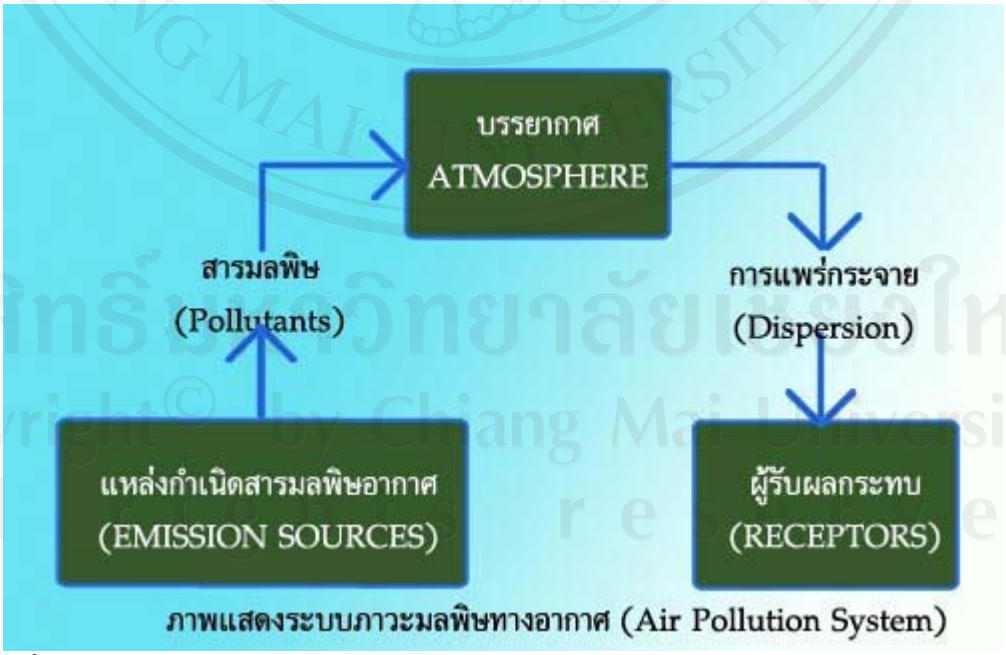
สังคมไทยในปัจจุบันได้คำนึงถึงเรื่องสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยมีเครื่องมือและกลไกที่เอื้อต่อการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น มีองค์กรระดับชาติ คือ คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ทำหน้าที่กำกับดูแลด้านนโยบาย มีกฎหมายหลักคือ พระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 และมีกฎหมายอื่นๆ มากมาย กระจัดกระจายในหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อรองรับกระบวนการพัฒนาที่เกิดขึ้น แต่เป็นการส่งเสริมรักษาสิ่งแวดล้อมในลักษณะที่เป็นภารกิจรองมากกว่าภารกิจหลัก นอกจากนี้ประเทศไทยได้มีการประกาศใช้รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550 ที่ระบุถึงสิทธิและหน้าที่ ความรับผิดชอบของรัฐและประชาชนต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ในประเทศไทยได้มีการประกาศค่าปริมาณสารมลพิษที่ยอมให้ปล่อยสู่บรรยากาศ เพื่อควบคุมสารมลพิษหลักจำนวน 7 ชนิด ซึ่งเป็นสารมลพิษอากาศปฐมภูมิเป็นส่วนใหญ่ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ฝุ่นรวม (Total Suspended

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Particulate) ตะกั่ว ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate Matter หรือ PM_{10}) และโอโซนซึ่งเป็นมลพิษอากาศทุติยภูมิ นอกจากนี้แล้ว ยังมีสารมลพิษอากาศที่เป็นอันตราย (Hazardous Air Pollutants : HAPs หรือ Toxic Air Pollutants หรือ Air Toxic) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งและทำให้ผลกระทบต่อสุขภาพระยะยาว โดยจะทำลายภูมิคุ้มกันระบบประสาท เกิดความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์และต่อมไร้ท่อ เป็นต้น ขณะที่ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการกำหนดชนิดของสารมลพิษในอากาศที่เป็นอันตราย จำนวน 189 ชนิด แหล่งกำเนิดที่สำคัญได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมเคมี สารกำจัดศัตรูพืช การเผาไหม้ เป็นต้น แต่ยังไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานของ HAPs จากแหล่งกำเนิด สำหรับในประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดมาตรฐานของHAPsในบรรยากาศแต่มีนโยบายในการควบคุม HAPs จากแหล่งกำเนิด โดยใช้มาตรการในการควบคุมป้องกันการรั่วไหลของแหล่งกำเนิดได้ เช่น การป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention) หรือการใช้เทคโนยีสะอาด (Clean Technology) เป็นต้น ในทางกลับกันการศึกษามลพิษทางอากาศด้านผลกระทบสุขภาพตั้งแต่แรกเริ่มเพื่อนำไปสู่มาตรการการป้องกันกลับได้รับการสนับสนุนไม่มากนัก

หากพิจารณาระบบภาวะมลพิษอากาศจะก่อให้เกิดผลกระทบสุขภาพได้นั้นต้องมีส่วนประกอบ 3 ส่วนหลัก ที่มีความสัมพันธ์กัน คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษ (Emission Sources) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) และผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptor) แสดงเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์ ดังแผนภูมิที่ 2.5



ที่มา : นพภาพร พานิช. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549

แผนภูมิที่ 2.5 ภาพแสดงระบบภาวะมลพิษทางอากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1) แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ (Emission Sources)

เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและระบายออกสู่อากาศภายนอก โดยที่ชนิดและปริมาณของสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ และวิธีการควบคุมการระบายสารมลพิษอากาศ

ในปัจจุบัน มลพิษอากาศแบ่งได้ 2 ประเภท ตามลักษณะการเกิด (พงศ์วุฒิ จงเจริญศรีศิริ, 2550) คือ

1. สารมลพิษอากาศปฐมภูมิ (Primary Air Pollutants)

เป็นสารมลพิษอากาศที่เกิดขึ้น และถูกระบายจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ขี้เถ้า และเขม่าควันดำที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงในยานพาหนะและเตาเผาในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นต้น

2. สารมลพิษอากาศทุติยภูมิ (Secondary Air Pollutants)

เป็นสารมลพิษอากาศที่ไม่ได้เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดใดๆ แต่เกิดขึ้นในบรรยากาศทั่วๆ ไป จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษอากาศปฐมภูมิกับสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ เช่น ก๊าซโอโซน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมี Photochemical Oxidation ระหว่างก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ และสารมลพิษอากาศที่เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic) เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และฝุ่นตะกั่ว เป็นต้น

โรงงานอุตสาหกรรมที่กระบวนการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการก่อให้เกิดพลังความร้อนจำพวกเตาเผาเพิ่มความร้อนมีสารมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นได้แก่ ฝุ่นละออง เขม่า ควัน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซพิษอื่นๆ อีกหลายชนิด ซึ่งกระบวนการผลิตต่างๆ สามารถทำให้เกิดสารมลพิษได้ ดังการศึกษา คนงานที่ทำงานในโรงงานผลิต apricot ที่มีการปล่อยซัลเฟอร์-ไดออกไซด์ในกระบวนการแปรรูป พบว่าเกิด Bronchoconstriction คล้ายกลุ่มอาการโรคหอบหืด Forced vital capacity (FVC) Forced expiratory volume (FEV_1) มีค่าลดลง (Yidirim, 2005) โรงงานไฟฟ้าปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก และโอโซนมีการศึกษาพบว่าอัตราการป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ระบบทางเดินอาหารและโรคผิวหนังของประชาชนในเขตพื้นที่ใกล้โรงไฟฟ้าสูงกว่าอยู่ไกลโรงงาน อีกทั้งพบภาวะแทรกซ้อนจากการตั้งครรภ์ ภาวะแทรกซ้อนของเด็กแรกเกิด และความพิการแต่กำเนิดมีแนวโน้มสูงขึ้นด้วย (ชลทิศ อไรฤกษ์กุล, 2549) ในขณะที่อีกการศึกษาหนึ่งพบว่า อาการหายใจเสียงดัง อาการโรคหอบหืดในประชาชนบริเวณใกล้โรงงานสูงกว่าไกลโรงงาน กล่าวคือ ประชาชนที่อยู่อาศัยใกล้, ไกลโรงงานมีอาการหายใจเสียงดัง ร้อยละ 37, 36 อาการโรคหอบหืด ร้อยละ 24, 12 ตามลำดับ (Pless-mulloli,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2001) ซึ่งเหล่าคนงานหรือผู้ปฏิบัติงานในโรงงานและประชาชนผู้อยู่อาศัยใกล้เคียงต้องจำใจหายใจเอาอากาศที่ปนเปื้อนสารมลพิษต่าง ๆ เข้าสู่ร่างกายโดยมิอาจหลีกเลี่ยงได้ ทำให้เกิดพิษต่อสุขภาพอนามัยได้ มีการศึกษาความเข้มข้นของมลพิษตามระยะห่างจากโรงงานอุตสาหกรรมพบว่าในเมือง Lagos ของไนจีเรีย ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 - 2003 ความเข้มข้นที่กระจายออกมาได้ค่าประมาณคงที่ค่าหนึ่ง เมื่อคำนวณแรงลม ทิศทางลม ความกดอากาศตาม Dalton's law of partial pressure ได้แบบจำลองในการทำนายความเข้มข้นตามระยะห่างจากแหล่งกำเนิด ยกตัวอย่างเมื่อไนโตรเจนไดออกไซด์วัดจุดกำเนิดวัดได้ 2.401 มิลลิกรมต่อลูกบาศก์เมตร แบบจำลองในการทำนายความเข้มข้นบริเวณที่อยู่ห่างหล่งกำเนิด 50 และ 100 เมตรจะมีความเข้มข้น 0.0042, 0.0019 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับมาตรฐานของ Food and Environment Protection Act 1985 กำหนดความเข้มข้นของก๊าซที่ปลอดภัยต่อประชาชนที่ระดับน้ำทะล เรียกว่า FEPA limit โดยกำหนดว่า FEPA limit ของไนโตรเจนไดออกไซด์ เท่ากับ 0.062 ดังนั้นระยะห่างที่ปลอดภัยต้องมีค่า FEPA limit น้อยกว่าค่าที่กำหนดตั้งแต่ 50 เมตร ที่ระดับน้ำทะเล (Alhassan et al., 2004) ดังนั้น หากอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดมากเท่าใดก็ยิ่งทำให้ปริมาณความเข้มข้นสูง ผลกระทบที่ตามมาย่อมมากกว่าไกลแหล่งกำเนิด

(2) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere)

เป็นส่วนของระบบที่รองรับสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ และเป็นตัวกลาง (Medium) ให้สารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศ มีการแพร่กระจายออกไปโดยมีปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความเร็ว และทิศทางกระแสลม รวมทั้งลักษณะภูมิประเทศ เช่น ภูเขา หุบเขา และอาคารบ้านเรือน เป็นตัวกำหนดลักษณะการแพร่กระจายของสารมลพิษในอากาศ

สภาพภูมิศาสตร์มีความสำคัญต่อมลพิษทางอากาศเป็นอย่างยิ่ง ดังเช่น ภาคเหนือของประเทศไทย ในจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน แม่ฮ่องสอน ซึ่งมีหุบเขาล้อมรอบ และภายในเป็นแอ่งกว้าง มลพิษซึ่งเกิดภายในแอ่งไม่สามารถกระจายพ้นออกจากหุบเขาได้ เพราะลมบกอ่อนแรงกว่าลมทะเล และลมจากพื้นราบสู่ภูเขาอ่อนกว่าลมจากภูเขาสู่พื้นราบ จึงเกิดการเก็บกักสารมลพิษไว้ในแอ่งจนอาจเป็นอันตรายต่อประชาชนในพื้นที่ได้ ตัวอย่างในประเทศไทยยังมีอีกตัวอย่างที่แสดงถึงความสัมพันธ์อันสลับซับซ้อนระหว่างภูมิอากาศกับภูมิประเทศตลอดจนการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศชัดเจนที่สุด ซึ่งท้ายที่สุดอาจส่งเสริมให้เกิดอันตรายร้ายแรงมากยิ่งขึ้น เมื่อเร็วๆ นี้พบว่าจากเหตุการณ์มลพิษทางอากาศที่สำคัญ คือ วิกฤตการณ์หมอกควันในช่วงปี พ.ศ. 2547 - 2550 มีการศึกษาหลายการศึกษาและเป็นไปในลักษณะสอดคล้องกัน คือ ในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบภาวะหมอกควันในช่วงฤดูแล้ง (มงคล รายะนาคร และคณะ, 2550, พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช และคณะ, 2550) และพบ $PM_{2.5}$ มีปริมาณสูงส่งผลกระทบต่อความจุปอดในผู้ป่วยโรคหอบหืด (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช และคณะ, 2550) ในระดับเซลล์พบว่ามีผลกระทบต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวจากปอด เซลล์เยื่อบุผิวของปอด และเซลล์เยื่อบุผิวหลอดลม โดยมีผลต่อเยื่อบุผิวปอดมากที่สุด (อุษณีย์ วินิจเขตคำนวน, 2550) แต่สำหรับการศึกษาภูมิอากาศ จากการศึกษาในเขตเมืองหลวงในประเทศต่าง ๆ รวมทั้งในประเทศไทย พบว่า แม้ว่าเป็นประเทศร้อนชื้นที่มีภูมิอากาศแตกต่างจากประเทศเขตหนาว แต่ผลการศึกษาไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ มลพิษทางอากาศมีผลต่อระบบทางเดินหายใจและมีอาการตั้งแต่วันแรกที่สัมผัส นอกจากนี้ยังมีค่า Odds Ratio ในประเทศร้อนชื้นสูงกว่าในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นที่ใช้วิธีการศึกษาแบบเดียวกัน (Vichit-Vadakan et al., 2001)

นอกจากนี้ สภาพอาคารบ้านเรือนและกิจกรรมภายในอาคารบ้านเรือนก็เป็นตัวสำคัญ มลพิษภายในอาคารบ้านเรือนเกิดจาก ขนสัตว์ ฝุ่น แมลงสาบ หนู เชื้อรา การทำอาหารด้วยเตาแก๊ส เตาเผา การก่อไฟ การสูบบุหรี่ของคนในครอบครัว รวมทั้งมลพิษที่ผ่านเล็ดลอดมาจากภายนอกอาคาร

กิจกรรมภายในบ้านก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ จากการศึกษาใน Cape Town ศึกษา 249 คน การสูบบุหรี่ของคนในบ้านกับการระคายเคืองทางเดินหายใจมีความสัมพันธ์กัน ทำให้เสี่ยงมากกว่าคนที่ไม่สูบบุหรี่ในบ้าน 4 เท่า (Ehrlich et al., 2006) การใช้เชื้อเพลิงภายในบ้านโดยการเผาไหม้เป็นกระบวนการที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตและการประกอบกิจกรรมประจำวันภายในบ้าน มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อนำพลังงานความร้อนไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ซึ่งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดังกล่าวอาจก่อให้เกิดก๊าซที่ไม่พึงประสงค์หลายชนิด เช่น ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ หากสภาพบ้านเรือนที่อยู่ในสภาพปิดเนื่องจากการใช้เครื่องปรับอากาศหรือปิดประตูหน้าต่างยิ่งทำให้ส่งผลมากยิ่งขึ้น ในฤดูหนาวแถบยุโรปอาคารบ้านเรือนที่อยู่อาศัยใกล้โรงงานที่ปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์จะมีปริมาณมลพิษทางอากาศภายในอาคารมากกว่าภายนอกอาคาร ในขณะที่ฤดูร้อนให้ผลตรงข้าม เนื่องจากในฤดูหนาวประชาชนในแถบยุโรปจะมีการใช้ระบบความร้อนจากก๊าซ ร้อยละ 69 และจากเตาเผา ร้อยละ 12 ทำให้เกิดมลพิษจากกิจกรรมภายในบ้าน ส่วนในฤดูร้อนก๊าซภายนอกบ้านจะถูกเร่งปฏิกิริยา เช่น ออกไซด์ของไนตรัสถูกเร่งจากความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำปฏิกิริยากับโอโซนได้ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์นอกบ้านเพิ่มมากขึ้น (Tarlo, 2001) The 2007 National Asthma Education and Prevention Program asthma guidelines แนะนำให้มีการจัดระบบระบายอากาศภายในบ้านลดกิจกรรมที่ก่อมลพิษในบ้าน ลดการปิดประตูหน้าต่าง หากใช้เครื่องกรองอากาศต้องมีการทำความสะอาดไส้กรองอากาศ (Diette, 2008)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(3) ผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptors)

เป็นส่วนของระบบที่สัมผัสกับสารมลพิษในอากาศทำให้ได้รับความเสียหายหรืออันตราย โดยผู้รับผลเสียอาจเป็นสิ่งที่มีชีวิต เช่น คน พืช และสัตว์ หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เสื้อผ้า อาคาร บ้านเรือนวัสดุและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ความเสียหายหรือหรือผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับสภาพร่างกาย ความเข้มข้น และระยะเวลาที่สัมผัส ดังสรุปในตารางที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 ผลต่อสุขภาพทางกายในความเข้มข้นและระยะเวลาสัมผัสก๊าซสารมลพิษระดับต่าง ๆ

สารมลพิษ	ความเข้มข้นของสารมลพิษเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	ผลที่เกิดขึ้น	เอกสารอ้างอิง	ค่า Odds ratio ในช่วงความเชื่อมั่น 95% หรือนัยสำคัญทางสถิติ
SO_2	ค่าเฉลี่ย 18 $\mu g/m^3$ นาน 24 ชั่วโมง	อัตราตายสูงขึ้น	Pope et al, 2002	1.20 (1.11,1.30)
SO_2	ค่าเฉลี่ย 5 $\mu g/m^3$ นาน 24 ชั่วโมง	อัตราตายสูงขึ้น	Burnett et al, 2004	1.051 (1.036,1.066)
SO_2	ค่าเฉลี่ย 100 $\mu g/m^3$ นาน 24 ชั่วโมง	อัตราตายสูงขึ้น	Venners et al, 2003	1.10 (1.02,1.20)
SO_2	ขนาด 5-40 $\mu g/m^3$ นาน 24 ชั่วโมง	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	Wong et al, 2002	1.11 (1.02,1.22)
SO_2	ระดับต่ำ	เพิ่มอัตรามะเร็งในปอด	Won Jin Lee, 2002	1.49 (1.14, 1.96)
SO_2	ขนาด20 $\mu g/ m^3$ นาน 24 ชั่วโมง	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	Wichmann et al.,2000 Buringh,Fisher&Hoek,2002	1.29 (1.14,1.69) 1.08 (0.98,1.18)
SO_2	ค่าเฉลี่ย 100 $\mu g/m^3$ นาน 24 ชั่วโมง	หลอดลมตีบคล้ายกลุ่มอาการโรคหอบหืด	Yidirim, 2005	9.8 (3.9, 24.9)
SO_2หรือ PM_{10}	SO_2 213 $\mu g/m^3$ หรือ PM_{10} 147 $\mu g/m^3$ นาน 24 ชั่วโมง	เพิ่มอัตราตาย Lag 5 วัน	Pope III et al, 2002	1.04 (1.00,1.09)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สารมลพิษ	ความเข้มข้นของสารมลพิษเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	ผลที่เกิดขึ้น	เอกสารอ้างอิง	ค่า Odds ratio ในช่วงความเชื่อมั่น 95% หรือนัยสำคัญทางสถิติ
SO_2	ระดับสูงนาน 24 ชั่วโมง	เด็กไม่สามารถหายใจเอาออกซิเจนเข้าไปได้ ทำให้ร่างกายไม่พัฒนาสร้างถุงน้ำคร่ำขึ้นมาจำนวนถุงลมในปอดน้อยกว่าปกติ 10 เท่า	Schwatz, 2004	18.5 (4.6,74.3)
SO_2	0.6-2.0 ppm นาน 24 ชั่วโมง	มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ โดยตรวจตั้งแต่เริ่มมีอาการไอเล็กน้อย กลุ่มที่เกิดผลกระทบมากอยู่ในกลุ่มผู้หญิงและไม่มีประวัติสูบบุหรี่มาก่อน ในกลุ่มอายุที่มีผลกระทบมากที่สุดคือกลุ่มผู้สูงอายุเกิน 70 ปีขึ้นไป	Uno et al, 2005, Ishigami et al, 2008	5.8 (2.0, 16.5) 3.4 (1.8, 6.6)
SO_2	0.1-0.25 ppm นาน 24 ชั่วโมง	ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังจะเกิดอาการหายใจติดขัดจนหายใจไม่ได้	Koenig, 1989, Tolbert ,2000	P = 0.01 P < 0.01

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สารมลพิษ	ความเข้มข้นของสารมลพิษเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	ผลที่เกิดขึ้น	เอกสารอ้างอิง	ค่า Odds ratio ในช่วงความเชื่อมั่น 95% หรือนัยสำคัญทางสถิติ
SO_2	80 µg/ m^3 นาน 1 ปี	ทำลายระบบประสาทอัตโนมัติ ทำให้เกิด หลอดลมตีบ และผลกระทบต่อหัวใจและหลอดเลือด	Tunnicliffe, 2001	P < 0.003 P = 0.01
		เพิ่มอัตราการเข้ารับการรักษาฉุกเฉินด้วยโรคหอบหืด	Tunnicliffe, 2001	
		ประสิทธิภาพการทำงานปอดลดลง		
NO_2	100 µg/m^3นาน 24 ชั่วโมง	มีผลต่อสุขภาพของผู้ที่ป่วยโรคหัวใจล้มเหลว	Goldberg, 2008	1.94 (1.14 , 2.96)
NO_2	100 µg/m^3 นาน 24 ชั่วโมง	มีผลกระทบต่อการทำงานของปอด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเด็กที่มีประวัติเป็นโรคหรือมีอาการระบบทางเดินหายใจอยู่ก่อนแล้ว	Strand, 1998	1.28 (1.13,2.98)
NO_2	100 µg/m^3นาน 5 วัน	การทำงานปอดของเด็กประถมผิดปกติ เกิดอาการจนขาดเรียนไป	O'Connor et al 2008	1.39 (1.03,1.41)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สารมลพิษ	ความเข้มข้นของสารมลพิษเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	ผลที่เกิดขึ้น	เอกสารอ้างอิง	ค่า Odds ratio ในช่วงความเชื่อมั่น 95% หรือนัยสำคัญทางสถิติ
NO_2	100 μg/m^3 นาน 24 ชั่วโมง	คนป่วยต้องเข้ารับการรักษาฉุกเฉินเพิ่มขึ้น 70 %	Llora et al, 2005	P=0.005
NO_2	100 μg/m^3 นาน 24 ชั่วโมง	ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังจะเกิดอาการหายใจติดขัดจนหายใจไม่ได้ ผู้ที่สูบบุหรี่จะเป็นหลอดลมอักเสบ	Tolbert,2000	3.45 (3.00,4,12)
NO_2	1300 μg/m^3 นาน 24 ชั่วโมง	เทียบเท่ากับการได้รับควันบุหรี่มือสองทำให้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง	Berkey et al., 1986	1.11 (1.01,1.34)
NO_2	230 μg/m^3 นาน 24 ชั่วโมง	กระตุ้นให้มีการหลั่ง Histamine มากขึ้น จนเกิดอาการคัดจมูกถึงขั้นเป็นหอบหืดรุนแรง	Strand, 1998	1.93 (1.03,2.31)
NO_2	200 μg/m^3 1 ปี	อัตราการตายที่สูงขึ้น	Scoggins et al,2004	2.21 (2.03,3.35)
NO_2	200 μg/m^3 นาน 24 ชั่วโมง	ผู้ที่สูบบุหรี่จะเป็นหลอดลมอักเสบ มากขึ้น	Tolbert, 2000	P < 0.05
NO_2	190 μg/m^3 นาน 3 ชั่วโมง	ระบบทางเดินหายใจติดเชื้อ	Frampton, 2002	P=0.024

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สารมลพิษ	ความเข้มข้นของสารมลพิษเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	ผลที่เกิดขึ้น	เอกสารอ้างอิง	ค่า Odds ratio ในช่วงความเชื่อมั่น 95% หรือนัยสำคัญทางสถิติ
NO_2	6.2 ppb นาน 2 อาทิตย์	เด็กเสี่ยงเป็นโรคหอบหืดรายใหม่	Jarrett, 2008	1.29 (1.07-1.56)
NO_2	6 ppb นาน 1 ปี	เด็กชายและเด็กหญิงเสี่ยงต่อการเป็นหอบหืดโดยไม่มีไข้มากกว่ากลุ่มคนทั่วไป	Sahsuvaroglu et al., 2009	ชาย 2.98 (0.98-9.06) หญิง1.86 (1.59-2.16)
NO_2	190 $\mu g/m^3$ นาน 24 ชั่วโมง	มีผลกระทบต่อการทำงานของปอด เด็กที่มีประวัติเป็นโรคหรือมีอาการระบบทางเดินหายใจอยู่ก่อนแล้ว	Timonen, 2002	2.21 (1.89,2.98)
PM_{10}	10 $\mu g/m^3$ นาน 24 ชั่วโมง	เพิ่มอัตราการเป็นโรคหัวใจในผู้สูงอายุ	Dominici et al,2006	1.82 (1.33,2.98)
PM_{10}	10 $\mu g/m^3$ ค่าเฉลี่ย 1 ปี	โรคหัวใจ โรคปอด รวมทั้งมะเร็งปอดด้วย	Pope III et al, 2002	1.04 (1.00,1.08)
PM_{10}	10 $\mu g/m^3$ ค่าเฉลี่ย 1 ปี	เพิ่มอัตราการตายขึ้นร้อยละ4	Pope III et al, 2002	1.89 (1.24,1.97)
PM_{10}	10$\mu g/m^3$ ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	เพิ่มอัตราการตายขึ้นร้อยละ 1	Pope III et al, 2002	1.64 (1.34,1.67)
PM_{10}	10$\mu g/m^3$ ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	มีผลทำให้เนื้อเยื่อปอดอักเสบเพิ่มสูงขึ้น ร้อยละ 1.28	Dominici, 2006	1.28 (1.03,1.35)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สารมลพิษ	ความเข้มข้นของสารมลพิษเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	ผลที่เกิดขึ้น	เอกสารอ้างอิง	ค่า Odds ratio ในช่วงความเชื่อมั่น 95% หรือนัยสำคัญทางสถิติ
PM_{10}	10μg/m^3 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ทำให้ Forced expiratory volumn (FEV) ลดลง ร้อยละ 3.4	Ackermann-Liebrich , 1997	1.78 (1.23 , 1.99)
PM_{10}	10μg/m^3 24 ชั่วโมง	โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง	Tolbert et al., 2000	2.67 (2.02,2.89)
PM_{10}	45 μg/m^3 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	มีผลระบบทางเดินหายใจทำงานผิดปกติในผู้ใหญ่	Vichit-Vadakan et al., 2001	1.49 (1.35,1.64)
PM_{10}	45 μg/m^3 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	มีผลระบบทางเดินหายใจทำงานผิดปกติในเด็ก	Schwartz et al., 1994	1.89 (1.31,2.72)
PM_{10}	45 μg/m^3 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	มีผลระบบทางเดินหายใจทำงานผิดปกติในเด็ก	Pope III et al., 1994	1.25 (1.05,1.49)
PM_{10}	10μg/m^3 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	เพิ่มอัตราการเข้ารักษาในโรงพยาบาลด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ อายุ 0 - 14 ปี ร้อยละ 1.2 อายุ 15 - 64 ปี ร้อยละ 1.1 65 ปีขึ้นไป ร้อยละ 1.0 ทุกกลุ่มอายุ ร้อยละ 0.9	Richard Atkinson,2001	1.2%(0.2, 2.3) 1.1% (0.3, 1.8) 1.0% (0.4, 1.5) 0.9% (0.6, 1.3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สารมลพิษ	ความเข้มข้นของสารมลพิษเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	ผลที่เกิดขึ้น	เอกสารอ้างอิง	ค่า Odds ratio ในช่วงความเชื่อมั่น 95% หรือนัยสำคัญทางสถิติ
PM_{10}	10μg/m^3 24 ชั่วโมง	เสี่ยงต่อการเสียชีวิตเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุ คือ 65 ปีขึ้นไป	Goldberg, 2000	1.23 (1.09,1.56)
SO_2 NO_2	10μg/m^3 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ต้องเข้ารับการรักษาโรคหอบหืดฉุกเฉินในโรงพยาบาล	Castellsague et al., 1995; Llorca et al.,2005	1.05 (1.01,1.10)
SO_2 NO_2	10μg/m^3 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ประสิทธิภาพการทำงานของปอดลดลง	Ackermann-Liebrich, 1997	1.06 (1.01,1.11)
SO_2 NO_2	10μg/m^3 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	เด็กที่มีอาการหอบหืดอยู่ก่อนแล้วเมื่อสัมผัสมลพิษทางอากศจะทำให้อาการโรคทางระบบทางเดินหายใจทรุดลงเฉียบพลัน	O'Connor, 2008	1.11 (1.01,1.22)
SO_2 NO_2	1ppm ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	มลพิษทางอากาศมีผลต่อพัฒนาการของทารกในครรภ์และหลังจากคลอดเป็นทารก	Lei Wang, Kent Pinkerton, 2007	1.06 (1.03,1.06)
SO_2 NO_2	1ppm ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ทารกมีภาวะพิการตั้งแต่กำเนิด การเจริญเติบโตของปอดผิดปกติ	Jane Q Koenig,2000	1.07 (1.03,1.10)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สารมลพิษ	ความเข้มข้นของสารมลพิษเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	ผลที่เกิดขึ้น	เอกสารอ้างอิง	ค่า Odds ratio ในช่วงความเชื่อมั่น 95% หรือนัยสำคัญทางสถิติ
SO_2 NO_2	1ppm ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ทำการทดลองให้รมควันในสัตว์ทดลองเป็นลิงที่กำลังท้องจนกระทั่งคลอดพบว่าลิงเกิดใหม่เป็นโรคระบบทางเดินหายใจและมีการหลั่ง Th_1-/Th_2-cytokineมากกว่าปกติ	Lei Wang, Kent Pinkerton, 2007	1.06 (1.03,1.10)
SO_2+PM_{10}	10 µg/m^3 นาน 24 ชั่วโมง	ผลต่อระบบทาง เดินหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือดไม่มากก็น้อย สำหรับประชาชนที่สูดดมเข้าไป โดยเฉพาะในกลุ่มเสี่ยงได้แก่ เด็กและคนชราและคนที่มีโรคของระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคภูมิแพ้ โรคหอบหืดเป็นต้น	Pope III et al, 2002	3.2 (1.7,6.2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สารมลพิษ	ความเข้มข้นของสารมลพิษเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	ผลที่เกิดขึ้น	เอกสารอ้างอิง	ค่า Odds ratio ในช่วงความเชื่อมั่นหรือนัยสำคัญทางสถิติ
SO_2+PM_{10}	10 μg/m^3 นาน 24 ชั่วโมง	เกิดผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจนั้นอาจเป็นไปได้ว่าเด็กไม่สามารถหายใจเอาออกซิเจนเข้าไปได้ ทำให้ร่างกายไม่พัฒนาสร้างถุงน้ำคร่ำขึ้นมา จึง ได้มีการศึกษาศพของเด็ก 0-4 ปีที่เสียชีวิตจาก London Fog ปี 1952 เพื่อพิสูจน์ก็พบว่ามีจำนวน ถุงลมในปอดน้อยกว่าปกติ 10 เท่า	Schwatz, 2004	1.055 (1.033,1.077)
SO_2+PM_{10}	10 μg/m^3 นาน 24 ชั่วโมง	ผลต่อสุขภาพของผู้ที่ป่วยโรคหัวใจล้มเหลว	Goldberg, 2008	1.04 (0.99,1.08)
SO_2+PM_{10}	ค่าเฉลี่ย 10 μg/m^3 นาน 24 ชั่วโมง	เกิดอาการและอาการแสดงภาวะหัวใจขาดเลือดเฉียบพลันขั้นแรกเริ่ม (triggering ischemic cardiac events)	Jordi Sunyer , 2002	SO_2 0.7 (0.1,1.3) PM_{10} 1.3 (0.7,1.8)
SO_2+PM_{10}	ค่าเฉลี่ย 10 μg/m^3 นาน 24 ชั่วโมง	เด็กที่มีโรคระบบทางเดินหายใจ มี forced vital capacity (FVC) และ Forced expiratory volume in 1 second (FEV_1) ลดลงกว่าปกติ	Aekplakorn, 2003	FEC -6.3 (-9.8, -2.8) FEV1 -6.0 (-9.2, -2.7)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สารมลพิษ	ความเข้มข้นของสารมลพิษเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	ผลที่เกิดขึ้น	เอกสารอ้างอิง	ค่า Odds ratio ในช่วงความเชื่อมั่นหรือนัยสำคัญทางสถิติ
SO_2+ PM_{10}	ค่าเฉลี่ย 90 $\mu g/m^3$ นาน 24 ชั่วโมง	SO_2ทำให้ความดันโลหิตขณะที่หัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure) เพิ่มสูงขึ้น 1.79 มิลลิเมตรปรอท PM_{10} ทำให้ความดันโลหิตขณะที่หัวใจบีบเพิ่มสูงขึ้น 6.93 มิลลิเมตรปรอท	Angela et al. ,2001	1.79(0.63,2.95) 6.93(4.31,9.75)
SO_2 +PM_{10}	213 $\mu g/m^3$ ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	Forced expiratory volume (FEV)ลดลง	Wang, 1999	-1.77(-1.03,-2.24)
SO_2+NO_2 +PM_{10}	1 ppm ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	คลอดก่อนกำหนด	Shiliang Lia ,2003	1.09(1.01,1.19)

ดังจะเห็นได้ว่าสำหรับมลพิษที่ได้รับอาจจะมีอาการแสดงออกในระดับอันตรายทันทีทันใด กล่าวคืออาจตายหรือพิการได้ บางครั้งไม่ได้แสดงออกทันทีทันใดแต่จะค่อย ๆ สะสมในร่างกายจนร่างกายไม่สามารถทนสภาพได้และภาวะบางอย่างหากร่างกายได้รับจะส่งผลในระยะยาวไม่ถึงกับสูญเสียชีวิต แต่เป็นอาการที่ทำให้ชีวิตไม่เป็นสุขตลอดไป

สถิติทางระบาดวิทยาผลกระทบมลพิษทางอากาศ

การออกแบบงานวิจัยและการพิจารณาใช้สถิติเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาเป็นอย่างมาก การออกแบบงานวิจัยในการศึกษาระบาดวิทยาผลกระทบมลพิษทางอากาศ เดิมทีการกำหนดระดับนัยสำคัญหรือ α ขึ้นอยู่กับการตั้งสมมติฐาน แต่พบว่าอำนาจการทดสอบระดับ type I error ในกลุ่มที่มีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้ type I error สูงได้ ทำให้เกิด False positive โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกี่ยวกับสารมลพิษ หากมี type I error มากเกินไป อาจจะสรุปว่าไม่มีความเสี่ยงหรือปลอดภัยทั้งที่ความจริงมีผลต่อสุขภาพหรือเสียชีวิตได้ จึงได้มีการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบระดับ type I error ในการศึกษาทางระบาดวิทยามลพิษทางอากาศ 127 การศึกษาที่ใช้ Odds ratio และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.5 ในขนาดตัวอย่าง 75, 150, 300, 600, 1200, 2400 พบว่ามีอำนาจการทดสอบ 0.05, 0.18, 0.70, 0.95, 0.96, 0.99 จึงสรุปได้ว่า ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นทำให้อำนาจการทดสอบสูงขึ้นและที่ยอมรับได้ คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 600 ตัวอย่างขึ้นไป (Marshall, 2007)

พิจารณาระยะเวลาในการวิจัย การศึกษาวิจัยผลกระทบมลพิษทางอากาศมีทั้งในระยะสั้น-ยาวแตกต่างกัน ความสัมพันธ์ระยะเวลาที่สัมผัสมลพิษกับผลที่เกิดขึ้น Health Effect Institute (HEI) ได้เข้ามาวิเคราะห์ข้อมูลของ Harvard Six-Cities study พบว่า ผลกระทบต่อสุขภาพของมลพิษทางอากาศจะแบ่งเป็นผลในระยะสั้น ระยะปานกลางและระยะยาว โดยเกณฑ์การแบ่งช่วงเวลา คือ ถ้าสัมผัสในระยะเวลาเป็นชั่วโมงถึงเป็นวัน ถือเป็นการสัมผัสระยะสั้น การสัมผัสในระยะเวลา 2 - 60 วัน เป็นการสัมผัสระยะปานกลาง ส่วนการสัมผัสใช้เวลา 1 ปี หรือนานกว่านั้น ถือเป็นการสัมผัสระยะยาว ในการศึกษาการสัมผัสระยะสั้นหลาย ๆ การศึกษา มักศึกษาผลกระทบต่องระบบทางเดินหายใจแบบเฉียบพลัน โดยใช้อาการเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจและสมรรถภาพทางปอดเป็นเครื่องชี้วัดสถานะสุขภาพคนในกลุ่มต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ตามพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศสูงเกินมาตรฐานหรือต่ำกว่ามาตรฐาน หรืออยู่ในพื้นที่ใกล้และไกลแหล่งกำเนิด แต่มีข้อสังเกตว่ามลพิษทางอากาศไม่ได้เกิดจากสารจากตัวใดตัวหนึ่งเป็นตัวสำคัญ แต่ประกอบด้วยสารหลายชนิดเข้ามามีผลร่วมกัน ในช่วง 2 ทศวรรษพบว่ามีการเปลี่ยนการศึกษาจากเดิมเป็นการศึกษาเฉพาะสารมลพิษเดี่ยวมาเป็นการศึกษาสารมลพิษหลายสาร ดังนั้นการวิเคราะห์หรือออกแบบวิจัยและการใช้สถิติในการควบคุมตัวแปรในเรื่องปัจจัยอื่นๆ ที่มีศักยภาพที่จะเป็นตัวกวน (Confounding) เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา

การออกแบบการวิจัยและการใช้สถิติ โดยใช้ Time series จะใช้กรณีความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสมลพิษทางอากาศกับอัตราการป่วยและอัตราการตายซึ่งเป็นผลกระทบที่รุนแรงและเป็นระยะยาว (McMichael et al., 1998) แต่การศึกษา Time series ต่อวัน หรือในระยะสั้นไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ทางกลไกทางชีววิทยาได้ชัดเจนเท่าที่ควร นอกจากนี้การศึกษาในปัจจุบันกำลังศึกษาตามสมมติฐานว่าการสัมผัสมลพิษนั้น ไม่ได้สัมผัสเพียงครั้งเดียว เป็นการสัมผัสแบบสะสมไปเรื่อย ๆ ตราบใดที่ยังอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่สัมผัสมลพิษนั้นยังอยู่ โดยข้อมูลจากการวิเคราะห์พบว่า ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ Time series เพื่อศึกษาการสัมผัสแบบสะสมไปเรื่อย ๆ จะได้ค่าที่ต่ำกว่าการศึกษาด้วยวิธีวิเคราะห์อื่น (Pope III et al., 2002) การศึกษาในปัจจุบันจึงหันมาศึกษาเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซมลพิษกับอาการตั้งแต่เริ่มต้น เช่น การเกิดอาการทางระบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทางเดินหายใจส่วนบน การเปลี่ยนแปลงการเต้นของหัวใจ (Heart rate variability) หรือ HRV (Park et al., 2003) การเพิ่มของ fibrinogen (Hoeppe et al., 2003) ความดันโลหิตสูงขึ้นหรือการตอบสนองของความดันโลหิต (blood pressure reactivity) (Liao et al., 2003) นอกจากนี้ยังพบว่าการเกิดอาการทางระบบทางเดินหายใจส่วนบนมีความเสี่ยงสัมพัทธ์สูงและตรวจพบอาการได้เร็วหรือไวกว่ากว่าโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด (Barclay et al., 2005) ซึ่งภาวะที่กล่าวมาข้างต้นจะเกิดก่อนที่จะเกิดผลต่อสุขภาพที่รุนแรง และทำให้เกิดความเข้าใจว่า มลพิษทางอากาศจะไปทำให้การทำงานของร่างกายเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรจนนำไปสู่การป่วยและการเสียชีวิตได้มากขึ้น

อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาเลือกการศึกษาที่สามารถบ่งบอกความแตกต่างของความเสี่ยงต่อสุขภาพระหว่างมลพิษทางอากาศในแต่ละวัน สภาพภูมิอากาศ ความแตกต่างของ อายุ เพศ ความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสมลพิษกับอาการแสดง โดยมากแล้วมักประเมินโดยใช้การศึกษาทางนิเวศวิทยา (Ecological Study) และการศึกษาแบบไปข้างหน้า (Prospective study) โดยการศึกษาทางนิเวศวิทยาจะพบว่า อัตราการป่วย อัตราการตายและอาการแสดงเพิ่มขึ้นในพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศมีอัตราสูงกว่าพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศต่ำ แต่ข้อเสียที่เกิดขึ้นก็คือการศึกษาโดยใช้ประชากรเป็นฐาน (population-based studies) จะไม่สามารถที่จะควบคุม คุณลักษณะเฉพาะบุคคลได้ บ่งบอกลักษณะประชากรโดยรวมเท่านั้นและความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากปัจจัยของตัวกวน (confounding factors) เช่น การสูบบุหรี่ อาชีพ (Pope III et al., 1995, Pope III et al., 2002)

นอกจากนี้ ในปัจจุบันได้นำการวิเคราะห์ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System หรือ GIS) มาช่วยในทางระบาดวิทยา ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แตกต่างจากโปรแกรมอื่นๆ ที่ใช้ในการจัดทำแผนที่เพียงอย่างเดียวหรือจัดทำฐานข้อมูลเพียงอย่างเดียว ซึ่งในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้นจะใช้รายละเอียดข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) และข้อมูลเชิงบรรยาย (Non-spatial data) มาใช้ในการวิเคราะห์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีความแตกต่างจากระบบสารสนเทศอื่นๆ คือ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถทำงานและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงแผนที่ได้ ในการวิเคราะห์ข้อมูลอาจใช้ข้อมูลเชิงแผนที่และข้อมูลเชิงบรรยายในระบบฐานข้อมูลของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบที่อ้างอิงบนพิกัดภูมิศาสตร์ได้ แต่ในขณะที่ระบบสารสนเทศจะสามารถวิเคราะห์ข้อมูลในฐานข้อมูลในเชิงสถิติหรืออื่นๆ แต่ไม่สามารถบ่งบอกตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ได้ (วนิดา อังคสุวรรณ, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial analysis) ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เป็นการนำหลักการหรือวิธีการต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของข้อมูลหรือค่าของกริดที่มีอยู่ ให้สามารถนำไปผสมผสานกับข้อมูลอื่นๆ ในขบวนการของการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์อาจใช้ข้อมูลเชิงแผนที่และข้อมูลเชิงบรรยายในระบบฐานข้อมูล เพื่อให้ได้คำตอบที่อ้างอิงบนพิกัดภูมิศาสตร์ได้เป็นวิธีหนึ่งที่เปิดโอกาสให้ศึกษาหาความสัมพันธ์ทางพื้นที่ (Spatial Relationship) ของข้อมูลเดิมเพื่อสร้างข้อมูลใหม่ตามเงื่อนไขต่างๆ รายละเอียดข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ตั้ง เช่น ที่ไหน? (Where) ในส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System Data Analysis) จะตอบได้ว่า "ทำไมถึงอยู่ที่นั่น" (Why is it there?) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ยังสามารถอธิบายในรูปแบบตัวเลข และรวมถึงภาพ จะทำให้สะดวกในการวิเคราะห์แบบจำลอง (model) วิเคราะห์ผลคาดการณ์ทั้งรูปแบบแผนที่และข้อมูลสารสนเทศ (สุเพชร จิรขจรกุล, 2549)

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่เป็นวิธีการหนึ่งที่ในช่วงหลังนิยมใช้ในการศึกษาพื้นที่ที่อยู่ใกล้และอยู่ไกลแหล่งกำเนิดก๊าซมลพิษ รวมทั้งเมื่อเร็ว ๆ นี้นักระบาดวิทยาระดับโลกต่างทำการทบทวนวิธีการ ผลลัพธ์ รวมทั้งความเชื่อมั่นในข้อมูลทางระบาดวิทยา HEI และ ACS ซึ่งเป็นองค์กรสำคัญในการศึกษามลพิษทางอากาศได้ทำการทบทวนงานวิจัยทั้งหมดย้อนหลังพบว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมโดยเฉพาะอย่างยิ่งซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่นขนาดเล็ก (Daniel Krewski et al., 2008, Daniel Krewski et al., 2007)

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่เมื่อเปรียบเทียบกับ "การทำแผนที่" (map) การวิเคราะห์เชิงพื้นที่จะสามารถใช้ข้อมูลที่หลากหลายกว่า เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และคาดการณ์อนาคต หรือสร้างผลลัพธ์ในรูปแผนที่ที่เรายังคาดการณ์ไม่ถึง เช่น การใช้แบบจำลอง (model) สามารถช่วยอธิบายและคาดการณ์หลังจากการวิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ร่วมกับข้อมูลเชิงคุณลักษณะได้ ทำให้การวิเคราะห์ที่ต้องการจึงมีความซับซ้อน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้หลาย ๆ อย่าง (International Journal of Health Geographics, 2006) เช่น

- การสอบถามข้อมูลการหาที่ตั้ง (Location) โดยผู้ใช้ฐานข้อมูลสามารถสอบถามได้ว่า “มีอะไรอยู่ที่ไหน? (What is at…?)” เป็นคำถามที่สามารถตอบได้ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งหากมีการเตรียมแผนที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ทำให้ผู้สอบถามข้อมูลจากฐานข้อมูลสามารถตอบคำถามได้ว่า จุดที่ต้องการทราบ ตั้งอยู่ที่ตำบล หรืออำเภอ หรือจังหวัดใด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หรืออาจจะอยู่ใกล้กับถนนใด เพื่อให้ง่ายต่อการไปถึงจุดที่ต้องการ และสามารถสอบถามรายละเอียดอื่นๆ เพิ่มเติมได้ และทำให้เราทราบถึงพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้

- การสอบถามข้อมูลโดยการตั้งเงื่อนไข (Condition) โดยตั้งเงื่อนไขในการสอบถามหรือวิเคราะห์ข้อมูลว่า "สิ่งที่สอบถามนั้นอยู่ที่ไหน? (Where is it?)" พื้นที่ที่ตั้งเงื่อนไขที่ผู้ใช้ต้องการกำหนดขอบเขตเพิ่มเติมในพื้นที่นั้นอยู่บริเวณใดในพื้นที่ศึกษา เช่น ห่างจากโรงงาน 5 กิโลเมตร 10กิโลเมตร ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถช่วยค้นหาพื้นที่ที่ตั้งเงื่อนไขไว้และสามารถแสดงผลในรูปแบบแผนที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะได้

- การสอบถามข้อมูลถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง (Trends) โดยที่ผู้ใช้ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถสอบถามข้อมูลการเปลี่ยนแปลงในฐานข้อมูลที่รวบรวมไว้ว่า "ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมามีอะไรในพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนแปลงไปบ้าง? (What has changed since…?)" เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาวะโรคของคนในพื้นที่นั้น ซึ่งสามารถทำให้เห็นแนวโน้มหรือพัฒนาการของพื้นที่ศึกษาหรือชุมชนในพื้นที่ศึกษาได้

- การสอบถามข้อมูลรูปแบบการเปลี่ยนแปลง (Patterns) ในการสอบถามข้อมูลถึงรูปแบบของสิ่งที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้จะต้องใช้การแสดงแผนที่หรือข้อมูลในรูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่เพื่อตรวจสอบดูว่า "ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันในด้านพื้นที่เป็นอย่างไร? (What spatial patterns exist?)" เช่น อยากจะหาสาเหตุของการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศ ในพื้นที่ศึกษา บางแห่งมีการกระจุกตัวของมลพิษ เป็นจำนวนมาก เมื่อแสดงด้วยแผนที่แล้วพบว่าการกระจายตัวของมลพิษเกิดจากการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นหรือเป็นไปตามเส้นทางคมนาคมทางบกเป็นปัจจัยสำคัญ สามารถคาดการณ์ไปได้อีกว่าการกระจายตัวจะไปทิศทางใดได้

- การสอบถามข้อมูลด้วยการสร้างแบบจำลอง(Modeling) ซึ่งในการจัดทำแบบจำลองสถานการณ์นี้สามารถทำให้ผู้ใช้ฐานข้อมูลซึ่งจะต้องมีความรู้ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาบ้าง สามารถใช้งานได้ในการกำหนดรูปแบบจำลองโดยใช้ฐานข้อมูล และทำให้คาดการณ์ถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไปหากมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยหรือตัวแปรใดๆ ในฐานข้อมูล (What if…?) เช่น การเตรียมข้อมูลสภาพพื้นที่มลพิษที่ต้องเฝ้าระวังเป็นพิเศษ หากเกิดการรั่วของก๊าซจากกระบวนการผลิต เป็นต้น

ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่หรือ Spatial analysis สามารถแสดงผลในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่หรือข้อมูลคำอธิบายและเห็นภาพรวมที่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล อีกทั้งสามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหรือคำตอบที่ต้องนำไปใช้ในการตัดสินใจ ตัวอย่างได้แก่ American Cancer Society ได้นำมาใช้ศึกษาแบบไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

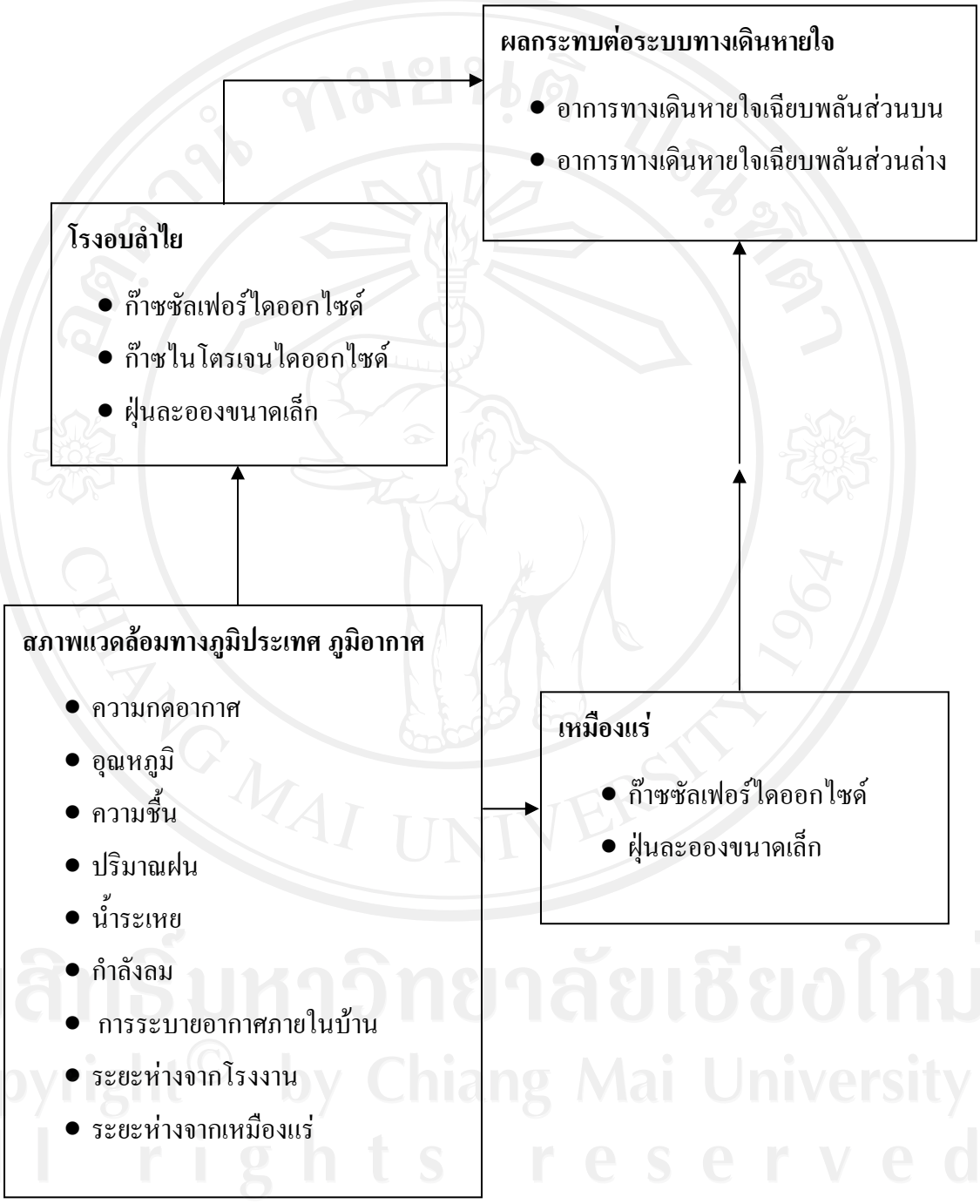
ข้างหน้า (cohort study) ผู้ป่วยที่เสียชีวิตจากซัลเฟตซึ่งนำไปสู่การทำกระบวนการลดหรือควบคุมปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณต่างๆ ได้ (Burnette et al., 2001) การทำแบบจำลองทำนายอัตราการป่วยและอัตราการตาย รวมทั้งปัจจัยเสี่ยงโรคมะเร็งในอเมริกา (Wilson, 2002)

การใช้ spatial analytic method เป็นวิธีการหนึ่งในช่วงหลังนิยมใช้ในการศึกษาพื้นที่ที่อยู่ใกล้และอยู่ไกลแหล่งกำเนิดก๊าซมลพิษ รวมทั้งเมื่อเร็ว ๆ นี้ นักระบาดวิทยาระดับโลกต่างทำการทบทวนวิธีการ ผลลัพธ์รวมทั้งความเชื่อมั่นในข้อมูลทางระบาดวิทยา HEI และ ACS ซึ่งเป็นองค์กรสำคัญในการศึกษามลพิษทางอากาศได้ทำการทบทวนงานวิจัยทั้งหมดย้อนหลังพบว่าเป็นวิธีที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่นขนาดเล็ก (Daniel Krewski et al., 2007, Daniel Krewski et al., 2008)

การศึกษาโดยใช้ Spatial analysis ในงานระบาดวิทยามลพิษทางอากาศที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด ได้แก่ การศึกษา ใน Hamilton รัฐ Ontario ประเทศแคนาดา ทำการศึกษาความไวต่อมลพิษในอากาศตั้งแต่ปี 1985 นำมาวิเคราะห์โดยใช้ Spatial autocorrelation ใน Simultaneous autoregressive model (SAR model) หาความสัมพันธ์ สรุป รวมทั้งทำนายความสัมพันธ์การสัมผัสมลพิษทางอากาศในกลุ่มที่สัมผัสปริมาณสูง - ต่ำ กับอาการแสดง (Jerrett, 2001) พัฒนาเป็น Land use regression model (LUR model) ทำนายผลมลพิษทางอากาศไปข้างหน้า 10 ปี ต่อมาในปี 2002 ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณที่อยู่ใกล้โรงงาน 100 แห่ง โดยเทียบจาก LUR model และแบบ Cross - sectional ในแต่ละฤดู พบว่า ผลการวิเคราะห์ไม่มีความแตกต่างกัน (Sahsuvaroglu et al., 2006) ต่อมาทำการศึกษาความสัมพันธ์ปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์กับอาการแสดงซ้ำ โดยพิจารณา 4 ทาง ได้แก่ (1) การวัดระยะห่างจากถนน (2) การตรวจวัดโดยตรงจากบรรยากาศ (3) การตรวจวัดจากโรงงานอุตสาหกรรม และ(4) การวิเคราะห์ด้วย LUR พบว่าทั้ง 4 วิธี ให้ผลไม่แตกต่างกันและความเสี่ยงในกลุ่มเด็กผู้หญิงมากที่สุด(Sahsuvaroglu et al., 2009)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรอบแนวคิดในการศึกษา



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved