



บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาการรับสัมผัสมลพิษอากาศจากไฟฟ้าและผลกระทบต่อสุขภาพในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ หาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการเกิดไฟฟ้ากับปริมาณมลพิษอากาศและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสมลพิษอากาศและส่วนที่สองหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลพิษอากาศกับโรคระบบทางเดินหายใจ

3.1 หาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการเกิดไฟฟ้ากับปริมาณมลพิษอากาศและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสมลพิษอากาศ

3.1.1 กำหนดพื้นที่ศึกษา

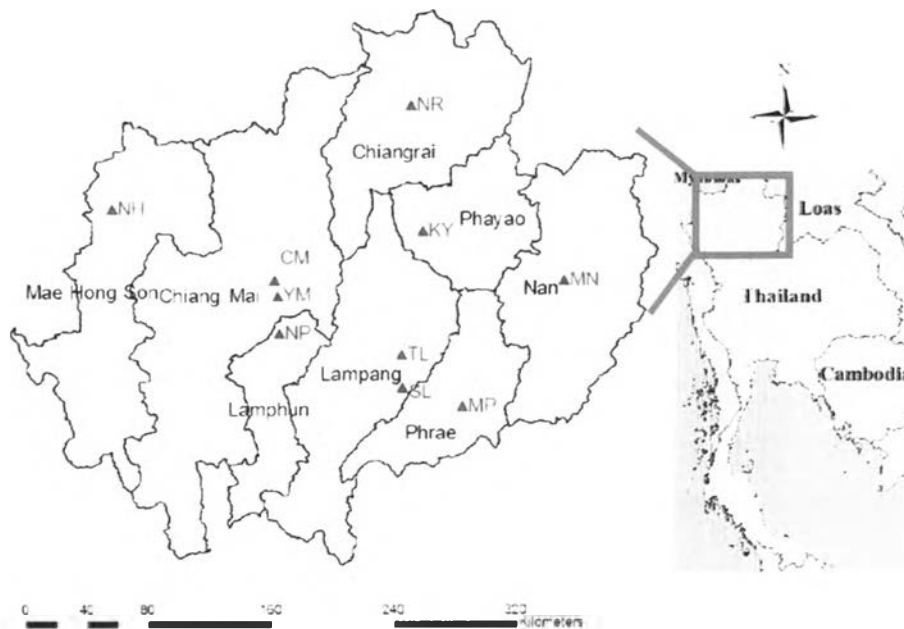
ในการศึกษานี้ได้เลือกทำการศึกษาในพื้นที่ 8 จังหวัด ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย พะเยา แพร่ น่าน แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง ซึ่งเป็นพื้นที่ประสบปัญหา มลพิษอากาศและหมอกควันทุกปีในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม - เมษายน) เกษตรกรมักทำการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการทำการเกษตรในฤดูกาลต่อไป ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศขึ้น จึงได้นำข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณมลพิษจากสถานีตรวจวัด 10 สถานี (รูปที่ 3.1 และ ตารางที่ 3.1) ในพื้นที่ 8 จังหวัด ทั้งหมด 4 ชนิด คือ ฝุ่นละออง PM_{10} ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โอโซน และสารอินทรีย์ระเหยกลุ่ม BTEX จากสถานีตรวจวัดในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการตรวจวัดมลพิษอากาศเพิ่มเติมในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนและพะเยา เพื่อนำข้อมูลมารวมในการประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัสมลพิษอากาศในเขตพื้นที่ภาคเหนือในช่วงที่เกิดไฟฟ้าและไม่เกิดไฟฟ้า

3.1.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1) ผลการตรวจวัดปริมาณมลพิษอากาศ ได้แก่ PM_{10} CO O_3 ตั้งแต่ปี 2554 – 2557 จาก 10 สถานีตรวจวัดในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนและผลการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหย BTEX จากสถานีตรวจวัดในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ของกรมควบคุมมลพิษ โดยมีวิธีการตรวจวัดดังนี้

- PM_{10} เก็บตัวอย่างด้วย High-Volume Air Sampling และวัดปริมาณฝุ่นด้วยระบบ Beta-gauge attenuator เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($\mu g/m^3$)
- CO ตรวจวัดด้วยวิธี Non-Dispersive Infrared Detection เฉลี่ย 8 ชั่วโมง (ppm)
- O_3 ตรวจวัดด้วยวิธี Chemiluminescent เฉลี่ย 8 ชั่วโมง (ppb)
- สารอินทรีย์ระเหย BTEX เก็บตัวอย่างโดยวิธี Canister Analysis 24 ชั่วโมง เดือนละ 1 ครั้ง ในจังหวัดเชียงใหม่ และวิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS) ($\mu g/m^3$)

2) สถิติการเกิดไฟป่า ตั้งแต่ปี 2554 - 2557 จากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยนับจำนวนครั้งที่มีการดับไฟ



รูปที่ 3.1 พื้นที่ศึกษาในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน จำนวน 10 สถานี

ตารางที่ 3.1 สถานีตรวจวัดปริมาณมลพิษอากาศและพิกัดของสถานีในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน

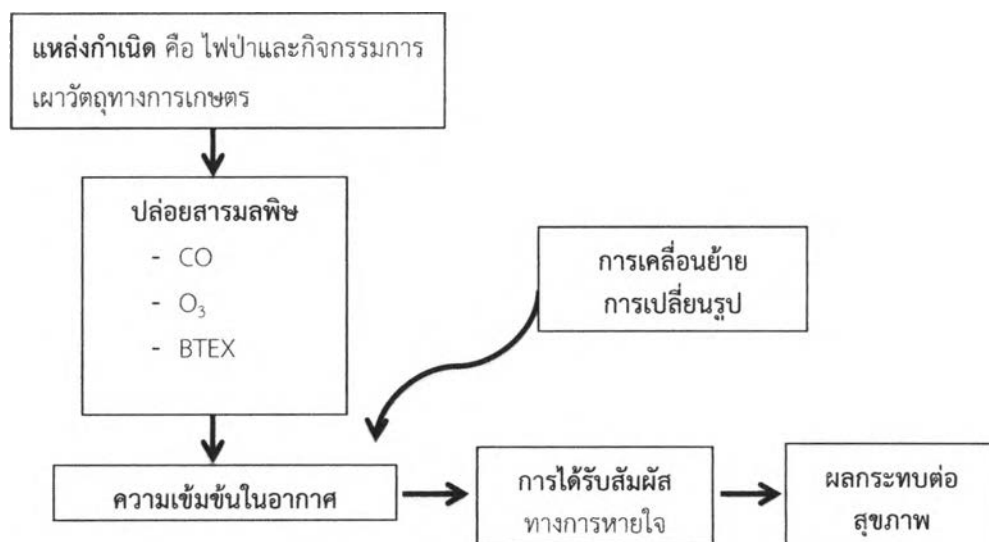
จังหวัด	สถานี	พิกัด (UTM 47N)	
		x	y
ลำปาง	อนามัยสบปาด (Sob Pad, SL)	580762	2018151
	อนามัยท่าสี่ (Ta See, TL)	579879	2039236
เชียงใหม่	ศาลากลาง (City Hall Chiang mai ,CM)	496709	2088015
	โรงเรียนยุพราช (Yupparaj wittayalai school, YM)	498803	2077766
เชียงราย	ทสจ. เชียงราย (ศูนย์บรรเทาสาธารณภัย) (Natural Resources and Environment office Chiangrai, NR)	586166	2201696
แม่ฮ่องสอน	ทสจ.แม่ฮ่องสอน (Natural Resources and Environment office Mae Hong Son, NH)	392292	2134528
ลำพูน	ทสจ.ลำพูน (Natural Resources and Environment office Lamphun, NP)	499848	2053317
กว๊านพะเยา	กว๊านพะเยา (Knowledge park Phayao, KY)	594257	2119842
แพร่	อุตุนิยม (Meteorological Phrae, MP)	619922	2005915
น่าน	เทศบาลเมือง (Muang Nan Municipality office, MN)	686341	2087939

3.1.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

1) เตรียมการก่อนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

การศึกษาครั้งนี้ได้ตั้งประเด็นคำถามเพื่อใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศ (รูปที่ 3.2) โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1.1) ผู้ได้รับความเสี่ยง ได้แก่ ประชาชนทั่วไปที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน
- 1.2) ความเป็นอันตรายทางสิ่งแวดล้อมสิ่งที่จะต้องพิจารณา ได้แก่ สารมลพิษอากาศ 3 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โอโซน (O₃) และ BTEX
- 1.3) แหล่งกำเนิด เป็น Point Sources คือ ไฟป่า
- 1.4) เส้นทางการรับสัมผัส (Pathways) ผ่านทางอากาศ
- 1.5) ช่องทางการรับสัมผัส (Routes) โดยการหายใจ
- 1.6) ผลกระทบต่อสุขภาพ คือ เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะส่งผลทำให้ร่างกายเจริญเติบโตไม่เต็มที่และเป็นสาเหตุของโรคต่างๆ เช่น โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ หอบหืด โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดแข็ง ซึ่งมลพิษจากหมอกควันจะทำให้เกิดโรค 4 กลุ่มโรค ได้แก่ โรกระบบหัวใจและหลอดเลือด โรกระบบทางเดินหายใจ โรคตาอักเสบ และโรคผิวหนังอักเสบ
- 1.7) ช่วงเวลาในการรับสัมผัสอันตรายทางสิ่งแวดล้อม พบว่า ในช่วงที่เกิดไฟป่าประชาชนได้รับสัมผัสมลพิษอากาศตลอด 24 ชั่วโมง



รูปที่ 3.2 แนวคิดในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

2) การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ขั้นตอนที่ 1 ระบุสิ่งคุกคาม Hazard Identification

สิ่งคุกคามที่นำมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โอโซน (O₃) และ BTEX ซึ่งเป็นสารมลพิษที่ใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป สารมลพิษเหล่านี้เป็นผลผลิตที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวล (Biomass burning) ที่ไม่สมบูรณ์จากกิจกรรมการเผาวัสดุทิ้งทางการเกษตรและไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ส่งผลทำให้ปริมาณสารมลพิษอากาศเพิ่มสูงขึ้นในช่วงที่เกิดไฟป่า โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

จากการศึกษาความเป็นพิษทางห้องปฏิบัติการโดยใช้หนู mice และหนูตะเภา พบว่า CO ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50% (LC_{50s}) มีปริมาณ 1,807 2,444 และ 5,718 ppm. ตามลำดับ ในระยะเวลา 4 ชั่วโมง และจากรายงานการศึกษาในสุนัข พบว่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้สุนัขตายคือ 4,000 ppm (4,600 มก. / ลบ.ม.) จากการรับสัมผัส 46 นาที (Rose et al., 1970) ดังนั้น เมื่อได้รับสัมผัสคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ผ่านทางการหายใจเข้าสู่ปอด ก๊าซนี้จะไปจับตัวกับฮีโมโกลบิน แทนที่ออกซิเจน เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (COHb) ซึ่งแตกตัวได้ช้ากว่าออกซิเจนส่งผลต่อการทำงานของหัวใจอย่างเฉียบพลันทำให้หัวใจผิดปกติ เช่น เดินเร็วขึ้น เพิ่มจังหวะการเต้น นอกจากนี้ อาจมีอาการหัวใจโตชั่วคราว การหอบหืดของหัวใจเนื่องจากขาดอากาศและหลอดเลือดที่ปลายประสาทผิดปกติ (Kao and Nagas, 2006) ดังตารางที่ 3.2 ดังนั้น CO จึงเป็นสิ่งคุกคามที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ได้

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ CO ที่ได้รับ ระดับ COHb ในเลือดและลักษณะอาการ

ความเข้มข้น ppm	ระดับ COHb (%) ในเลือด	ลักษณะอาการ
<35	5	ไม่ปรากฏอาการใดๆ หรืออาจเวียนศีรษะบ้างเพียงเล็กน้อย
50	10	ปวดศีรษะเล็กน้อย และเหนื่อยง่ายเมื่อออกแรงเพียงเล็กน้อย
100	20	ปวดตื้อๆบริเวณศีรษะ เหนื่อยง่ายมากเมื่อออกแรงปานกลาง
200	30	ปวดศีรษะอย่างรุนแรง มีความรู้สึกไวต่อการกระตุ้น อ่อนล้า หรืออ่อนเพลีย ความสามารถในการมองเห็นลดลง
300 – 500	40 – 50	ปวดศีรษะ หัวใจเต้นเร็วกว่าปกติ สับสน มีอาการเซื่องซึม ความรู้สึกตัวลดลง ล้มพับแน่นิ่ง
800 – 1200	60-70	ไม่รู้สึกรู้ตัว ชัก
1900	80	เสียชีวิตทันที

ที่มา: Goldstein. (2008) และ Struttman et al. (1998)

2.2) โอโซน (O₃)

จากการศึกษาทางห้องปฏิบัติการ โดยใช้หนู หนูตะเภาและกระต่าย 3 ชั่วโมง LC_{50s} ค่าสำหรับหนู mice หนูตะเภาและกระต่าย พบว่า O₃ ที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50% (LC_{50s}) มีปริมาณ 21.8 ppm 21 ppm 51.7 ppm และ 36 ppm ตามลำดับ ในระยะเวลา 3 ชั่วโมง (Mittler et al. 1956) โอโซนเป็นสาร photochemical oxidant เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนโดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นตัวเติมออกซิเจนอย่างดี ทำหน้าที่ในการป้องกันโลกจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งอาจทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ ผลของโอโซนที่มีต่อมนุษย์ คือ จะไปเร่งปฏิกิริยาของเม็ดเลือดแดงที่มีต่อการรับรังสีเอ็กซ์เรย์ และทำลายโครโมโซมได้ นอกจากนี้ ในระดับประมาณ 200 mg/m³ ยังทำให้เกิดการระคายเคืองตาและสายตาคิดปกติ ระดับตั้งแต่ 200 mg/m³ การทำงานของปอดจะผิดปกติมีผลต่อระบบหายใจ โดยจะไปกระตุ้นให้ช่องจมูก ปิดรัดตัวและทำปฏิกิริยาโดยตรงกับทางเดินหายใจส่วนปลาย ดังนั้น O₃ จึงเป็นสิ่งคุกคามที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ได้ โดยระดับความเข้มข้นของปริมาณโอโซนส่งผลต่อสุขภาพแตกต่างกันไป WHO ได้กำหนดค่ามาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมงของโอโซนดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 WHO Air Quality Guideline and Interim Target ของโอโซน

	ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง (µg/m ³)	เกณฑ์ในการกำหนดระดับ
High Level	240	มีหลักฐานว่ามีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างชัดเจน ทั้งคนปกติและกลุ่มเสี่ยง เช่นคนเป็นโรคหอบหืด โดยจะพบการลดการทำงานของปอดอย่างมีนัยสำคัญ และทำให้เกิดการอักเสบของทางเดินหายใจ และลดประสิทธิภาพการทำงาน ในเด็กจะทำให้เพิ่มอัตราการป่วยจากโรกระบบทางเดินหายใจในเด็ก และเพิ่มอัตราการตาย 5-9 % เมื่อเทียบกับการสัมผัสโอโซนที่ระดับ 70 µg/m ³
Interim Target1 (IT1)	160	มีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างสำคัญ ถ้าไม่ได้ปกป้องตนเองจากการสัมผัสโอโซนในระดับนี้จะทำให้เกิด <ol style="list-style-type: none"> 1. ทำให้ปอดมีการอักเสบและมีการเปลี่ยนแปลงในการทำงานของปอดแบบชั่วคราวในผู้ใหญ่ปกติที่แข็งแรง ถ้าได้รับโอโซนในระดับนี้เป็นเวลา 6.6 ชั่วโมง 2. พบอัตราการตายในแต่ละวันเพิ่มขึ้นประมาณ 3-5% ศึกษาโดยวิธี daily Time Series study

ตารางที่ 3.3 WHO Air Quality Guideline and Interim Target ของโอโซน (ต่อ)

	ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	เกณฑ์ในการกำหนดระดับ
Air Quality Guideline (AQG)	100	ระดับที่ต่ำกว่านี้สามารถปกป้องสุขภาพของประชาชนส่วนใหญ่ ยกเว้นบางรายที่สามารถเกิดผลต่อสุขภาพ ในระดับที่ต่ำกว่านี้ โดยผลต่อสุขภาพ ถ้าสัมผัสที่ความเข้มข้นดังกล่าว ดังนี้ 1. เพิ่มอัตราการตายในแต่ละวันขึ้นประมาณ 1-2 % (คำนวณโดยใช้ Time series study) 2. มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ปริมาณโอโซนในระดับพื้นดิน เป็น marker ของ สาร oxidants ที่เกี่ยวข้อง

ที่มา: World Health Organization (2005)

2.3) สารอินทรีย์ระเหย BTEX

สารอินทรีย์ระเหยง่าย BTEX ได้แก่ เบนซีน โทลูอิน เอทิลเบนซีน และ ไซลีน ซึ่ง IARC (International Agency for Research on Cancer) ระบุว่า เบนซีน เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (class 1) Ethylbenzene เป็นสารอาจจะก่อมะเร็งในมนุษย์ (class 2B) ส่วนโทลูอินและไซลีน ยังจำแนกไม่ได้ว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (class 3) จากการทดลองทางห้องปฏิบัติการ พบว่าหนูที่ได้รับสัมผัส Toluene 1 ชั่วโมง มีค่า LC_{50s} 6 ชั่วโมง ในหนูและหนูตะเภาเป็น 4,618 ppm และ 6,949 ppm ตามลำดับ (Bonnet et al. 1982) และจากการให้หนูตั้งครบกี้ได้รับสัมผัส ไซลีนเป็นเวลา 6 ชั่วโมงต่อวัน พบว่าในวันที่ 4 - 20 ของการตั้งครบกี้มีไซลีนในเลือดสูงถึง 200 ppm และยังพบว่าส่งผลกระทบต่อการทำงานของกะโหลกศีรษะล่าช้าในลูกอย่างมีนัยสำคัญ (Hass and Jakobsen, 1993) การตอบสนองของร่างกายขึ้นอยู่กับขนาดการรับสัมผัสสาร (ตารางที่ 3.4) โดยเบนซีนเป็นพิษต่อสารพันธุกรรมทำให้เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว เมื่อเบนซีนเข้าสู่ร่างกายจะกระจายตัวในเลือดอย่างรวดเร็วและถูกเมตาโบไลต์ (Metabolized) ที่ตับไปเป็นสารตัวกลาง (Metabolites) และ โทลูอิน เอทิลเบนซีน และ ไซลีน ทำให้ระคายเคือง จมูก คอ ทางเดินหายใจ ไอ หลอดลมตีบ แน่นหน้าอก และปอดบวม น้ำการสัมผัสที่ผิวหนังทำให้ผิวหนังแดง เกิดผื่นแพ้ และตุ่มน้ำขึ้น การสัมผัสในระยะยาว จะทำให้มีอาการมีนเมา อ่อนเพลีย ปวดหัว วิงเวียน เบื่ออาหาร ความจำไม่ดี ความสามารถในการคิดคำนวณไม่ดี อาการทางสมองนี้สามารถเป็นอย่างถาวรได้ กล้ามเนื้ออ่อนแรง ตับเสื่อม ไตเสื่อมได้ ดังนั้นสารอินทรีย์ระเหย BTEX เป็นสิ่งคุกคามที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ได้



ตารางที่ 3.4 ขนาดสัมพัทธ์กับการตอบสนองของร่างกาย

สารมลพิษ	REL type	Inhalation REL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hazard Index Target Organs
Benzene	A	1.3×10^3	ระบบสืบพันธุ์/พัฒนาการ ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบเลือด
	C	6.0×10^1	ระบบเลือด ระบบประสาทและพัฒนาการ
Toluene	A	3.7×10^4	ระบบทางเดินหายใจและระบบประสาท
	C	3.0×10^2	ระบบทางเดินหายใจ ระบบประสาท ตา ระบบสืบพันธุ์ และพัฒนาการ
Ethylbenzene	C	2.0×10^3	ระบบทางเดินอาหาร(ตับ) ไต ระบบต่อมไร้ท่อและพัฒนาการ
Xylene	A	2.2×10^4	ระบบประสาท ระบบทางเดินหายใจและตา
	C	7.0×10^2	ระบบประสาท ระบบทางเดินหายใจและตา

ที่มา: ดัดแปลงจาก OEHHA. (2003)

- Reference Exposure Level (REL) type : A = acute (พิษเฉียบพลัน) และ C = chronic (พิษเรื้อรัง)

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินขนาดสัมพัทธ์กับการตอบสนอง (Dose-Response Assessment)

ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารที่ได้รับกับความรุนแรงของความเป็นพิษทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยการตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงตัวเลขระหว่างการรับสัมผัสและผลกระทบที่ได้รับ การศึกษาครั้งนี้ใช้ค่า Reference Concentration (RfC) และ Inhalation Unit Risk (IUR) ซึ่งเป็นค่าการประมาณความเข้มข้นในการได้รับสัมผัสทางการหายใจอย่างต่อเนื่องแล้วไม่มีความเสี่ยงที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ในการประเมินความเสี่ยงจากการหายใจที่ระดับความเข้มข้นอ้างอิงในอากาศ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ค่าระดับความเข้มข้นอ้างอิงในอากาศ (RfC) และ Inhalation Unit Risk

สารมลพิษ	Inhalation RfC (mg/m^3)	แหล่งข้อมูล	Inhalation Unit Risk ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	แหล่งข้อมูล
CO	23.00	EPA	-	-
O ₃	0.18	EPA	-	-
Benzene	0.03	IRIS	7.8×10^6	IRIS
Toluene	5.00	IRIS	-	-
Ethylbenzene	1.00	IRIS	2.50×10^6	CAL/EPA
Xylene	0.10	IRIS	-	-

ที่มา : ดัดแปลงจาก U.S.EPA. (2013e)

ขั้นตอนที่ 3 ประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) (U.S. EPA., 2009)

1) กลุ่มสารไม่ก่อมะเร็ง

การประเมินการสัมผัสสารมลพิษในอากาศที่เป็นสารไม่ก่อมะเร็ง ได้แก่ CO และ O₃ แสดงในรูปของปริมาณสารที่ได้รับสัมผัสในแต่ละวัน (Exposure concentration : EC)

$$EC \text{ (mg/m}^3\text{)} = C \times ET \times EF \times ED / AT \dots\dots\dots (1)$$

2) สารที่มีความเป็นพิษเรื้อรัง

การประเมินการสัมผัสสารมลพิษในอากาศที่เป็นสารก่อมะเร็ง ได้แก่ Benzene และ Ethylbenzene และสารที่มีความเป็นพิษเรื้อรัง ได้แก่ Toluene และ Xylene ในรูปของ Chronic daily intake (CDI)

$$CDI \text{ (mg/m}^3\text{)} = C \times ET \times EF \times ED / AT \dots\dots\dots (2)$$

เมื่อ CDI = ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารก่อมะเร็งที่ได้รับในแต่ละวัน (mg/m³)

EC = ปริมาณสารไม่ก่อมะเร็งที่ได้รับสัมผัสในแต่ละวัน (mg/ m³)

C = ความเข้มข้นของ CO และ O₃ ในอากาศ (mg/ m³)

ET = เวลาในการสัมผัส (24 ชั่วโมง/วัน)

EF = ความถี่ในการสัมผัส (350 วัน/ปี)

ED = ระยะเวลาที่สัมผัสสาร (30 ปี)

AT = ระยะเวลาเฉลี่ยที่ได้รับสัมผัสสาร (สารไม่ก่อมะเร็งใช้ ED × 365 วัน/ปี และ ใช้ 70 ปี × 365 วัน/ปี สำหรับสารก่อมะเร็ง)

ขั้นตอนที่ 4 อธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization)

การคำนวณ Risk characterization ของสารไม่ก่อมะเร็ง คือ CO และ O₃

$$HQ = EC/RfC \dots\dots\dots (3)$$

- 1) การคำนวณ Risk characterization ของสารที่มีความเป็นพิษเรื้อรัง คือ Benzene Toluene Ethylbenzene และ Xylene

$$HQ = CDI/RfC \dots\dots\dots (4)$$

- 2) การคำนวณ Hazard Index

$$HI = \sum HQ \dots\dots\dots (5)$$

- 3) การคำนวณ Carcinogenic risks (CR) ของสารก่อมะเร็ง ได้แก่ Benzene Ethylbenzene

$$CR = IUR \times CDI \dots\dots\dots (6)$$



3.1.4 วิเคราะห์ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม SPSS version 20 ดังนี้

- 1) t – test เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยปริมาณมลพิษอากาศช่วงเกิดไฟฟ้าและไม่เกิดไฟฟ้า
- 2) Pearson's Sample Correlation Coefficient ใช้ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ได้แก่ การเกิดไฟฟ้ากับปริมาณมลพิษอากาศ

3.1.5 ประมวลผลโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ประมวลผลเป็นแผนที่ความเสี่ยงและการกระจายเชิงพื้นที่ของสารมลพิษอากาศโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information systems : GIS) ด้วยโปรแกรม ARCGIS 9.3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- นำข้อมูลปริมาณมลพิษอากาศและค่าความเสี่ยง เข้าสู่โปรแกรม ARC-GIS ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Kriging Interpolation ทำนายการกระจายตัวของมลพิษอากาศและทำนายความเสี่ยงจากการสัมผัสมลพิษอากาศในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนเชิงพื้นที่
- แสดงแผนที่ความเสี่ยงจากการสัมผัสมลพิษอากาศในเชิงพื้นที่เป็นรูป JEPEG File

3.2 หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลพิษอากาศกับโรคระบบทางเดินหายใจ

3.2.1 กำหนดพื้นที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกจังหวัดแม่ฮ่องสอนและจังหวัดพะเยาเป็นกรณีศึกษาในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการเกิดไฟฟ้ากับปริมาณมลพิษอากาศและอัตราความชุกของกลุ่มโรคระบบทางเดินหายใจเนื่องด้วยทั้ง 2 จังหวัด มีการเกิดไฟฟ้าขึ้นทุกปี ซึ่งจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีปริมาณมลพิษอากาศในช่วงที่เกิดไฟฟ้าสูงที่สุด 3 ปีติดต่อกัน และใช้จังหวัดพะเยาเป็นพื้นที่เปรียบเทียบซึ่งมีปริมาณมลพิษอากาศในช่วงที่เกิดไฟฟ้า ต่ำกว่าพื้นที่อื่นในเขต 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ประกอบกับทั้ง 2 จังหวัดยังไม่มี การติดตามปริมาณสารอินทรีย์ระเหย BTEX ในอากาศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้พื้นที่ 2 จังหวัดข้างต้นเป็นกรณีศึกษาในครั้งนี้ โดยทำการเก็บตัวอย่างจังหวัดละ 2 จุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ โรงพยาบาลปาย วิทยาลัยนวมินทราชินีแม่ฮ่องสอน โรงพยาบาลพะเยา และมหาวิทยาลัยพะเยา

3.2.2 การเก็บตัวอย่างและตรวจวัดปริมาณมลพิษอากาศ

1) การเลือกช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างมลพิษอากาศจะทำการเก็บตัวอย่างในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนและพะเยา ได้แก่ PM₁₀ CO O₃ และ BTEX ในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนและพะเยา จังหวัดละ 2 จุด ใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างและการ ตรวจวัดต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงเป็นระยะเวลา 3 วัน ซึ่งจะแบ่งช่วงการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงปลายฤดูฝนประมาณเดือนตุลาคมเป็นช่วงที่ไม่มีการเกิดไฟฟ้าและช่วงฤดูแล้งซึ่งเป็นช่วงที่มีเกิดไฟฟ้าค่อนข้างมากทำให้มีปริมาณมลพิษอากาศสูง

2) วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่อง Gas sensor ยี่ห้อ IAQRAE
2. เครื่อง Gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS-QP5000)
3. ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)
4. ชุด Calibrate flow rate
5. Personal sampling pump
6. สายยางนำอากาศ (Tubing)
7. หัวคัดแยกฝุ่นชนิด cyclone
8. เครื่องชั่งทศนิยม 7 ตำแหน่ง
9. กระดาษกรอง GF ขนาด 37 mm.
10. Stainless Steel TD tubes, Carbopack B (60/80 mesh)
11. Global Positioning System (GPS)
12. ถ่านไฟฉายขนาด AAA

3) การตรวจวัดปริมาณมลพิษอากาศ

3.1) การเก็บตัวอย่าง PM₁₀

1) การเตรียมการก่อนเก็บตัวอย่าง

นำกระดาษกรองชนิด glass fiber filter เส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร เข้าตู้ดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น ชั่งกระดาษกรองโดยเครื่องชั่งทศนิยม 7 ตำแหน่ง และบันทึกค่าน้ำหนักของกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง แล้วนำกระดาษกรองเก็บใส่ถุงซิปล็อค

2) เก็บตัวอย่าง โดย Calibrate

ปั๊มดูดอากาศให้มีอัตราการไหลของอากาศ เป็น 1.7 ลิตร/นาที นำกระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้วใส่ในหัวคัดแยกฝุ่นชนิด cyclone จากนั้นต่อหัวคัดแยกฝุ่นเข้ากับปั๊มดูดอากาศที่มีอัตราการไหลของอากาศ 1.7 ลิตร/นาที นำชุดเก็บตัวอย่างฝุ่นไปติดตั้งตามจุดตรวจวัดที่กำหนด

3) เปิดปั๊มเก็บตัวอย่างฝุ่น PM₁₀ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

พร้อมกับบันทึกอัตราการไหลของอากาศ วัน เวลาที่เริ่มเก็บตัวอย่าง สถานที่เก็บตัวอย่าง หมายเลขกระดาษกรองและบันทึกพิกัดจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่อง GPS

4) ปิดปั๊มเก็บตัวอย่างฝุ่น บันทึกอัตราการไหลของอากาศหลังเก็บตัวอย่าง

และเวลาที่สิ้นสุดของการเก็บตัวอย่างนำกระดาษกรองที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นแล้ว เก็บใส่ถุงซิปล็อคเพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นต่อที่ห้องปฏิบัติการ

5) นำกระดาษกรองเข้าตู้ดูดความชื้นเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

6) ชั่งกระดาษกรองและบันทึกค่าน้ำหนักของกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง และการหาปริมาณ PM₁₀ หน่วย mg/m³

$$\text{ปริมาณ PM}_{10} = \frac{\text{น้ำหนักกระดาษหลังเก็บ} - \text{น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บ}}{\text{ปริมาตรอากาศ}}$$

$$\text{ปริมาตรอากาศ (m}^3\text{)} = \text{อัตราการไหลของอากาศ (L/min)} \times \text{เวลา (min)} \times 10^{-3} \text{ (m}^3\text{/L)}$$

3.2) การตรวจวัดปริมาณ CO

1) ตรวจวัดปริมาณ CO โดยใช้เครื่อง Gas sensor ที่สามารถวัด CO ได้ ตั้งแต่ 0-20.00 ppm ไปติดตั้งไว้ตามจุดตรวจวัดที่กำหนด เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

2) นำเครื่อง Gas sensor ต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อโหลดข้อมูล ปริมาณ CO ลงคอมพิวเตอร์และแปลงไฟล์จากเครื่อง Gas sensor ให้อยู่ในรูปแบบของ Excel

3.3) การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX

ทำการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่าง ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ Passive sampler-TDU/GCMS อ้างอิงตามวิธี EPA TO-2 (U.S.EPA., 1984)

1) ทำความสะอาดอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง คือ Thermal Desorption Sorbent Tubes, Carboxpack B มี Sorbent 60/80 โดยใช้แก๊สไนโตรเจนไหลผ่านหลอดเก็บ ตัวอย่างเพื่อไล่สาร VOCs ที่ติดอยู่กับตัวดูดซับ (Sorbent) ออกให้หมด โดยให้ความร้อน 300 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำมาห่อกระดาษฟรอยด์และเก็บใส่ถุงซิปล็อค บรรจุไว้ในกล่อง

2) นำหลอดเก็บตัวอย่างติดตั้งกับอุปกรณ์แล้วไปห้อยแขวนไว้ในบริเวณที่ต้องการเก็บตัวอย่าง สูงจากพื้นไม่ต่ำกว่า 1.5 เมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3) วัน เวลา ที่เริ่มเก็บตัวอย่าง สถานที่เก็บตัวอย่าง และหมายเลขหลอดเก็บตัวอย่างและเก็บหลอดเก็บตัวอย่าง แล้วปิดฝาให้สนิททันทีและเก็บใส่ถุงซิปล็อค รักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส

4) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิค Thermal Desorption Unit GC/MS ในห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ โดยทำการทดลองหาสภาวะการวิเคราะห์ที่เหมาะสม ดังตารางที่ 3.4 Calibration Curve (ภาคผนวก ก)

ตารางที่ 3.6 สภาวะของการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสาร VOCs ด้วยเครื่อง GC-MS

Parameters	Condition/ ในการวิเคราะห์
Gas Chromatograph	GC-MS-QP5000 (SHIMADZU Japan)
Carrier gas	Helium, flow rate 1.3 mL/min
Column	DB-624 Serial # US9471912H Thickness: 1.8 μm. Length:60 m, Diameter:0.32 mm, Max Usable 260 °C (Agilent J&W GC column USA)

ตารางที่ 3.6 สภาวะของการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสาร VOCs ด้วยเครื่อง GC-MS (ต่อ)

Parameters	Condition/ ในการวิเคราะห์
Initial column temperature	35 °C
Temperature program ramp rate	Injector temperature : 230 °C Oven temperature 35 °C (initial temperature), Holding at 35 °C for 5 min, then increased from 35 °C to 180 °C at 8 °C / min , next increased from 180 °C to 210 °C at 30 °C /min, then increased from 210 °C to 230 °C at 20 °C /min and holding at 230 °C for 10 min.
Injector mode split less	1/15
Final temperature	230 °C
Final hold time	10 min.
Analytical time	35.13 min
MS detector temperature	300 °C
Mass range / scan speed	0.56 sec
Transfer line temperature	230 °C
Filament / multiplier delay	3 min.

สูตร คำนวณหาความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหย BTEX

$$\text{Concentration } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{\text{mass of sample on tube} \times 1000}{U \times \text{sampling time (min)}}$$

โดยที่ U = Sampling Rate (mL/min) ตามทฤษฎีการแพร่ของ Fick's 1st law (William A. McClenny and Donald Whitaker, 2004) ดังนั้นการศึกษาคำนี้จึงใช้ค่า U ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างสาร VOCs เปรียบเทียบระหว่างเทคนิค Sorbent Tube และ Canister ของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.7 ค่า Sampling Rate (mL/min)

Compound	Sampling rate (mL/min)
Benzene	0.17
Toluene	0.27
Ethylbenzene	0.47
m/p-Xylene	0.85

ที่มา: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ, 2556

3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดแม่ฮ่องสอนและพะเยา และข้อมูลจากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือจังหวัดเชียงใหม่ โดยข้อมูลที่ทำกรรวบรวมได้แก่

1) จำนวนผู้ป่วยรายวันที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลด้วยกลุ่มโรคระบบทางเดินหายใจในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนและพะเยาตั้งแต่ปี 2555 – 2556

2) ตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ wind speed และ wind direction ในช่วงไม่เกิดไฟป่า (ตุลาคม 2556) และช่วงที่เกิดไฟป่า (กุมภาพันธ์ 2557)

3.2.4 การวิเคราะห์ผลการศึกษา

1) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทางระบาดวิทยา โดยใช้ Risk ratio เปรียบเทียบอัตราความชุก (Period prevalence rate) ของโรคระบบทางเดินหายใจในช่วงที่เกิดไฟป่าและไม่เกิดไฟป่า

2) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้ Stepwise Multiple Linear Regression Analysis ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรมากกว่า 2 ตัว ได้แก่ ปริมาณ PM_{10} , CO และ O_3 กับอัตราความชุกของกลุ่มโรคระบบทางเดินหายใจ ด้วยโปรแกรม SPSS version 20

3) เปรียบเทียบตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนและพะเยาระหว่างช่วงที่เกิดไฟป่าและไม่เกิดไฟป่า โดยนำ wind speed และ wind direction มาสร้างเป็นแผนผังลมด้วยโปรแกรม WRPLOT View

