

ภาคผนวก ก

สรุปรายงานวิจัย โครงการวิจัยเชิงลึกในประเด็นคุณลักษณะและโอกาสในการเกิดผลกระทบ
ของฝุ่น PM-10 ฝุ่น PM-2.5 และ โอโซน (Ozone) ในพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

สรุปรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

สัญญาเลขที่ 64-F201000-11-IO.SS3F3008565

โครงการวิจัย เรื่อง “โครงการวิจัยเชิงลึกในประเด็นคุณลักษณะและโอกาสในการเกิดผลกระทบของฝุ่น PM-10 ฝุ่น PM-2.5 และ โอโซน (Ozone) ในพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ”

ระยะเวลาดำเนินการโครงการวิจัยตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2564 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2566

หัวหน้าคณะทำงานวิจัย : รองศาสตราจารย์ ดร.สราวุธ เทพานนท์

หน่วยงาน : ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1) เพื่อประเมินปริมาณการระบายฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 และพัฒนาค่า emission factor การระบายฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ
- 2) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการระบายฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 จากแหล่งกำเนิดต่างๆ ในพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ
- 3) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของแหล่งกำเนิด (source contribution) ที่มีต่อระดับความเข้มข้นของ ฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 ในชุมชนและพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ
- 4) เพื่อวิเคราะห์การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 และผลกระทบต่อ ชุมชนโดยรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ
- 5) เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของ ozone precursor ที่ระบายจากปล่องโรงไฟฟ้าแม่เมาะต่อการเกิดและการแพร่กระจายของก๊าซโอโซนเชิงพื้นที่

เป้าหมายของโครงการวิจัย

- 1) ค่าอัตราการระบาย (emission rate) ของฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 ในหน่วยปริมาณต่อเวลา และในหน่วยปริมาณต่อการกำลังการผลิตจากหน่วยการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ
- 2) ค่าอัตราการระบายและปริมาณการระบายฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 จากแหล่งกำเนิดต่างๆ ในพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะและอิทธิพลของแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งที่มีต่อระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 ในสิ่งแวดล้อม
- 3) Pollution map แสดงการแพร่กระจายเชิงพื้นที่ของฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 และก๊าซโอโซน
- 4) ผลกระทบของ ozone precursor ที่ระบายจากปล่องโรงไฟฟ้าแม่เมาะต่อการเกิดและการแพร่กระจายของก๊าซโอโซนเชิงพื้นที่
- 5) ข้อมูลการวิเคราะห์ผลกระทบ และความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยจากการได้รับสัมผัส

รายละเอียดการดำเนินการโครงการวิจัย

โครงการศึกษาวิจัยนี้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1. การประเมินปริมาณการระบายฝุ่น PM-10, PM-2.5 และพัฒนาค่า emission factor การระบายฝุ่น PM-10, PM-2.5 ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

ดำเนินการโดยการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM-10, PM-2.5 ที่ระบายจากปล่องของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ โดย USEPA Method 201A (Determination of PM-10 and PM-2.5 emissions from stationary sources; constant sampling rate procedure) ในช่วงการผลิตปกติ (normal operation) โดยมีจำนวนตัวอย่างอย่างน้อย 15 ตัวอย่าง

ข้อมูลความเข้มข้น (concentration) ที่ได้จะถูกนำมาประเมินร่วมกับความเร็วของกระแสอากาศในปล่อง (stack gas velocity) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่อง ซึ่งเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการประเมินอัตราการไหลเชิงปริมาตร (volumetric flow rate) เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณการระบายฝุ่น PM-10, PM-2.5 ในหน่วยปริมาณต่อเวลา (g/s) โดยข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาประเมินเป็นปริมาณการระบายในหน่วยปริมาณการระบายฝุ่น PM-10 ต่อปี และถูกพัฒนาเป็น emission factor ในหน่วยปริมาณการระบายฝุ่น PM-10 ต่อปริมาณการผลิตต่อปี (kg of PM-10/ MW/y)

นอกจากนี้ตัวอย่างฝุ่น PM-10, PM-2.5 ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจากปล่องระบายของโรงไฟฟ้าแม่เมาะจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบของธาตุ (elemental analysis) โดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectrometer (SEM-EDS) ข้อมูลที่ได้จะถูกวิเคราะห์และจัดทำเป็น source profile ของ PM-10, PM-2.5 ที่ระบายจากแหล่งกำเนิดดังกล่าว เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์แบบย้อนกลับในกรณีที่มีคำถามหรือข้อสงสัยของอิทธิพลของปล่องระบายจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะที่มีต่อระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM-10, PM-2.5 ในบรรยากาศในพื้นที่

2. การวิเคราะห์ปริมาณการระบายฝุ่น PM-10, PM-2.5 จากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะดำเนินการวิเคราะห์และประเมินปริมาณการระบายจากแหล่งกำเนิดอื่น ๆ ที่มีศักยภาพในการระบายฝุ่น PM-10 ในพื้นที่ศึกษาได้แก่ แหล่งกำเนิดจำพวก area source ดังนี้

- เหมืองแม่เมาะ ดำเนินการประเมินการระบายฝุ่น PM-10, PM-2.5 จากกิจกรรมต่าง ๆ ของเหมือง โดยใช้ emission factor ตามที่ระบุในเอกสาร USEPA AP42 และหรือ NPI Australia ข้อมูลที่ได้จะถูกแปลผลในรูป ปริมาณการระบายต่อพื้นที่เหมือง

- การเผาในที่โล่ง วิเคราะห์จากข้อมูล hotspot ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาเพื่อประเมิน burned area และนำเข้าสู่ข้อมูลเพื่อใช้ร่วมกับค่า emission factor ใน USEPA AP42 และ/หรือ SMOKE emission model ทั้งนี้ข้อมูลของแหล่งกำเนิดจำพวก area source จะถูกวิเคราะห์และประเมินแยกเป็นปริมาณการระบายในแต่ละเดือนเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างเชิงเวลา (temporal variation) เพิ่มเติมจากแหล่งกำเนิดประเภทอื่น เนื่องจากมีความแตกต่างของการเกิดขึ้นของกิจกรรมในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี แหล่งกำเนิดจำพวก mobile source ดำเนินการประเมินปริมาณการระบายฝุ่น PM-10, PM-2.5 จากถนนสายหลักในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ emission factor ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากแหล่งกำเนิดทุกประเภทจะถูกรวบรวมและประเมินในรูปแบบของ spatial distribution ของ emission sources ต่าง ๆ และพัฒนาเป็น grid (area)-based emission inventory ของฝุ่น PM-10 ในพื้นที่ศึกษา

3. การวิเคราะห์การแพร่กระจายของฝุ่น PM-10, PM-2.5 และอิทธิพลของแหล่งกำเนิด (source contribution) ที่มีต่อระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM-10, PM-2.5 ในชุมชนและพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ดำเนินการในรูปแบบของการวิเคราะห์ extent และ magnitude ของระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM-10, PM-2.5 ในพื้นที่ศึกษาโดยใช้ข้อมูลผลการตรวจวัดที่ผ่านมา และการคาดการณ์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Air model) โดยมีรายละเอียดดังนี้

การวิเคราะห์ Severe Particulate Pollution Days (SPPDs) โดยการวิเคราะห์สถิติการเกิด episode โดยอ้างอิงจากจำนวนวันที่ผลการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM-10 (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) ทั้งนี้ข้อมูลผลการตรวจวัด PM-10 รายชั่วโมงจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศในพื้นที่โดยรอบทั้งที่ดำเนินการโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและกรมควบคุมมลพิษจะถูกนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อวิเคราะห์และคาดการณ์อิทธิพลของแหล่งกำเนิดที่มีผลต่อ episode หรือเหตุการณ์ที่ระดับความเข้มข้นของ PM-10 มีค่าสูง โดยเทคนิค Conditional bivariate probability function (CBPF) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของแหล่งกำเนิดในพื้นที่ซึ่งตั้งอยู่ในทิศทางต่าง ๆ จากตำแหน่ง receptors โดยอาศัยข้อมูลความเข้มข้น ทิศทางและความเร็วลมในการวิเคราะห์

นอกเหนือจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค CBPF โครงการจะได้ดำเนินการวิเคราะห์อิทธิพลของแหล่งกำเนิดที่มีผลต่อการเกิด episode ของ PM-10 (ผลการตรวจวัดที่บริเวณสถานีตรวจวัดที่มีค่าสูง) โดยใช้แบบจำลอง TraPSA (Trajectory-based Potential Source Apportionment Project) ซึ่งพัฒนาโดย Clemson University ประเทศสหรัฐอเมริกา บนพื้นฐานของ Hysplit Trajectory model ทั้งนี้ประโยชน์ของการใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบต่าง ๆ ร่วมกันในการศึกษาครั้งนี้จะช่วยให้สามารถลด uncertainty ของการแปรผลข้อมูลและช่วยในการพิสูจน์อิทธิพลของแหล่งกำเนิด (source contribution) ได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากขึ้น นอกจากการนำข้อมูลผลการตรวจวัดในบรรยากาศในพื้นที่ที่มีอยู่แล้วไปวิเคราะห์ดังกล่าวข้างต้น โครงการวิจัยฯ จะได้วิเคราะห์การแพร่กระจายของ PM-10, PM-2.5 โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในขั้นตอนต่อไป โดยใช้ข้อมูลปริมาณการระบาย PM-10, PM-2.5 ที่ได้จาก emission inventory ซึ่งพัฒนาและจัดทำขึ้นภายใต้โครงการวิจัยนี้ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับสภาพภูมิประเทศ (terrain/ topographical characteristics) และสภาพอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ที่ใช้แบบจำลอง CALPUFF เพื่อประเมินความเข้มข้นและการแพร่กระจายเชิงพื้นที่ของฝุ่น PM-10 ในพื้นที่ศึกษา

4. การวิเคราะห์ผลกระทบของ ozone precursor ที่ระบายจากปล่องโรงไฟฟ้าแม่เมาะต่อการเกิดและการแพร่กระจายของก๊าซโอโซนเชิงพื้นที่ ดำเนินการโดยใช้แบบจำลอง WRF-CHEM ข้อมูลที่ได้จะถูกนำเสนอในรูปแบบของ O₃ pollution map ของค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง สูงสุดในแต่ละเดือนเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทย (O₃ ≤ 100 ppb)

การวิเคราะห์ Ozone formation potential (OFP) และ Secondary organic aerosol potential (SOAP) ดำเนินการโดยการเก็บตัวอย่างสาร VOCs จากปล่องระบายจำนวนอย่างน้อย 15 ตัวอย่าง เพื่อทำการวิเคราะห์ชนิดและความเข้มข้นของสาร VOCs แบบแยกองค์ประกอบ (VOCs speciation) ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมา

วิเคราะห์และรายงานในรูปของอัตราการระบาย OFP และ SOAP ต่อปริมาณถ่านหินที่เผาไหม้ (mg/kg of coal burned)

ข้อมูลการระบาย OFP และ SOAP จะถูกนำมาใช้เป็น input data ในการ run แบบจำลอง CALPUFF เพื่อประเมินการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของระดับความเข้มข้นของ OFP และ SOAP ในสิ่งแวดล้อม ข้อมูลดังกล่าวจะนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง WRF-CHEM เพื่อวิเคราะห์โอกาสในการเกิดปัญหาโอโซนและ secondary organic aerosol ในพื้นที่ศึกษาต่อไป

ทั้งนี้ข้อมูลการคาดการณ์ระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM-10, PM-2.5 และก๊าซ O₃ ที่ตำแหน่ง receptors จะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อใช้ในการออกแบบและวางแผนการดำเนินงานในส่วนของการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (ambient monitoring) ทั้งในส่วนของการกำหนดตำแหน่งตรวจวัดและความถี่ในการตรวจวัดที่เหมาะสม ซึ่งเป็นประโยชน์เพิ่มเติม (additional benefit) ที่ได้จากการดำเนินการโครงการวิจัยนี้โดยประยุกต์ใช้เกณฑ์การจัดการคุณภาพอากาศของประเทศนิวซีแลนด์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

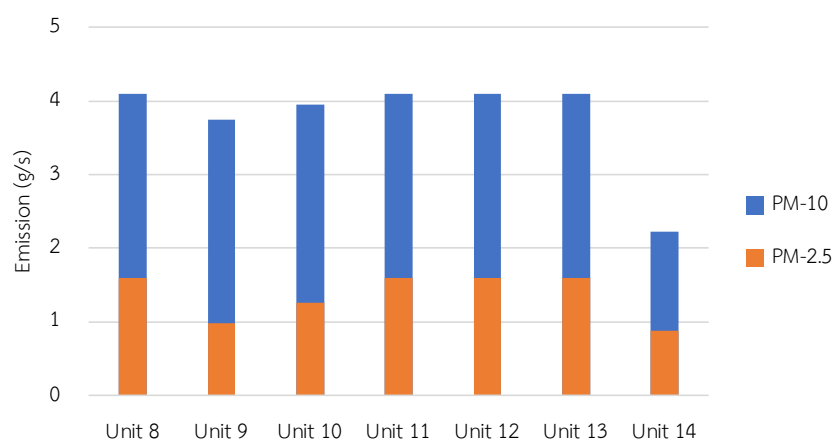
5. การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสุขภาพและความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัส PM-10, PM-2.5 และ ozone ของประชากรผู้อยู่อาศัยในพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ (human health risk) ดำเนินการโดยใช้ข้อมูล PM-10, PM-2.5 และ ozone ที่ได้จากแบบจำลองในการเป็นข้อมูลนำเข้าในการประเมิน exposure concentration เพื่อนำเข้าสู่การวิเคราะห์ด้วย IRAP-h model ตามแนวทางที่กำหนดใน U.S. EPA - OSW Human Health Risk Assessment Protocol (HHRAP)

6. การจัดทำรายงานความก้าวหน้าและรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

สรุปผลการดำเนินการโครงการวิจัย

1. องค์ประกอบและบัญชีการระบายของฝุ่น PM-10 และ PM2.5 จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

ผลการศึกษาอัตราการระบายฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 พบว่า อัตราการระบายฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 ของแต่ละปล่องระบายมีความใกล้เคียงกัน โดยที่ Unit 8, Unit 11, Unit 12, Unit 13 มีอัตราการระบายฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 สูงที่สุด และ Unit 14 มีอัตราการระบายฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 ต่ำที่สุด



การวิเคราะห์ชนิดและสัดส่วนของธาตุที่อยู่บนกระดาหกรองเก็บตัวอย่างฝุ่น PM-2.5 จากปล่องระบายของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จำนวน 4 ปล่อง ได้แก่ Unit 9 Unit 10 Unit 12 และ Unit 14 จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ฝุ่นบนกระดาศกรงที่เก็บจากปล่องระบายทั้ง 4 ปล่อง พบว่า ทั้ง 4 ปล่องที่ศึกษามีธาตุที่เป็นส่วนประกอบของฝุ่น PM 2.5 อยู่ทั้งสิ้น จำนวน 9 ธาตุ ได้แก่ ออกซิเจน (O) โซเดียม (Na) แมกนีเซียม (Mg) อะลูมิเนียม (Al) ซิลิกอน (Si) ซัลเฟอร์ (S) แคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) และ พลวง (Sb) ซึ่งพบว่าทุกปล่องระบายมีชนิดของธาตุนับตัวอย่างกระดาศกรงไม่แตกต่างกัน แต่พบในสัดส่วนที่แตกต่าง จากการศึกษาร่องประกอบธาตุจากฝุ่น PM-2.5 พบว่าออกซิเจนมีสัดส่วนขององค์ประกอบสูงที่สุดประมาณ 42%–46% ของธาตุทั้งหมด

2. Grid (area)-based emission inventory

Grid (area)-based emission inventory ของฝุ่น PM-10 พบว่า อัตราการระบายฝุ่น PM-10 ในพื้นที่มีค่าเท่ากับ 5134.37 g/s โดยอัตราการระบายของฝุ่น PM-10 จากแหล่งกำเนิดประเภทการเผาไหม้ชีวมวล (open burning) ของทั้งพื้นที่ศึกษา 50 × 50 km (จำนวน 866 กริด) โดยเมื่อคิดเป็นร้อยละของอัตราการระบายของฝุ่น PM-10 พบว่า การเผาในที่โล่งคิดเป็น 94% ของอัตราการระบายในรูป grid area ทั้งหมด และกิจกรรมของเหมืองแม่เมาะคิดเป็น 6% ของอัตราการระบายในรูป grid area ทั้งหมด

Grid (area) -based emission inventory ของฝุ่น PM-2.5 ในพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้าและเหมืองแม่เมาะ จากผลการศึกษาพบว่า อัตราการระบายฝุ่น PM-2.5 ในพื้นที่มีค่าเท่ากับ 1,361.75 g/s โดยอัตราการระบายของฝุ่น PM-2.5 จากแหล่งกำเนิดประเภทการเผาไหม้ชีวมวล (open burning) ของทั้งพื้นที่ศึกษา 50 × 50 km (จำนวน 866 กริด) โดยเมื่อคิดเป็นร้อยละของอัตราการระบายของฝุ่น PM-2.5 พบว่า การเผาในที่โล่งคิดเป็น 96% ของอัตราการระบายในรูป grid area ทั้งหมด และกิจกรรมของเหมืองแม่เมาะคิดเป็น 4% ของอัตราการระบายในรูป grid area ทั้งหมด

3. ระดับความเข้มข้น การแพร่กระจาย และอิทธิพลของฝุ่น PM-10 และ PM-2.5

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่น PM-10 พบว่า ระดับความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดในช่วงเดือนมกราคม ปี 2563 ตำแหน่งที่มีระดับความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดและความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีสูงสุด มีพิกัดเดียวกันกัน ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่ในทิศใต้ของเหมืองแม่เมาะ อย่างไรก็ตามตำแหน่งที่พบว่ามีระดับความเข้มข้นของ PM-10 สูง เป็นตำแหน่งของแหล่งกำเนิดที่มีการเผาชีวมวลโดยตรงในพื้นที่ จากการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่น PM-10 ที่ตำแหน่ง Receptor โดยอาศัยแบบจำลอง CALPUFF ในการประเมิน พบว่า บริเวณวัดทางอุทธรณ์ธรรมมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่น PM-10 สูงสุดในช่วงเดือนมีนาคม 2563 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ต่างๆ พบว่า ความเข้มข้นมีแนวโน้มลดลงในทุกช่วงข้อมูล ผลการศึกษาระดับความเข้มข้นเฉลี่ย 8,760 ชั่วโมงสูงสุดหรือความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ Receptor เป้าหมายทั้ง 10 แห่ง พบว่า ไม่มีจุดใดเกินค่ามาตรฐานฝุ่น PM-10 รายปีที่กำหนดไว้เท่ากับ 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

การแพร่กระจายของฝุ่น PM-2.5 (Spatial distribution of PM-2.5) ณ ตำแหน่ง MGLC จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่น PM-2.5 พบว่า ระดับความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดในช่วงเดือนพฤษภาคม ตำแหน่งที่มีระดับความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดและความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีสูงสุด อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่ในระหว่างทิศตะวันตกเฉียงใต้พื้นที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ตำแหน่งที่พบว่ามีระดับความเข้มข้นของ PM-2.5 สูง เนื่องจากเป็นตำแหน่งของแหล่งกำเนิดที่มีการเผาชีวมวลโดยตรงในพื้นที่ จากการวิเคราะห์

ระดับความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่น PM-2.5 ที่ตำแหน่ง Receptor โดยอาศัยแบบจำลอง CALPUFF ในการประเมิน พบว่า บริเวณวัดทางสุทธธรรมมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่น PM-2.5 สูงสุดในช่วงเดือนมีนาคม 2563 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ต่างๆ พบว่า ความเข้มข้นมีแนวโน้มลดลงในทุกๆช่วงข้อมูล ผลการศึกษาระดับความเข้มข้นเฉลี่ย 8,760 ชั่วโมงสูงสุดหรือความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ Receptor เป้าหมายทั้ง 10 แห่ง พบว่า ไม่มีจุดใดเกินค่ามาตรฐานฝุ่น PM-2.5 รายปีที่กำหนดไว้เท่ากับ $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

สำหรับการวิเคราะห์อิทธิพลของแหล่งกำเนิด (Source contribution) ของฝุ่น PM-10 และ PM-2.5 ที่มีต่อตำแหน่ง Receptor เป้าหมายทุกจุด จากผลการวิเคราะห์พบว่า ระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 ที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่ง Receptor เป้าหมาย ส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลมาจากการเผาในที่โล่ง (Open burning) อยู่ในช่วง 56% – 97% และ 70% – 98% ตามลำดับ ทั้งนี้บาง Receptor ที่ตั้งอยู่ใกล้พื้นที่เหมืองแม่เมาะจะได้รับอิทธิพลความเข้มข้นของฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 มาจากแหล่งกำเนิดประเภทเหมืองและการจราจรภายในพื้นที่เหมือง

4. การศึกษา secondary organic aerosol (SOA) และ Ozone formation potential (OFP)

การประเมินความเข้มข้นและการแพร่กระจายเชิงพื้นที่ของ secondary organic aerosol (SOA) โดยใช้แบบจำลอง CALPUFF พบว่า ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดในพื้นที่ศึกษาในช่วงเดือนพฤศจิกายน และค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดในช่วงเดือนธันวาคมของปีที่ศึกษา เมื่อพิจารณาค่าระดับความเข้มข้นของ SOA ที่ Percentile ต่างๆ ณ ตำแหน่งความเข้มข้นสูงสุด พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดรายวันมีค่าอยู่ในช่วง $0.61\text{--}2.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยระดับความเข้มข้นของ SOA ณ จุด Receptor ต่างๆ จำนวน 10 จุด จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า มีค่าเฉลี่ยรายวันต่ำสุดอยู่บริเวณตำแหน่งบ้านสามขาและมีค่าเฉลี่ยรายวันสูงสุดที่ตำแหน่งสถานีบ้านสบป่าด ในขณะที่มีค่าเฉลี่ยรายปีต่ำสุดอยู่ที่ตำแหน่งโรงเรียนบ้านสามขาและมีค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดที่ตำแหน่งโรงเรียนบ้านแม่จาง

ในส่วนของการศึกษา ozone formation potential (OFP) ที่ระบายจากปล่องระบายโรงไฟฟ้าแม่เมาะจำนวน 7 ปล่อง โดยเมื่อพิจารณาค่า OFP รวมแต่ละปล่อง พบว่าในกรณีของ OFP ปล่องระบาย Unit 12 มีศักยภาพในการก่อให้เกิด OFP มากที่สุด ในส่วนของค่าผลรวมของ OFP ที่ได้จากการคำนวณ ในรูปแบบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมง (1-HR Concentration) และค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 8 ชั่วโมง (8-HR Concentration) ภายหลังการคำนวณมีค่าความเข้มข้นไม่เกินค่ามาตรฐานทั้งค่ามาตรฐานก๊าซโอโซนในบรรยากาศเฉลี่ย 1 ชม. และค่ามาตรฐานก๊าซโอโซนในบรรยากาศเฉลี่ย 8 ชม. ที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ทั้งคู่ สำหรับค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดโอโซนของสารอินทรีย์ระเหยง่ายชนิดต่างๆ ที่ระบายจากปล่องระบายของโรงไฟฟ้าแม่เมาะจำนวน 7 ปล่อง พบว่า ค่า OFP รวมในรูปแบบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมง และค่า OFP รวมในรูปแบบค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 8 ชั่วโมงที่แต่ละตำแหน่งจุดตรวจวัด พบว่า สาร VOCs ที่ทำให้เกิดค่า OFP สูงในทุกจุดตรวจวัดคือ สาร Acetaldehyde

5. การวิเคราะห์และคาดการณ์อิทธิพลของแหล่งกำเนิดที่มีผลต่อ episode โดยเทคนิค Conditional bivariate probability function (CBPF)

ตารางสรุปผลการศึกษาการคาดการณ์อิทธิพลของแหล่งกำเนิดต่อซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยเทคนิค CBPF

จุดตรวจวัด	ร้อยละระดับความเข้มข้น เฉลี่ยต่อค่ามาตรฐานรายปี	ทิศทางลมที่ส่งผลกระทบหลัก (พัดมาจาก)	ความเร็วลมที่ส่งผล กระทบหลัก (m/s)
ศูนย์ราชการอำเภอแม่เมาะ	0-10	ทิศตะวันออก	0.5-1.0
บ้านหัวฝาย	0-10	ทิศใต้	1.0-2.0
ห้วยคิง	0-10	ทิศใต้	1.0-2.0
บ้านแม่จาง	0-10	ตะวันตก	3.0
ค่ายฝึกการรบพิเศษประตูผา	0-10	ตะวันตกเฉียงใต้	3.0
บ้านใหม่รัตนโกสินทร์	0-10	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	1.0-2.0
บ้านเสด็จ	0-10	ทิศตะวันออกถึงทิศตะวันออกเฉียงใต้	1.0-6.0
บ้านสบมะ	0-10	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	1.0-1.5
บ้านสบป่าด	0-10	ตะวันตก	0.1-1.0
บ้านท่าสี่	0-10	ตะวันตกเฉียงใต้	1.0-1.5

ค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เท่ากับ 0.04 ppm

ตารางสรุปผลการศึกษาการคาดการณ์อิทธิพลของแหล่งกำเนิดต่อไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยเทคนิค CBPF

จุดตรวจวัด	ร้อยละระดับความเข้มข้น เฉลี่ยต่อค่ามาตรฐานรายปี	ทิศทางลมที่ส่งผลกระทบหลัก (พัดมาจาก)	ความเร็วลมที่ส่งผล กระทบหลัก (m/s)
ศูนย์ราชการอำเภอแม่เมาะ	10 - 33	ทิศตะวันออก	0.5-1.0 m/s
บ้านหัวฝาย	0 - 33	ทิศใต้	1.0-2.0 m/s
ห้วยคิง	0 - 33	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	0.5 m/s
บ้านแม่จาง	0 - 33	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	1.0-1.5 m/s
สถานีหลัก	10 - 33	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือถึงทิศ ตะวันออกเฉียงใต้	3.0-6.0 m/s
ค่ายฝึกการรบพิเศษประตูผา	10 - 33	ทิศตะวันตกถึงทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	0.5 m/s
บ้านใหม่รัตนโกสินทร์	10 - 33	ทิศตะวันตกถึงทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	1.0-2.0 m/s
บ้านเสด็จ	0 - 33	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือถึงทิศใต้	0.1-1.0 m/s
บ้านสบมะ	10 - 33	ทิศตะวันตกถึงทิศเหนือ	0.1-1.0 m/s
บ้านสบป่าด	0 - 33	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือถึงทิศตะวันตก เฉียงใต้	0.1-1.0 m/s
บ้านท่าสี่	10 - 33	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	0.1-1.0 m/s

ค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีของไนโตรเจนไดออกไซด์ เท่ากับ 0.03 ppm

6. การวิเคราะห์ Severe Particulate Pollution Days (SPPDs) และ Persistence of severe particulate pollution episodes (SPPEs)

สำหรับส่วนพื้นที่เหมืองจากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Severe Particulate Pollution Days (SPPDs) พบว่า ที่จุด Receptors บ้านดง และบ้านพัก กฟผ. ไม่พบวันที่มีค่าความเข้มข้นฝุ่น PM-10 เกินค่ามาตรฐาน $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และพบว่าจุด Receptor บ้านห้วยคิง เป็นจุดที่มีจำนวนวันที่พบค่าความเข้มข้นฝุ่น PM-

10 เกินค่ามาตรฐานมากที่สุด โดยช่วงเวลาที่มีความเข้มข้นมาตรฐานฝุ่นสูง จะอยู่ในช่วงปลายเดือนมกราคม ถึง ช่วงต้นเดือน มีนาคม และในขณะที่จุด Receptors บ้านห้วยเป็ดพบวันที่มีความเข้มข้นฝุ่น PM 2.5 เกินค่ามาตรฐาน $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จำนวน 46 วัน เทียบเป็นอัตราส่วนร้อยละ 17 จากจำนวนวันที่ตรวจวัด ทั้งนี้ เมื่อศึกษาผลตรวจวัดที่ได้รับจากการโรงไฟฟ้า พบว่า ช่วงเวลาที่มีความเข้มข้นมาตรฐานฝุ่นสูง จะอยู่ในช่วงเดือนมกราคม ถึง ช่วงกลางของเดือนมีนาคม ค่าความเข้มข้นสูงดังกล่าวอาจเนื่องมาจากสภาพทางอุตุนิยมวิทยาที่มีลักษณะเป็นอากาศปิด หรือกิจกรรมโดยรอบจุดตรวจวัดและสำหรับส่วนพื้นที่โรงไฟฟ้า

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Severe Particulate Pollution Days (SPPDs) พบว่า ที่จุด Receptors บ้านสบเกาะ เป็นจุดที่มีจำนวนวันที่พบค่าความเข้มข้นฝุ่น PM-10 เกินค่ามาตรฐานมากที่สุด ในขณะที่จุด Receptors บ้านห้วยเป็ดพบวันที่มีความเข้มข้นฝุ่น PM-2.5 เกินค่ามาตรฐาน $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ มากที่สุดจำนวน 86 วัน เทียบเป็นอัตราส่วนร้อยละ 24 จากจำนวนวันที่ตรวจวัด ทั้งนี้เมื่อศึกษาผลตรวจวัดที่ได้รับจากการโรงไฟฟ้า พบว่า ช่วงเวลาที่มีความเข้มข้นมาตรฐานฝุ่นสูง จะอยู่ในช่วงเดือนมกราคม ถึงช่วงเดือนเมษายน นอกจากนี้ การศึกษา Persistence of severe particulate pollution episodes (SPPEs) ของฝุ่น PM-10 และ ฝุ่น PM-2.5 พบข้อสังเกตว่าค่าระดับความเข้มข้นที่เกินมาตรฐานฝุ่นในสิ่งแวดล้อมทั้ง PM-10 และฝุ่น PM-2.5 มักจะเกิด episode ในช่วงระยะเวลา 1 วัน โดยมีความถี่อยู่ในช่วง 38.2%–52.9% ของข้อมูลทั้งหมดที่ศึกษาในทั้ง 2 พื้นที่ แสดงให้เห็นว่าแหล่งกำเนิดฝุ่นดังกล่าวในบริเวณนั้น เป็นแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมการเผาไหม้ในพื้นที่ ไม่ได้เกิดจากสภาพอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ อย่างไรก็ตาม episode ที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลานานหลายวันอาจเกิดจากแหล่งกำเนิดที่มี emission แบบต่อเนื่อง รวมทั้งสภาพอากาศปิดจึงทำให้ฝุ่นมีความเข้มข้นที่ยาวนาน (persistence)

7. การคาดการณ์อิทธิพลของแหล่งกำเนิดด้วยแบบจำลอง TraPSA (Trajectory-based Potential Source Apportionment Project)

การวิเคราะห์และคาดการณ์อิทธิพลของแหล่งกำเนิดด้วยแบบจำลอง TraPSA (Trajectory-based Potential Source Apportionment Project) ในแต่ละจุดตรวจวัดของฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 โดยอาศัยเทคนิค 3 เทคนิค ได้แก่ Concentration Field Analysis (CFA), Concentration Weight Trajectory (CWT) และ Potential Source Contribution Function (PSCF) ด้วยแบบจำลอง TraPSA

จุดตรวจวัด Government Center (GC) พบว่า แหล่งกำเนิดที่ส่งต่อระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM-10 ณ บริเวณจุดตรวจวัด Government Center เป็นแหล่งกำเนิดที่อยู่ในพื้นที่โดยรอบจุดตรวจวัด Government Center นั้นเอง โดยโอกาสของแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อจุด Government Center ประมาณ 0–40 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละกริดเซลล์ และระดับความเข้มข้นสูงๆของ PM-2.5 ที่จุดตรวจวัด GC เป็นผลอันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดรอบๆพื้นที่

จุดตรวจวัดห้วยฝาย (HF) อิทธิพลของแหล่งกำเนิดที่อยู่ใกล้กับจุดตรวจวัดห้วยฝาย ในทุกๆทิศทางลมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ โดยมีโอกาสที่เกิดความเข้มข้นสูงๆอยู่ในช่วง 0–30% ของทิศทางลมทั้งหมดที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณนั้นๆ และในกรณีที่มีลักษณะอุตุนิยมวิทยาที่มีทิศทางลมมาพัดจากพื้นที่ห่างไกลจากจุดห้วยฝาย ลักษณะลมที่พัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศใต้ของพื้นที่จะมีระดับความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ที่ปานกลางถึงต่ำ นอกจากนี้

ยังพบว่าแหล่งกำเนิดทางทิศใต้และทิศตะวันตกก็ส่งผลกระทบต่อระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM-2.5 ที่บริเวณจุดตรวจวัดหัวฝาย ด้วยเช่นกัน

จุดตรวจวัดแม่จาง (MC) พบว่า แหล่งกำเนิดที่อาจจะส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของฝุ่น PM-10 คือ แหล่งกำเนิดของพื้นที่นั่นเอง เนื่องจากไม่พบการแพร่กระจายและโอกาสในการเกิดฝุ่น PM-10 ที่บริเวณรอบๆ จุดตรวจวัดเลย อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์นี้ยังสามารถอนุมานได้ว่า จุดที่ตั้งจุดตรวจวัดแม่จาง อาจจะอยู่ในหุบเขาหรือล้อมรอบด้วยพื้นที่สูง ลมและทิศทางลมในพื้นที่ไม่ส่งผลต่อการแพร่กระจายและระดับความเข้มข้นของสารมลพิษ

สำหรับจุดตรวจวัด Main station (MS-M) พบว่า อิทธิพลของแหล่งกำเนิดที่อยู่ใกล้กับจุดตรวจวัด MS-M จะส่งผลกระทบต่อระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM-10 ที่จุดตรวจวัดดังกล่าวให้มีค่าสูงในทุกๆทิศทางลมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ โดยมีโอกาสที่เกิดความเข้มข้นสูงๆอยู่ในช่วง 10–30% ของทิศทางลมทั้งหมดที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณนั้นๆ ลักษณะลมที่ส่งอิทธิพลต่อความเข้มข้นของฝุ่น PM-10 เป็นลมที่พัดมาจากทุกทิศทาง (ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และทางทิศใต้)

จุดตรวจวัดสบเมาะ (SM) พบว่า อิทธิพลของแหล่งกำเนิดที่อยู่ใกล้กับจุดตรวจวัด จะส่งผลกระทบต่อระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM-10 ที่จุดตรวจวัดดังกล่าวให้มีค่าสูงในทุกๆทิศทางลมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ โดยมีโอกาสที่เกิดความเข้มข้นสูงๆอยู่ในช่วง 10–40% ของทิศทางลมทั้งหมดที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณนั้นๆ และในกรณีที่มีลักษณะอุตุนิยมวิทยาที่มีทิศทางลมมาพัดจากพื้นที่ห่างไกลจากจุดตรวจวัด

จุดตรวจวัดสบป่าด (SP) พบว่า อิทธิพลของแหล่งกำเนิดที่อยู่ใกล้กับจุดตรวจวัด SP จะส่งผลกระทบต่อระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM-10 ที่จุดตรวจวัดดังกล่าวในทุกๆทิศทางลมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ โดยมีโอกาสที่เกิดความเข้มข้นสูงๆอยู่ในช่วง 1–60% ของทิศทางลมทั้งหมดที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณนั้นๆ และในกรณีที่มีลักษณะอุตุนิยมวิทยาที่มีทิศทางลมมาพัดจากพื้นที่ห่างไกลจากจุด SP ลักษณะลมที่พัดมาจากพื้นที่ข้างเคียง (ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และทางทิศใต้) ของพื้นที่จะทำให้มีระดับความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ที่ปานกลางถึงต่ำ

8. การศึกษาระดับความเข้มข้นของโอโซนสะสมโดยใช้แบบจำลอง WRF-Chem

การศึกษาระดับความเข้มข้นของโอโซนสะสมโดยใช้แบบจำลอง WRF-Chem โดยผลการศึกษาระดับความเข้มข้นสะสมของโอโซนในรูปแบบค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงทั้งแบบเพิ่มและไม่เพิ่มค่า Bias พบว่าจังหวัดลำปาง และทางภาคเหนือของประเทศไทยมีระดับความเข้มข้นสะสมของโอโซนตลอดเดือนเมษายน 2563 ต่ำกว่าค่ามาตรฐานโอโซนในบรรยากาศ 1 ชั่วโมงที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ มีค่าไม่เกิน 0.1 ppm หากสังเกตผลการจำลองจะพบว่าบริเวณที่พบค่าความเข้มข้นสูงกว่าตำแหน่งอื่นในพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณที่มีป่าไม้หนาแน่น ซึ่งเป็นไปได้ว่าค่าระดับความเข้มข้นโอโซนสะสมจะมาจากแหล่งกำเนิดประเภท Biogenic source และระดับความเข้มข้นสะสมของโอโซนที่เกิดขึ้นในประเทศไทยบางส่วนได้รับอิทธิพลมาจากการพัดพาจากประเทศเพื่อนบ้านตามทิศทางลมหลักของประเทศ ในทางกลับกันกับโอโซนที่เกิดขึ้นทางตอนบนของประเทศไทยรวมจังหวัดลำปางสามารถไปสู่ประเทศเพื่อนบ้านทางตอนเหนือได้เช่นกัน สำหรับผลการศึกษาระดับความเข้มข้นสะสมของโอโซนในรูปแบบค่ารายชั่วโมงสูงสุดของแต่ละวันทั้งแบบเพิ่มและไม่เพิ่มค่า Bias พบว่าจังหวัดลำปางและทางภาคเหนือของประเทศไทยมีระดับความเข้มข้นสะสมของโอโซนตลอดเดือนเมษายน 2563 ต่ำกว่าค่ามาตรฐานโอโซนใน

บรรยากาศ 1 ชั่วโมงที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ มีค่าไม่เกิน 0.1 ppm ในส่วนของการศึกษาระดับความเข้มข้นโอโซนสะสมด้วยแบบจำลอง WRF-Chem แบบเฉลี่ยรายเดือน โดยทำการศึกษาในช่วงเดือนเมษายนซึ่งเป็นช่วงที่พบค่ามลพิษสูงในทางตอนเหนือของประเทศ จากการพิจารณาระดับความเข้มข้นสะสมของโอโซนในพื้นที่ทางตอนเหนือของประเทศไทยในกรอบพื้นที่ศึกษาพบว่า มีระดับความเข้มข้นสะสมของโอโซนอยู่ในช่วง 0.019–0.025 ppmv และมีระดับความเข้มข้นสะสมของโอโซนกรณี que เพิ่มค่า Mean Bias 21.81 ppb อยู่ในช่วง 0.041–0.047 ppmv นอกจากนั้นการศึกษาระดับความเข้มข้นโอโซนสะสมด้วยแบบจำลอง WRF-Chem ในรูปแบบค่าความเข้มข้นสะสมสูงสุดของเดือนเมษายน พบว่า จังหวัดลำปางได้รับอิทธิพลจากลมที่พัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศไทยและมีทิศทางลมพัดออกจากลำปางไปสู่จังหวัดเชียงรายและพะเยา จากการพิจารณาระดับความเข้มข้นสะสมของโอโซนในพื้นที่ทางตอนเหนือของประเทศไทยในกรอบพื้นที่ศึกษาพบว่า ระดับความเข้มข้นสะสมของโอโซนสูงสุดอยู่ในช่วง 0.032–0.038 ppmv และมีระดับความเข้มข้นสะสมของโอโซนสูงสุดกรณีที่เพิ่มค่า Mean Bias 21.81 ppb อยู่ในช่วง 0.054–0.06 ppmv จากข้อมูลข้างต้นจะพบว่าระดับความเข้มข้นโอโซนสะสมในพื้นที่ศึกษา ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดลำปางและพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย มีค่ารายชั่วโมงสูงสุดและรายเดือนสูงสุด ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของค่ามาตรฐาน และในกรณีเพิ่มค่า mean bias (MB) เท่ากับ 21.81 ppb ก็พบว่าระดับความเข้มข้นโอโซนสะสมมีค่าต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของค่ามาตรฐานเช่นเดียวกัน

9. ความเหมาะสมของการจัดตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของการจัดตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศและพารามิเตอร์ที่จำเป็นด้วยเทคนิคการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (multi-Criteria Decision Making) พบว่า บริเวณจุดวัดทางสูงศรีทธาธรรม (HHS) ได้รับคะแนนการประเมินมากที่สุด รองลงมาคือ โรงเรียนบ้านนาสัก (BNSK) โรงเรียนบ้านแม่จาง (BMJ) วัดหัวฝาย (WHF) โรงเรียนสบเมะวิทยา (SMW) วัดผาแมว (PHM) โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านสบป่าด (BSP) โรงเรียนบ้านนาสาร (BNSN) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL) และ โรงเรียนบ้านสามขา (BSK) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาหลักเกณฑ์ในมิติของความเข้มข้นฝุ่นทั้งแบบปฏุมภูมิและทุติยภูมิรวมถึงความเข้มข้นของสารมลพิษอื่นๆในรูปแบบ gas phase ที่อาศัยหลักเกณฑ์ของนิวซีแลนด์เข้ามาร่วมในการประเมินพบว่า จุด Receptor บริเวณ วัดทางสูงศรีทธาธรรม (HHS) โรงเรียนบ้านแม่จาง (BMJ) และ โรงเรียนบ้านนาสัก (BNSK) เป็นบริเวณที่มีพารามิเตอร์ตกอยู่ในสีแดง หรือ มีคะแนนเท่ากับ 4 ดังนั้น 3 บริเวณดังกล่าวนี้จึงควรจัดให้มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแบบต่อเนื่อง (continuous monitoring) จัดทำบัญชีการระบายของสารมลพิษอย่างละเอียด วิเคราะห์ปริมาณการระบาย/ความเข้มข้นที่เกิดขึ้นเทียบกับเวลา และกำหนดขอบเขตของพื้นที่เสี่ยง โดยมีพารามิเตอร์ที่ควรตรวจวัดคือ พารามิเตอร์ฝุ่น ทั้งฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 ทั้งนี้พารามิเตอร์อื่นๆอาจพิจารณาตรวจเป็นระยะๆ และจุด Receptor บริเวณ โรงเรียนสบเมะวิทยา (SMW) วัดหัวฝาย (WHF) และ วัดผาแมว (PHM) เป็นบริเวณที่มีพารามิเตอร์ตกอยู่ในสีเหลือง หรือ มีคะแนนเท่ากับ 2 ดังนั้น 3 บริเวณดังกล่าวนี้จึงควรพิจารณาติดตามความเข้มข้นของมลพิษอากาศอย่างสม่ำเสมอ โดยมีการจัดทำบัญชีการระบายขึ้นพื้นฐาน และตรวจสอบ/พิจารณาบริเวณที่มีความเข้มข้นมลพิษสูงหรือมีแนวโน้มความเข้มข้นของมลพิษอากาศอย่างสม่ำเสมอ โดยมีพารามิเตอร์ที่ควรตรวจวัดคือ

พารามิเตอร์ฝุ่น ทั้งฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 ทั้งนี้พารามิเตอร์อื่นๆอาจพิจารณาตรวจสอบเป็นระยะๆ และสำหรับการพิจารณาแนวทางการตรวจวัดของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยใช้เทคนิคการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (multi-Criteria Decision Making) กรณีจุดตรวจวัดเดิมที่โรงไฟฟ้ามีการตรวจวัดเป็นปกติด้วยเทคนิคการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (multi-Criteria Decision Making) ในรูปแบบวิธี การรวมแบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (Simple Additive Weighting: SAW) โดยให้คะแนนตามเกณฑ์สำหรับจุดตรวจวัด (Receptor) จำนวนทั้งหมด 7 จุด จากการประเมินโดยเทคนิค Multi-Criteria พบว่า บริเวณจุดตรวจวัดศูนย์ราชการอำเภอแม่เมาะ (GC), วัดบ้านหัวฝาย (HF), วัดบ้านสบป่าด (SP) ได้รับคะแนนการประเมินมากที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาหลักเกณฑ์ในมิติของความเข้มข้นฝุ่นรวมถึงความเข้มข้นของสารมลพิษอื่นๆในรูปแบบ gas phase ที่อาศัยหลักเกณฑ์ของนิวซีแลนด์เข้ามาร่วมในการประเมินพบว่า ทุกจุดตรวจวัดเป็นบริเวณที่มีพารามิเตอร์ตกอยู่ในสีแดง หรือ มีคะแนนเท่ากับ 4 ดังนั้น บริเวณดังกล่าวนี้จึงควรจัดให้มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแบบต่อเนื่อง (continuous monitoring) จัดทำบัญชีการระบายของสารมลพิษอย่างละเอียด วิเคราะห์ปริมาณการระบาย/ความเข้มข้นที่เกิดขึ้นเทียบกับเวลา และกำหนดขอบเขตของพื้นที่เสี่ยง โดยมีพารามิเตอร์ที่ควรตรวจวัดแบบต่อเนื่องคือ พารามิเตอร์ฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 ทั้งนี้พารามิเตอร์อื่นๆอาจพิจารณาตรวจสอบเป็นระยะๆ เมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างจุดตรวจวัด พบว่ามีจุดที่ทับซ้อนกัน ระหว่างจุดตรวจวัดที่ใช้ในแบบจำลอง CALPUFF กับจุดตรวจวัดเดิมของโรงไฟฟ้า ได้แก่ สถานีหัวฝาย (WHF-HF) สถานีบ้านแม่จาง (BMJ-MC) สถานีสบเมะ (SMW-SM) และสถานีบ้านสบป่าด (BSP-SP) โดยที่ทั้ง 4 สถานีนี้จะแสดงค่าวิเคราะห์เป็นสีเขียว หรือมีคะแนนเท่ากับ 1 พบว่าเป็นบริเวณที่มีพารามิเตอร์ตกอยู่ในสีเขียว หรือ มีคะแนนเท่ากับ 4 การพิจารณาในลักษณะดังกล่าวนี้ ให้พิจารณาจากคะแนนสูงสุดเพื่อวัตถุประสงค์ในการจัดการแบบ conservative purpose อย่างไรก็ตาม ในการพิจารณาการติดตั้งสถานีตรวจวัดสารมลพิษอากาศ นอกจากการพิจารณาในเรื่องของเกณฑ์มาตรฐานของระดับความเข้มข้นของมลพิษในบรรยากาศ รวมถึงระดับความเป็นพิษและการก่อให้เกิดปัญหาในด้านต่างๆ ทั้งปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยแล้ว การพิจารณาติดตั้งสถานีตรวจวัดสารมลพิษอากาศดังกล่าวยังต้องคำนึงมิติด้านสังคมหรือความต้องการของชุมชนในพื้นที่โดยรอบอีกด้วย โดยต้องให้ความสำคัญและมีดำเนินการด้านการจัดการปัญหามลพิษอากาศที่มีความสอดคล้องกับความต้องการของประชาชนในพื้นที่รวมถึงการส่งเสริมศักยภาพ สร้างภูมิคุ้มกันทางปัญญาให้กับชุมชนให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมลพิษอากาศอย่างถูกต้อง

10. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของฝุ่น PM-10 และฝุ่น PM-2.5 โดยการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพแบ่งเป็นเพศชายและเพศหญิงเนื่องจากอัตราการหายใจไม่เท่ากันจึงมีผลต่อค่าความเสี่ยง พบว่า โดยส่วนใหญ่ผู้ใหญ่เพศชายและผู้ใหญ่เพศหญิงมีความเสี่ยงที่อยู่ในระดับต่ำกว่าระดับอ้างอิง กล่าวคือ มีความเป็นไปได้ที่จะไม่เกิดผลกระทบต่อกลุ่มผู้สัมผัส แต่จะมีเพียงบางตำแหน่งที่ผู้ใหญ่เพศชายมีความเสี่ยงที่อยู่ในระดับสูงกว่าระดับอ้างอิงกล่าวคือ มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดผลกระทบต่อกลุ่มผู้สัมผัส เช่น ตำแหน่ง Maximum ground level concentration, ตำแหน่งความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของฝุ่น PM-2.5 ที่ได้จากการตรวจวัดของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในพื้นที่ ตำแหน่งสถานีบ้านหัวฝาย (HF) เป็นต้น

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของโอโซนจากความเข้มข้นเฉลี่ย 8 ชั่วโมงของโอโซนที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการ Ozone formation potential (OFP) ในแต่ละจุดตรวจวัด ซึ่งพิจารณา ณ ตำแหน่ง Sensitive Receptor พบว่า ในทุกตำแหน่งมีความเสี่ยงที่อยู่ในระดับต่ำกว่าระดับอ้างอิง แสดงว่ามีความเป็นไปได้ที่จะไม่เกิดผลกระทบต่อกลุ่มผู้สัมผัส

แนวทางการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อโรงไฟฟ้าแม่เมาะในการพิสูจน์อิทธิพลของการดำเนินการของโรงไฟฟ้าและเหมืองแม่เมาะที่มีต่อระดับความเข้มข้นของ PM-10, PM-2.5 ในบรรยากาศที่มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ รวมถึงก๊าซโอโซนซึ่งมีแนวโน้มระดับความเข้มข้นในพื้นที่สูง
2. ข้อมูลการประเมินการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของสารมลพิษทางอากาศทั้ง 3 ชนิดจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการออกแบบระบบการติดตามตรวจสอบสารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ (design of ambient air monitoring network) ทั้งในส่วนของการตั้ง ความเป็นตัวแทนเชิงพื้นที่ และความถี่ในการติดตามตรวจสอบที่เหมาะสม เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลการตรวจวัดที่เหมาะสม เพียงพอ และใช้ประโยชน์งบประมาณในการดำเนินการในส่วนของการกิจกรรม monitoring ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
3. ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนเพื่อการจัดการสารมลพิษทางอากาศให้แก่โรงไฟฟ้าและเหมืองแม่เมาะในกรณีที่จะมีการขยายหรือเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยสนับสนุนข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

ข้อคิดเห็น หรือ ข้อเสนอแนะอื่น ๆ ต่อ กฟผ.

1. จากผลของงานวิจัยนี้พบว่าฝุ่น PM-10 และ PM-2.5 ไม่ได้เกิดจากปล่องโรงไฟฟ้าและกิจกรรมจากเหมืองเป็นหลัก หากแต่เกิดจากการเผาชีวมวลในโรงบริเวณพื้นที่การศึกษาเป็นหลัก โดยพบว่าสัดส่วนการระบายของฝุ่น PM-10 และ PM-2.5 จากการเผาชีวมวลในโรงมีค่าสูงสุดถึงร้อยละ 97 และ 98 ของแหล่งกำเนิดฝุ่น PM-10 และ PM-2.5 ตามลำดับ ทั้งนี้จากการดำเนินงานในปัจจุบันของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ซึ่งได้มีมาตรการในการจัดการด้านมลพิษทางอากาศ ทั้งในส่วนของการกระบวนการในการติดตาม ตรวจสอบ (monitor) และการควบคุมที่แหล่งระบาย (emission control) รวมถึงการฉีดพ่นน้ำบนถนนเป็นประจำเพื่อลดฝุ่นและพรมน้ำลงบนวัสดุที่มีการฟุ้งกระจายขณะขนถ่าย (fugitive dust control) ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพดียิ่งในการจัดการและควบคุมปัญหามลพิษทางอากาศจากการดำเนินกิจกรรมของโรงไฟฟ้าและเหมืองแม่เมาะ สำหรับการกำหนดพารามิเตอร์ควรจะต้องมีการพิจารณาในเรื่องของการ monitoring programme หากสารมลพิษตัวใดไม่ใช่สารมลพิษหลักที่ระบายจากกิจการโรงไฟฟ้าและกิจกรรมของเหมืองโดยตรงอาจจะไม่จำเป็นที่จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแบบต่อเนื่องอัตโนมัติ (continuous monitoring) แต่อาจจะมีการตรวจวัดเป็นระยะๆ เช่น ตรวจวัด 6 เดือนต่อครั้ง เป็นต้น

2. สำหรับในอนาคตหากจะมีแหล่งกำเนิดใหม่ (new major sources) เกิดขึ้น หรือแหล่งกำเนิดมลพิษหลักที่มีอยู่เดิมจะทำการปรับปรุงใหญ่ (major modifications sources) สามารถใช้การวิเคราะห์ Significant emissions increase เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนด Prevention of Significant Deterioration

(PSD) Permits ของ U.S. EPA หากพิจารณาแล้วพบว่าไม่อยู่ภายใต้ข้อกำหนดในการจัดทำ Prevention of Significant Deterioration (PSD) Permits ของ US.EPA จะต้องดำเนินการดังต่อไปนี้

- เลือกใช้ Best Available Control Technology (BACT)
- ทำการวิเคราะห์คุณภาพอากาศ (An air quality analysis)
- การวิเคราะห์อิทธิพลของแหล่งกำเนิดที่มีต่อระดับความเข้มข้นในสิ่งแวดล้อม (source contribution and apportionment analysis)
- เปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการให้ความเห็นก่อนการอนุญาตโครงการ

ลงนาม  หัวหน้าคณะทำงานวิจัย

(รศ.ดร.สราวุธ เทพานนท์)

วันที่ 18 / เม.ย. / 66