อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การสะสมของโลหะหนักในฝุ่นละอองช่วงการเกิดหมอกควัน ของ จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย

โดย ผศ.ดร. ปาจรีย์ ทองสนิท และคณะ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน ๘ ก.พ. ๒๕๖๐
เลขทะเบียน ๑.๗๑๐๖๒๕๗
เลขเรียกหนังสือ ว TP
ป๕๔๕ ๒๕๕๙

10 กันยายน 2559

สัญญาเลขที่ R2559B093

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การสะสมของโลหะหนักในฝุ่นละอองช่วงการเกิดหมอกควัน ของ จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย

คณะผู้วิจัย

ผศ. ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท

นางวิชญา อิ่มกระจ่าง

นายชูชัย หล่อนิมิตดี

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

โครงการ การสะสมของโลหะหนักในฝุ่นละอองช่วงการเกิดหมอกควันของ จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงสุขภาพต่อการรับสัมผัสสารโลหะหนักในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองจากบริเวณภายในอาคารช่วงการเกิดสถานการณ์ปัญหาหมอกควันในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศชนิดส่วนบุคคล ใช้อัตราการดูดอากาศ 1.7 ลิตร/นาที เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนพฤษภาคม 2556 จำนวน 5 จุด คือ 1. ทิศใต้(ถนนเชียงใหม่-ลำพูน) 2. กลางเมือง(ประตูท่าแพ) 3. ทิศตะวันตก(มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) 4. ทิศตะวันออก(ทางไปอำเภอสันกำแพง) และ 5. ทิศเหนือ(ทางไปอำเภอแม่ริม) วิเคราะห์ปริมาณฝุ่น PM_{10} โดยใช้วิธีการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (Gravimetric Analysis) และวิเคราะห์หาความเข้มข้นโลหะหนัก 8 ชนิด คือ แมงกานีส เงิน ทองแดง เหล็ก แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และตะกั่ว โดย ใช้เทคนิค Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS) จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นฝุ่น PM_{10} มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร และตรวจพบการปนเปื้อนโลหะหนักทั้งหมดจำนวน 4 ชนิด เรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ เหล็ก ทองแดง เงิน และแมงกานีส ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.111, 1.012, 0.444 และ 0.305 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ปริมาณฝุ่นละอองและโลหะหนักหลังจากทำการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงสุขภาพ (Hazard Quotient) พบว่าความเสี่ยงสุขภาพจากฝุ่น PM_{10} อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (<1) แต่พบค่าความเสี่ยงสุขภาพจากสารโลหะหนัก ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ พบค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในเดือนพฤษภาคม 2556 บริเวณจุดเก็บตัวอย่างทิศใต้ (ถนนเชียงใหม่-ลำพูน) เท่ากับ 18.519 ในเด็กเพศหญิง ช่วงอายุ 1-2 ปี นับได้ว่าค่าดังกล่าวอยู่ในระดับที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเด็กในระดับที่อันตรายมาก เก็บตัวอย่างฝุ่น PM2.5 ในเขตเทศบาลนครเชียงราย คือ สถานีขนส่งผู้โดยสารเทศบาลนครเชียงราย ตลาดสดเทศบาล1 บริเวณจุดจอดรถสองแถวและหมู่บ้านลานทอง อ าเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นชนิด Low volume air sampler เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 24 ชั่วโมง วิเคราะห์โลหะจำนวน 11 ชนิด ได้แก่ เงิน แคดเมียม โครเมียม ทองแดง เหล็ก โพแทสเซียม แมกนี เซียม แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่วและสังกะสี โดยใช้เทคนิควิเคราะห์ Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (FAAS) พบว่าเมื่อนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานความเข้มข้นฝุ่น PM2.5ในบรรยากาศทั่วไปเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของประเทศไทยกำหนดไว้ไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

The deposition of heavy metal in particulate matter during Smoggy pollution at Chiangmai and Chiangrai Province

Abstract

The research aims to study the health risk assessment of heavy metals in particles with a diameter less than 10 microns (PM10) from indoor air during smog crisis in Chiang Mai province. Measurement of PM10 concentration were carried out for 8 hours from five stations [1. South (Chiang Mai-Lamphun) 2. Middle (Tha Phae Gate) 3. East (Chiang Mai University) 4. West (Sankampaeng) and 5. North (Mae Rim)] by using the personal sampling pumps; with flow rate of 1.7 liters/minute from November 2012 to May 2013. The concentration of PM10 was analyzed by the gravimetric method while the composition of heavy metals (manganese, silver, copper, iron, cadmium, chromium, nickel and lead) were determine by flame atomic absorption spectrophotoscopy (FAAS) technique. The result showed that the concentration of PM10 did not exceed the standard value of 5 milligram/cubic meter. The result of heavy metals contamination found four species sort from high to low were iron, copper, silver and manganese below standard value with an average of 42.111, 1.012, 0.444 and 0.305 microgram/cubic meter, respectively. The health risk of PM10 (Hazard Quotient) did not exceed the acceptable limit (<1) while heavy metals was greater than the acceptable limit. It was found the highest average health effect in a very dangerous level was 18.51 at south station (Chiang Mai-Lamphun) in female of ages 1-2 years on May 2013. The sample of $PM_{2.5}$ at 3 locations in Chiang Rai Consist of Meng Rai junction , Sri Sai Moon junction and Lantong village. The data was collected for 24 hours twice a month during 2012 , December to 2013 March by using Low Volume Air Sampler machine. Another study was about the investigation of the amount of metal in different type of dust following by silver cadmium chromium copper iron potassium manganese magnesium nickel lead and zinc by using Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS) technique. The result showing that $PM_{2.5}$ was found at the Meng Rai junction , Sri Sai Moon junction and Lantong village did not exceed the Thailand standard value of 50 milligram/cubic meter.

เนื้อหางานวิจัย

1. ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การสะสมของโลหะหนักในฝุ่นละอองช่วงการเกิดหมอกควันของจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย

(ภาษาอังกฤษ) The deposition of heavy metal in particulate matter during Smoggy pollution at Chiangmai and Chiangrai Province

2. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

หมอกควันในภาคเหนือตอนบนของไทย เป็นปัญหาสำคัญที่มีมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ระบบทางเดินหายใจ รวมทั้งทำให้เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชน บดบังทัศนวิสัย รวมทั้งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวที่เป็นระบบเศรษฐกิจที่สำคัญของพื้นที่และความรุนแรงของปัญหาจะเห็นได้ชัดในช่วงหน้าแล้ง ที่มีสภาวะอากาศที่แห้งและนิ่ง ทำให้ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นาน ประกอบกับลักษณะภูมิประเทศของภาคเหนือ มีภูเขาสลับซับซ้อน บางพื้นที่เป็นแอ่งกระทะ ทำให้พื้นที่ดังกล่าวเกิดการสะสมของมลพิษได้ง่าย มลพิษกระจายตัวได้ไม่ดี จังหวัดที่มักได้รับผลกระทบจากปัญหาดังกล่าวคือ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน เป็นต้น สาเหตุของหมอกควัน ก็คือไฟป่า ในช่วงนั้นเกษตรกรต้องเตรียมพื้นที่ในการเพราะปลูกโดยเลือกใช้วิธีการเผา เพราะสะดวก ง่าย ประหยัด การเผาเพื่อหาของป่าโดยเฉพาะผักหวาน หลังจากการเผายอดอ่อนจะผลิและแตกหน่อ และเห็ดเผาะหรือเห็ด ซึ่งเป็นพืชผักตามธรรมชาติออกเพียงปีละครั้งในช่วงปลายฤดูแล้งถึงต้นฤดูฝน (ทวีศักดิ์ ใจคำสืบ , 2550)

โลหะหนักเป็นสารที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ ปนเปื้อนในเกษตรกรรม และอุตสากรรมอีกด้วย เมื่อถึงช่วงการเกิดปัญหาหมอกควัน มีการเผาป่า เผาไร่ จึงทำให้โลหะหนักบางชนิดมีการปนเปื้อนมากับฝุ่นละออง ซึ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กนี้ สามารถเข้าไปในร่างกายได้ด้วยการสูดดม ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพประชาชนที่ได้รับสัมผัส จากงานวิจัยเรื่องผลกระทบสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็กในเมือง พบว่าระดับการสัมผัส ฝุ่นละอองในอากาศ ของประชาชนมีความสัมพันธ์กับการตายก่อนเวลาอันควร และการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ ตั้งแต่การเจ็บป่วยเฉียบพลัน รุนแรงและการเจ็บป่วยเรื้อรัง เช่นอาการหอบหืด และหลอดลมอักเสบเรื้อรัง ไปจนถึงอาการเจ็บป่วยเล็กน้อย เช่น ไอ หายใจเสียงวี๊ด และแน่น หายใจไม่ออก (กรมควบคุมมลพิษ, 2541) โลหะหนักบางชนิดเกิดโทษต่อร่างกายและขณะบางชนิดก็จำเป็นต่อร่างกาย แต่ถ้าหากร่างกายได้รับความเข้มข้นมากเกินไปก็จะทำให้เกิดความเป็นพิษขึ้นได้ มีรายงานการวิจัยสนับสนุนพบโลหะตะกั่ว โคบอลต์ โครเมียม ทองแดง นิกเกิล และ วานาเดียม ในฝุ่น PM_{10} ในเขตจังหวัดสมุทรปราการ (กัลยากร ตั้งอุไรวรรณ และคณะ, 2550) โลหะบางชนิดเมื่อได้รับในปริมาณมากในระยะเวลาสั้นๆ อาจเกิดอันตรายเฉียบพลันต่อร่างกาย ทำลายสมอง หมดสติ หรืออาจถึงขั้นเสียชีวิตได้ และโลหะบางชนิด เช่น ตะกั่วเมื่อได้รับสารเป็นระยะ

เวลานาน ทำให้เกิดโรคเลือดจาง การสูดหายใจเอาผงหรือไอระเหยของแมงกานีสเข้าไปอาจทำให้เกิดอาการปอดบวมได้โดยมีอาการเริ่มต้นเจ็บคอ เป็นไข้ ไอมีเสมหะ ต่อมาเริ่มเป็นไข้สูง ไอมากขึ้น แน่นอึดอัดหายใจไม่ออก และแคดเมียม หากได้รับสารพิษเรื้อรังก่อให้เกิด โรคอิไตอิไต (Itai-Itai disease) ได้

งานวิจัยนี้จึงเห็นถึงอันตรายจากปัญหาหมอกควันและโลหะหนักบางชนิดที่ปนเปื้อนในฝุ่นละอองขนาดเล็ก ในบรรยากาศ ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาสุขภาพของประชาชน เพื่อสามารถนำผลจากการศึกษาครั้งนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการประเมินการสัมผัสโลหะหนักในฝุ่นละอองในบรรยากาศที่ประชาชนได้รับในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดเชียงรายในช่วงการเกิดปัญหาหมอกควัน

3. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณ โลหะหนัก ในฝุ่นละอองขนาดเล็กในบรรยากาศและฝุ่นตกในช่วงการเกิดปัญหาหมอกควัน จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย
2. เพื่อประเมินการสัมผัสโลหะหนักในฝุ่นละอองต่อสุขภาพของประชาชนของจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย ในช่วงการเกิดหมอกควัน

4. ขอบเขตของโครงการวิจัย

- พื้นที่ศึกษา อ. เมือง จ.เชียงใหม่ และ อ. เมือง จ. เชียงราย
- ศึกษาสารโลหะหนัก ในฝุ่นละอองขนาดเล็ก ในบรรยากาศ

5. ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ทฤษฎี

5.1 **อนุภาคมลสารในอากาศ (Particulate Matter)**

ฝุ่นละออง หมายถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศ อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ บางชนิดมีขนาดใหญ่และสีดำจนมองเห็นเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศ โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอน ลงมาและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อน รำคาญต่อประชาชน ทัศนะวิสัยไม่ดี ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคมขนส่ง (นพภาพร, 2543) นานาประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศขึ้น สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกา โดย The United State Environmental Protection Agency (U.S.EPA) แต่เดิมได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่น Total Suspended Particulate (TSP) และฝุ่น PM10 แต่เนื่องจากมีการศึกษาวิจัยพบว่าฝุ่นขนาดเล็กนั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนใน และมีผลต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม ดังนั้นประเทศสหรัฐอเมริกาจึงยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นรวมและกำหนดค่าฝุ่นขนาดเล็กเป็น 2 ชนิดคือ PM10 และ PM2.5 (นพภาพร, 2543)

PM10 ตามความหมายของ U.S. EPAหมายถึง ฝุ่นหยาบเป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 - 10 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนถนน จากการขนส่งวัสดุ ฝุ่นจากกิจกรรมบดย่อยหิน เป็นต้น ฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลกระทบต่อสุขภาพ เมื่อหายใจเข้าไปในปอดจะเข้าอยู่ในระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ในสหรัฐอเมริกาพบว่า ผู้ที่ได้รับฝุ่น PM10 ในระดับหนึ่งทำให้เกิดโรค หอบ และฝุ่น PM2.5 ในบรรยากาศมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของผู้ป่วยที่เข้ามารับการรักษาตัวในห้องฉุกเฉิน เพิ่มอาการของโรคทางเดินหายใจ ลดประสิทธิภาพการทำงานของปอด และเกี่ยวโยงกับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรโดยเฉพาะผู้ป่วยสูงอายุผู้ป่วยโรคหัวใจโรคหืดหอบและเด็กมีอัตราเสี่ยงสูงกว่าคนปกติด้วย

5.1.1 มาตรฐานอนุภาคฝุ่นละออง

เป็นการกำหนดระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศสูงสุดซึ่งยินยอมให้มีได้ในบรรยากาศตามกฎหมาย เพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตรายต่อประชาชนหรือระบบนิเวศน์ ซึ่งประเทศไทยได้จัดทำมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ. 2518 ซึ่งได้มีการกำหนดค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง (Total Suspended particulates) ในบรรยากาศค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ย 1 ปีมีค่าไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต (Geometric mean) โดยใช้วิธีวัดแบบการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) ต่อมาได้มีการจัดทำมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศขึ้นใหม่ในปี พ.ศ. 2538 ตาพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ. 2535 โดยกรมควบคุมมลพิษ สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้มีการกำหนดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยใช้วิธีวัดแบบ Gravimetric-High Volume ได้แบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือ

1. ฝุ่นรวม (TSP) มีค่าความเข้มข้นมาตรฐานในบรรยากาศเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยใน 1 ปี มีค่าไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2. ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) กำหนดให้มีค่าความเข้มข้นในบรรยากาศ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.12 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ปี มีค่า ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3. ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) กำหนดให้มีค่าความเข้มข้นในบรรยากาศ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ปี มีค่า ไม่เกิน 0.025 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

5.1.2 การแพร่กระจายของมลสาร

มลสารในอากาศที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแบบจุดหรือแบบกระจายจะถูกนำไป กระจายไปหรือทำให้เข้มข้นขึ้นโดยสภาวะและสภาพภูมิประเทศ วัฏจักรของมลสารในอากาศเริ่มด้วยการพาและฟุ้งกระจายผ่านอากาศ แล้วสิ้นสุดลงเมื่อมลสารทับถมบนพืช พื้นน้ำ พื้นดิน และอื่นๆ ในบางพื้นที่สภาวะของอากาศและภูมิประเทศจะชักนำทำให้เกิดการสะสมของมลสารทำให้เกิดความเข้มข้นของมลสารเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการสึกกร่อนของสิ่งก่อสร้าง และการกระทบกระเทือนต่อสุขภาพอนามัยและพืชผลต่างๆ ในพืชผลต่างๆ ในพื้นที่นั้นๆ ในเมืองที่มีพื้นที่กว้างขวางมลสารสามารถปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดจำนวนมากและมีลักษณะมลสารแตกต่างกัน ทั้งเป็นแบบจุดและเป็นพื้นที่แล้วกระจายไปทั่วพื้นที่ภูมิภาคนั้น แต่ละที่ตั้งในเมืองจะได้นับมลสารแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับกระแสลมที่ผัดผ่านไปมาการมีตึกสูงแตกต่างกัน ทำให้มลสารพัดพาไปในทิศทางที่แตกต่างกัน ซึ่งถ้าต้องการควบคุมความเข้มของมลสาร ณ สถานที่หนึ่งไม่ได้มีความเข้มข้นเกินขีดกำหนดก็ต้องควบคุมการปล่อยมลสารจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่มีส่วนทำให้ มลสารนั้นเพิ่มขึ้น ดังนั้นการกระจายของมลสารในบรรยากาศมีกลไกที่สำคัญ 3 ประการคือ

1. การเคลื่อนไหวของอากาศที่พามลสารไปตามทางลม
2. ความแปรปรวนของบรรยากาศที่ทำให้มลสารกระจายไปทุกทิศทาง
3. การฟุ้งกระจายของมลสารเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้น

นอกจากนี้คุณสมบัติทางแอโรไดนามิก เช่น ขนาด รูปร่าง และน้ำหนัก ของมลสารจะมีผลต่ออัตราที่มลสารที่ไม่ใช้ก๊าซตกลงสู่พื้นดินหรือลอยตัวขึ้น ฉะนั้นการฟุ้งกระจายของมลสารของแต่ละพื้นที่ย่อมแตกต่างกันออกไป เช่นภายในเมืองใหญ่มีการฟุ้งกระจายมลสารได้รอบทิศทาง ทั้งนั้นเพราะในเมืองใหญ่มีอาคาร ตึก สิ่งก่อสร้าง ทำให้ความเข้มข้น และลักษณะการฟุ้งกระจายของมลสารแตกต่างจากเขตนอกเมืองที่ไม่มีสิ่งปลูกสร้าง การฟุ้งกระจายของมลสารย่อมกระจายตัวได้อิสระ โดยความเร็วลมและทิศทางของลมมีผลต่อการฟุ้งกระจายของมลสารด้วยการไหลของอากาศเรียกว่า การไหลแบบแปรปรวนเมื่อมีการเคลื่อนที่แบบกระแสวน หมายถึงส่วนของอากาศที่เคลื่อนไหวแบบอิสระในลักษณะขึ้นลงเช่นเดียวกับกระแสวนที่เกิดจากการไหลแปรปรวนในท่อ ในบรรยากาศเวลากลางวันความร้อนทำให้เกิดการแปรปรวนของบรรยากาศเนื่องจากความแปรปรวนเพิ่มขึ้น ทำให้ความเร็วลมระดับต่างๆ ส่งผลให้การฟุ้งกระจายของมลสารเปลี่ยนแปลงไปด้วย

5.1.3 การตกสะสมของฝุ่นจากบรรยากาศ

กระบวนการตกสะสมของฝุ่นจากบรรยากาศ แบ่งได้ 2 ชนิด คือการตกสะสมแบบแห้ง(Dry Deposition) และ การตกสะสมแบบเปียก (Wet Deposition) การตกสะสมแบบแห้งและแบบเปียก คือกระบวนการที่ก๊าซชนิดต่างๆในบรรยากาศตลอดจนอนุภาคเคลื่อนย้ายตัวจากบรรยากาศ ตกลงสู่แหล่งรับที่มีพื้นที่ผิวต่างๆ โดยที่ความสามารถในการตกสะสมทั้งสองชนิดดังกล่าวขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ

ดังนี้คือ สถานะของสิ่งที่สนใจว่าอยู่ในรูปก๊าซหรืออนุภาค ความสามารถในการละลายได้ จำนวนการตกในพื้นที่นั้นๆ ลักษณะภูมิประเทศ และชนิดของพื้นผิวปกคลุมในบริเวณที่สนใจ

การตกสะสมแบบแห้ง (Dry Deposition)

หมายถึง สารทุกชนิด เช่นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรืออนุภาคซัลเฟตที่ตกตะกอนสะสมจากบรรยากาศในสภาวะไอหรือก๊าซ ที่ไม่ใช่ฝน ตกลงสู่แหล่งรองรับบนพื้นโลก เช่น

1. การดูดซับหรือดูดซึมก๊าซโดยพืช ดิน น้ำและผิววัสดุต่างๆที่มนุษย์ผลิต
2. การตกตะกอนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกของอนุภาคที่ค้อนข้างหยาบ
3. การชนของอนุภาคละเอียดบนผิววัสดุ หรือพืช

ปัจจัยที่มีผลต่อการตกสะสมแบบแห้งของก๊าซ หรืออนุภาค ก็คือ ระดับสภาพความปั่นป่วนของอากาศ คุณสมบัติทางเคมีของอิออนตัวที่ตก และลักษณะพื้นผิวของบริเวณที่สนใจตามธรรมชาติ สำหรับก๊าซ ความสามารถในการละลาย และปฏิกิริยาเคมีจะมีผลต่อการดูดเข้าสู่พื้นผิวของแหล่งรับได้ และสำหรับอนุภาค ขนาด ความหนาแน่น และรูปทรงของอนุภาคเป็นเครื่องกำหนดความสามารถในการถูกจับโดยพื้นผิวต่างๆของแหล่งรับเช่นกัน

การตกสะสมแบบเปียก (Wet Deposition)

หมายถึง ปริมาณของสารที่เคลื่อนย้ายจากบรรยากาศโดยฝน, หิมะ หรือน้ำรูปแบบอื่นๆลงสู่พื้นโลก และกระบวนการเปลี่ยนแปลงของก๊าซ, ของเหลวและของแข็งจากบรรยากาศลงสู่พื้นโลกในระหว่างเกิดฝนตก โดยทั่วไปจะปรากฏในรูปฝนกรดที่มีสาเหตุมาจาก H_2SO_4 และ HNO_3 (จากการวิเคราะห์น้ำฝนพบ SO_4^{2-} และ NO^{3-} เป็นหลัก) โดย SO_2/SO_3 หรือ NO_2 ทำปฏิกิริยาและละลายอยู่ในเมฆและน้ำฝนในรูปของกรดซัลฟิวริกและกรดไนตริก

5.1.4 มลพิษอากาศ

มลพิษอากาศ (Air pollution) หมายถึง ภาวะของอากาศ ที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอและเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัย ของมนุษย์ สัตว์ พืชและวัสดุต่าง ๆ สารดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2535 กำหนดความหมายของคำว่า อากาศเสีย คือ ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็น ไอเสีย กลิ่น ควัน เขม่า ฝุ่นละออง เถ้าถ่านหรือ มวลสารอื่นที่อยู่ในสภาพละเอียด เบาบางจนสามารถรมอยู่ในอากาศได้

การจำแนกของสารมลพิษในอากาศสามารถแยกตามสถานะของสารมลพิษได้ 2 รูปแบบคือ 1. รูปแบบของอนุภาค (Aerosal) 2. รูปแบบของก๊าซ (Gas) โดยที่รูปแบบของอนุภาคมีทั้งในรูปของแข็ง (Solid) และของเหลว (liquid) เช่น ฝุ่น ฝุ่นขี้เถ้า ฝุ่นดิน เขม่าสี เป็นต้น ส่วนรูปแบบของก๊าซ เช่น ก๊าซโอโซน ก๊าซซัลเฟอร์ไดอ๊อกไซด์ ไอน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น นอกจากมีการจำแนกตามสถานะของสารมลพิแล้วยังสามารถจำแนกตามองค์ประกอบทางเคมี คือ สารมลพิษอากาศที่เป็นสารอินทรีย์ (

Organic) เช่น ไอระเหย เบนซิน สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น และสารมลพิษอากาศที่เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic) เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ ฝุ่นตะกั่ว เป็นต้น (เอกชัย สุทธิลักษณ์ , 2545)

5.2 สถานการณ์ปัญหาหมอกควัน

หมอกควัน หมายถึง การสะสมของควัน ฝุ่น หรืออนุภาคแขวนลอยในอากาศ มารวมตัวกันในสภาวะอากาศที่ปิด โดยส่วนใหญ่แล้วจะเกิดขึ้นได้ดีในสภาพอากาศแห้ง และลักษณะภูมิประเทศที่ทำให้เกิดหมอกควันได้ดีคือ ลักษณะพื้นที่แอ่งกระทะ หรือพื้นที่ปิดระหว่างหุบเขา ซึ่งลักษณะภูมิประเทศนี้ตรงกับลักษณะของบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย และแน่นอนปัญหาหมอกควันนี้ ยังคงเกิดขึ้น และเป็นปัญหาใหญ่ของหลายพื้นที่ในภาคเหนือ โดยปัญหาหมอกควันนี้ทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ และยังส่งผลกระทบต่อ ประชาชน สภาพแวดล้อมในหลายๆด้าน ทำให้เกิดความเสียหายเป็นอย่างมาก

จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย เป็นพื้นที่หนึ่งในภาคเหนือที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาหมอกควันเช่นเดียวกัน ทุกๆปีในช่วงหน้าแล้ง ทำให้แต่ละเมืองถูกปกคลุมด้วยฝุ่นละอองและหมอกควัน ชาวบ้านหายใจไม่สะดวก ทัศนะวิสัยในการขับขี่ไม่ดี เนื่องจากยังพบการเผาป่าเป็นระยะ ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ ระบุว่า ตั้งแต่ช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์ที่ วันที่ 17 มีนาคม 2553 เชียงใหม่มีค่า PM10 ในอากาศสูงที่สุด คือ โดยสถานีตรวจวัดที่โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย ซึ่งตั้งอยู่ใจกลางเมืองวัดได้ถึง 279.90 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สถานีศูนย์ราชการ ห่างออกไปทาง อ.แม่ริม วัดได้ 268.40 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2553 สถานีตรวจวัดศาลหลักเมืองลำปาง มีค่ามากที่สุดของ PM10 คือ 160.60 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรในวันที่ 10 มีนาคม 2553 จ.เชียงราย วัดได้ 231.80 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่น PM10 เป็นหน่วยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ค่ามาตรฐานของ PM10 ที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ คือ 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในใน 24 ชั่วโมง ในเมืองเชียงใหม่มีฝุ่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมโครกรัม เกินมาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดถึง 2 เท่า ในทางการแพทย์ฝุ่นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กขนาดนี้ เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยอย่างยิ่ง ทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ ระคายเคือง แสบจมูก ไอ จาม หรือมีการสะสมของฝุ่นในถุงลมปอด ส่งผลให้การทำงานของปอดเสื่อม โดยเฉพาะในเด็ก ผู้สูงอายุ

5.2.1 สาเหตุของการเกิดปัญหาหมอกควันในประเทศไทย มีหลายสาเหตุด้วยกัน ได้แก่

1) ไฟป่า

การเกิดไฟป่าส่วนใหญ่เกิดจากการที่คนจุดไฟเผาป่าเพื่อหาของป่า ล่าสัตว์ เผาไร่ หรือเกิดจากความประมาทเลินเล่อ หรือมีทัศนคติที่ไม่ถูกต้องต่อปัญหาไฟป่า สถิติล่าสุดของการเกิดไฟป่านับตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2554 ถึงวันที่ 11 มิถุนายน 2555 พบว่าจังหวัดเชียงใหม่ มีความถี่ในการเกิดถึง 864 ครั้ง มีพื้นที่เสียหายถึง 6,263.5 ไร่ และพบว่าจังหวัดเชียงรายมีความถี่ในการเกิดถึง 180 ครั้ง

มีพื้นที่เสียหายถึง 907.5 ไร่ และการเปรียบเทียบการเกิดไฟป่าในประเทศไทยทั้งหมดในปี พ.ศ. 2554-2555 พบว่าภาคเหนือมีค่าสถิติในการเกิดไฟป่ามากที่สุด กว่าทุกๆภาค คือ ความถี่ในการเกิด 2,387 ครั้ง และความเสียหายที่เกิดขึ้นมากถึง 19,993.6 ไร่ (รายงานจากสถานีควบคุมไฟป่า) ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตจำนวนมาก และความสูญเสียทางเศรษฐกิจอีกด้วย

2) การเผาเศษพืชและเศษวัสดุการเกษตร

การเผาเพื่อเตรียมทำการเกษตร ส่วนหนึ่งเกิดจากความเชื่อที่ว่า การเผาเพียงเล็กน้อยไม่ก่อให้เกิดปัญหา และช่วยเพิ่มผลผลิต ช่วยกำจัดวัชพืชและเชื้อโรคในดินและการเผานั้นช่วยให้ลดเวลา สะดวกประหยัดอีกด้วย การเผาเพื่อนทำการเกษตรเป็นกิจกรรมคลอบคลุมพื้นที่กว้างขวางไม่จำกัดเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่ แต่เป็นไปทั่วภาคเหนือตอนบน และประเทศเพื่อนบ้านของไทยเราด้วย หลักฐานสำคัญสามารถดูได้จากภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งมักพบตำแหน่งของพื้นที่ที่มีการเผา ที่เรียกกันว่า ฮ็อทสปอต(hot spot) หรือจุดร้อนเป็นจำนวนมาก ในช่วงที่มีปัญหามลพิษทางอากาศเนื่องมาจากหมอกควัน

และวิถีชีวิตทางภาคเหนืออีกอันหนึ่งซึ่งส่งผลกระทบก่อให้เกิดหมอกควัน ซึ่งจะเกิดขึ้นในช่วง ฤดูแล้งถึงต้นฤดูฝน คือ การเผาเพื่อหาของป่าโดยเฉพาะผักหวาน (หลังจากการเผายอดอ่อนจะผลิและแตกหน่อ) และเห็ดเผาะหรือเห็ดถอบ (ชอบขึ้นตามพื้นดินใต้โคนไม้ที่ถูกไฟเผา/เผาที่ให้เตียนเพื่อเก็บง่าย) ซึ่งเป็นพืชผักตามธรรมชาติออกเพียงปีละครั้งในช่วงปลายฤดูแล้งถึงต้นฤดูฝน เป็นที่นิยมรับประทาน เพาะพันธุ์ได้ยากมีราคาสูง (ผักหวานกิโลกรัมละประมาณ 200-300 บาท เห็ดเผาะลิตรละประมาณ 100-300 บาท) และการเผาเอารังไข่มดแดง เพื่อนำไปขาย ประกอบอาหาร ได้ราคาดี (ทวีศักดิ์ ใจคำสืบ , 2550)

3) การเผาขยะมูลฝอยจากชุมชน

การเผาขยะจากชุมชนที่มิได้มีการใช้เตาเผาอุณหภูมิสูงทำให้เกิดหมอกควัน ซึ่งปริมาณของควันในรูปของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากการเผาขยะโดยเฉลี่ยจะเท่ากับ 45 กรัมต่อครัวเรือนต่อวัน นอกจากนี้ในขยะมูลฝอยที่มีพลาสติกปนอยู่จะก่อให้เกิดสารอินทรีย์ระเหยที่มีสารมลพิษอยู่ หากมีการเผาในที่โล่งจะก่อให้เกิดสารอินทรีย์ระเหยประมาณ 14 กรัมต่อขยะมูลฝอย 1 กิโลกรัม หรือประมาณ 35 กรัมต่อครัวเรือนต่อวัน โดยสารพิษที่พบได้แก่ เบนซีน ไดออกซิน ซึ่งสารทั้งสองเป็นสารก่อมะเร็งอีกด้วย

5.2.2 ผลกระทบต่อสุขภาพ

ปัญหาหมอกควันมีผลกระทบต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ถ้าหากคนที่อยู่ในที่โล่งนาน ๆ มีอาการแสบตา ตาแดง น้ำตาไหล คอแห้งระคายคอ หายใจติดขัด เหนื่อยง่ายและแน่นหน้าอก และฝุ่นละอองขนาดเล็กนี้สามารถเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนบนและส่วนล่าง

ได้ด้วยการสูดดม คณะผู้วิจัยหลายคณะได้ศึกษาวิจัยในเรื่องผลกระทบของมลพิษทางอากาศที่มีต่อสุขภาพของประชาชนในภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน อาทิเช่น โครงการวิจัยโดย พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช และคณะ พบความสัมพันธ์ระหว่างระดับรายวันของฝุ่นในอากาศกับอาการของโรคหอบหืด โครงการวิจัยโดย อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ และคณะ พบความสามารถของสารมลพิษจากฝุ่นขนาดเล็กในการทำลายดีเอ็นเอของเซลล์ถุงลมปอด และโครงการวิจัยโดย ทิพวรรณ ประภามณฑล และคณะ พบสารมลพิษทางอากาศที่ตกค้างอยู่ในระบบร่างกายของคนในรูปของสารเมตาบอไลต์ นอกจากนี้ มงคล รายะนาคร และคณะ ยังได้วิเคราะห์พบสารมลพิษทางอากาศในอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กทั้งที่เป็นสารโลหะหนักและสารอินทรีย์ประเภทพีเอเอช หรือพาห์ ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งหลายชนิด และยังมีสถิติของนเขตอำเภอสารภีและอำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ในระยะประมาณ 10 ปีที่ผ่านมา มีผู้ป่วยเป็นมะเร็งรายใหม่รายปีในอัตรา 40 : 100000 คน ซึ่งถือว่าสูงเป็นสองเท่าของอัตราเฉลี่ยของประเทศไทย ที่ตกปีละ 20 : 100000 คน

5.2.3 ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ

ปัญหาหมอกควันที่เกิดขึ้นก่อให้เกิดการบดบังทัศนวิสัย ทำให้ระยะทางในการมองเห็นผ่านอากาศลดลง ไม่สามารถมองเห็นวัตถุในระยะไกลได้ เนื่องจากฝุ่นละอองในอากาศทุกขนาดมีผลโดยตรงต่อการปิดกั้นของแสงไม่ให้ส่องผ่าน จึงทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลง ส่งผลต่อกระทบต่อเศรษฐกิจ การท่องเที่ยว การเดินทาง เนื่องจากในช่วงที่เกิดปัญหาหมอกควันดังกล่าว สายการบินได้มีการงดเที่ยวบินบางเที่ยวบิน โดยเหตุผลเพื่อความปลอดภัยของผู้โดยสาร นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อการสัญจรบนเส้นทางหลวงระหว่างจังหวัดด้วย รวมทั้งข่าวสารเกี่ยวกับปริมาณหมอกควันและฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของอากาศอาจส่งผลให้นักท่องเที่ยวงดหรือเลื่อนแผนการท่องเที่ยวออกไป บริษัท ศูนย์วิจัยกสิกรไทย จำกัด ได้คาดว่าถ้าปัญหาหมอกควันที่ปกคลุมในเขตภาคเหนือยังเป็นไป อย่างต่อเนื่องจนถึงช่วงสงกรานต์และกระจายไปจังหวัดต่างๆในภาคเหนือ ในแต่ละปี นี้จะสร้างความเสียหายต่อธุรกิจการท่องเที่ยว โดยได้ประเมินจากจำนวนนักท่องเที่ยวและค่าใช้จ่ายของนักท่องเที่ยวในช่วงดังกล่าว เฉพาะในจังหวัดที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญคือเชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน และเชียงราย โดยคาดว่าปัญหาหมอกควันและฝุ่นละอองขนาดเล็กจะทำให้จำนวนนักท่องเที่ยวในปี 2550 ในพื้นที่ 3 จังหวัดนี้ลดลงประมาณร้อยละ 25.0 เมื่อเทียบกับที่คาดการณ์ว่าจำนวนนักท่องเที่ยวใน 3 จังหวัดนี้ในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน 2550 จะเท่ากับ 1.05 ล้านคน ซึ่งส่งผลให้ทั้งสามจังหวัดนี้สูญเม็ดเงินที่จะสะพัดจากการใช้จ่ายของนักท่องเที่ยวไปสู่ธุรกิจบริการต่างๆ ประมาณเกือบ 2,000 ล้านบาท หรือลดลงประมาณร้อยละ 25.0 ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายนของทุกปี เป็นช่วงที่มีวันหยุดยาว รวมทั้งยังเป็นช่วงปิดเทอมภาคฤดูร้อน และเป็นช่วงเทศกาลท่องเที่ยวที่สำคัญของภาคเหนือโดยเฉพาะเทศกาลสงกรานต์ (บริษัท ศูนย์วิจัยกสิกรไทย จำกัด, 2550)

มลพิษทางอากาศ นอกจากจะมีผลกระทบทางด้านสุขภาพอย่างไม่มีข้อสงสัยแล้ว ยังมีผลทำให้ผู้ที่เจ็บป่วยอันเนื่องมาจากภาวะหมอกควันหรือมลพิษทางอากาศต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล ขาดรายได้จากการหยุดงาน จากผลการวิจัยโดยพงศ์เทพ วิวรรธนะเดช และคณะ กรณีของต้นทุนการรักษาความเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากโรคหอบหืดของผู้ป่วยในจังหวัดเชียงใหม่ ทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยในช่วงปี 2549 – 2550 ประมาณ 15000 บาทต่อคนต่อปี ซึ่งสูงกว่าค่ารักษาพยาบาลเฉลี่ยของคนเชียงใหม่โดยทั่วไป (ประมาณ 5000 บาทต่อคนต่อปี) ถึง 3 เท่า

5.3 แหล่งกำเนิดโลหะหนักและผลกระทบต่อสุขภาพ

5.3.1 ตะกั่ว (Pb)

ตะกั่วเป็นโลหะสีเทาเงิน มีความอ่อนตัว สามารถดัดหรือขึ้นรูปง่าย ตะกั่วมีความถ่วงจำเพาะ 11.34 น้ำหนักอะตอมเท่ากับ 207.19 มีจุดหลอมเหลวที่ 327.50 องศาเซลเซียส และมีจุดเดือดที่ 1,740 องศาเซลเซียส ตะกั่วที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมมี 2 ประเภท คือ

แหล่งกำเนิดตะกั่ว

สารประกอบอนินทรีย์ของตะกั่ว เช่น เลดโมโนออกไซด์ (Lead Monoxide) เลดออกไซด์ (LeadOxide) เลดซัลเฟต (Lead Sulfate) และเลดอะซิเทต (Lead Acetate) – ใช้ในการผลิตสีทาบ้านสีป้องกันสนิม หมึกพิมพ์ แบตเตอรี่รถยนต์ บัดกรี แผ่นกรองสำหรับอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ เครื่องแก้ว เครื่องเคลือบ เซรามิก ยาง เครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่ว เช่น เตตราเอธิลเลด (Tetraethyl Lead) และเตตราเมธิล เลด (Tetramethyl Lead) – ใช้ในการผลิตสารป้องกันการกระตุกของเครื่องยนต์ น้ำมันเบนซิน ฯลฯ

การเข้าสู่ร่างกาย ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง ได้แก่ (1) ทางปาก (2) ทางจมูก และ (3) ทางผิวหนัง ทางปาก โดยการรับประทานอาหาร เครื่องดื่ม หรือยาที่มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่ การใช้เครื่องใช้หรือภาชนะต่างๆ ที่ปนเปื้อนตะกั่ว และการอมเครื่องใช้ต่างๆ ที่มีตะกั่วปนเปื้อน รวมถึงการสัมผัสเครื่องใช้ที่มีตะกั่วปนเปื้อนและไม่ล้างมือก่อนรับประทานอาหาร ทางจมูก โดยการหายใจเอาควัน ไอระเหย ฝุ่นละอองตะกั่วที่มีอยู่ในอากาศเข้าสู่ปอด ทางผิวหนัง โดยการสัมผัสกับสินค้าอุปโภคบริโภคที่มีสารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วเจือปนเท่านั้นเช่น การล้างมือด้วยน้ำมันเบนซินหรือเมื่อน้ำมันเบนซินหกใส่ผิวหนัง จะทำให้ตะกั่วซึมผ่านผิวหนังและเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดของร่างกาย

พิษของตะกั่วต่อร่างกาย

พิษเฉียบพลันผู้ป่วยที่ได้รับตะกั่วเป็นปริมาณมากในระยะเวลาสั้นๆ จะแสดงอาการคลื่นไส้อาเจียน ปวดท้องอย่างรุนแรง อาการทางประสาท ได้แก่ ความคิดสับสน การทำงานของร่างกายไม่ประสานกัน ชัก หมดสติ โดยส่วนใหญ่ระดับตะกั่วในเลือดสูงขึ้นมากกว่า 100 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

พิษเรื้อรังที่เกิดจากสารตะกั่วนั้นจะค่อยๆ แสดงอาการออกมาภายหลังจากได้รับสารตะกั่วทีละน้อย เข้าสู่ของเหลวในร่างกายและค่อยๆสะสมในร่างกายจนถึงระยะเวลาหนึ่ง อาจนานเป็นปี จึงแสดง

อาการส่วนมาก เกิดกับบุคคลที่มีอาชีพที่สัมผัสตะกั่ว ตะกั่วเมื่อเข้าสู่ร่างกาย ไม่ว่าทางใดจะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต ไปจับกับเม็ดเลือดแดงแทนที่เหล็ก (Fe^{+2}) ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็นในการสร้างเม็ดเลือดแดง ทำให้เกิดอาการโลหิตจาง (Anaemia) และมีผลให้ปริมาณเหล็กในน้ำเหลืองเพิ่มขึ้นผิดปกติ ตะกั่วบางส่วนจะไปสะสมในกระดูก โดยตะกั่ว (Pb^{+2}) ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็นในการสร้างกระดูก และฟัน ทำให้มีอาการปวดตามข้อ กระดูกผุและหักง่าย ถ้าไปสะสมที่รากฟัน ทำให้เห็นสีม่วง หรือสีดำบริเวณเหงือก บางครั้งเรียกว่า เส้นตะกั่ว (Lead line) จะทำให้ฟันหลุดง่าย มีผู้วิจัย พบว่าตะกั่วสามารถเกาะกระดูกในร่างกาย ได้นานถึง 32 ปี และยังสะสมได้ในไขมัน ระบบประสาท สมอง ระบบน้ำเหลือง ตับ และไต

อาการพิษเรื้อรังที่พบบ่อย คือ อาการของระบบย่อยอาหารจะเกิดการปวดท้อง น้ำหนักลด เบื่ออาหารคลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก อาการพิษทางประสาทและสมอง ทำให้ทรงตัวไม่อยู่ เกิดอาการประสาทหลอน ซึมไม่รู้สึกตัว ชัก มือและเท้าตก เป็นอัมพาต สลบและอาจตายได้ ผลต่อการตั้งครรภ์และทารก สารตะกั่วสามารถก่อปัญหาให้แก่ทารกในครรภ์หากมีสารตะกั่วเป็นปริมาณมากอาจจะทำให้เกิดแท้ง คลอดก่อนกำหนด เด็กที่เกิดมาจะมีน้ำหนักตัวน้อยกว่าปกติ การทำงานของสมองจะพัฒนาช้า ปัญญาอ่อน ชัก

5.3.2 แมงกานีส (Mn)

เป็นโลหะชนิดหนึ่งเป็นธาตุในหมู่ VIIB ของตารางธาตุ น้ำหนักอะตอม 54.938 จุด หลอมเหลว 1,245 °C จุดเดือด 2,150 °C ความหนาแน่น 7.43 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีสีขาวคล้ายเงิน แข็ง และเปราะ แมงกานีสพบได้ในธรรมชาติ แต่จะเกิดร่วมกับธาตุอื่น ๆ ได้หลายรูป ดังนั้น ถ้าต้องการโลหะแมงกานีสจึงต้องถลุงอีกที แร่แมงกานีส ที่เกิดในธรรมชาติที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมอยู่ในรูป Oxide และ Carbonate ที่สำคัญที่สุด คือ MnO_2 หรือ Pyrolusit

แหล่งกำเนิดแมงกานีส

ในทางโลหะกรรม โดยนำมาผสมกับเหล็ก เพื่อทำให้เหล็กนั้นมีความเหนียวยืดหยุ่น และคงทนยิ่งขึ้น เช่น รางรถไฟ หัวขุด หัวเจาะ เหล็กทุบ ฯลฯ นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์ในการทำให้เหล็กบริสุทธิ์ยิ่งขึ้น ในทางอโลหะกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมประกอบถ่านหินไฟฉาย อุตสาหกรรมเคมีบางประเภท เช่น ในการเตรียมด่างทับทิมซึ่งใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค ยารักษาเนื้อไม้ให้คงทนถาวรเตรียมสารที่ใช้ในการฟอกหนัง ย้อมหนังและใช้ผสมเข้าไปในอาหารไก่

ทางเข้าสู่ร่างกาย แมงกานีส สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง ได้แก่

ทางจมูก โดยสูดหายใน เอาผงหรือไอระเหยของแมงกานีสเข้าสู่ปอด แล้วกระจายไปทั่วร่างกาย ซึ่งเป็นทางเข้าที่สำคัญที่สุด ทางปาก โดยการรับประทานเข้าไป ส่วนมากพบได้น้อยมาก มักจะเป็นอุบัติเหตุปะปนกับอาหาร น้ำดื่ม ทางผิวหนัง แมงกานีสบางส่วนสามารถดูดซึมเข้าทางผิวหนังได้

ความเป็นพิษของแมงกานีส

ทำลายระบบประสาทส่วนกลาง ได้แก่ สมอง ทำให้เกิดอาการเป็นระยะเริ่มแรก ผู้ที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่จะเกิดอาการในระหว่าง 6 เดือน ถึง 2 ปี อาจเริ่มด้วยอาการเป็นไข้ปวดศีรษะ กล้ามเนื้อไม่มีเรี่ยวแรง เบื่ออาหาร ไม่สนใจในสภาพระยะกลาง ระยะนี้อาการเป็นมากขึ้น เป็นตะคริวบ่อยขึ้น ปวดกล้ามเนื้อบ่อย ๆ ไม่ค่อยพูดจา หรือ เวลาพูดเป็นเสียงเดียวไม่มีเสียงสูงเสียงต่ำ พูดช้าและไม่ชัดเจน หน้าตายไม่แสดงความยินดียินร้าย เวลาหัวเราะ กล้ามเนื้อเกร็งไปทั่วใบหน้าเฉื่อยชา เวลาเดินเริ่มมีอาการกระตุก ๆ ระยะเต็มที่ ในระยะนี้อาการต่าง ๆ จะรุนแรงยิ่งขึ้น เวลาดินจะมีอาการกระตุกมากขึ้นท่าเดินแกว่งไปแกว่งมา ก้าวขาสั้นๆ เดินจะมีอาการกระตุกมากขึ้น หกล้มบ่อย ๆ จะเดินลักษณะคล้ายไก่หรือเป็ด มีการสั่นกระตุกของปลายแขน ปลายขา บางรายมีอารมณ์ไม่แน่นอน บางครั้งหัวเราะ บางครั้งร้องไห้ กลืนน้ำลายลำบากทำให้น้ำลายยืดตลอดเวลา พูดไม่มีเสียงหรือเสียงแหบเหมือนเป็ด บางครั้งมีอาการเป็นอัมพาตของร่างกายบางส่วน นอกจากนี้การสูดหายใจเอาผงหรือไอระเหยของแมงกานีสเข้าไปอาจทำให้เกิดอาการปอดบวมได้โดยมีอาการเริ่มต้นเจ็บคอ เป็นไข้ ไอมีเสมหะ ต่อมาเริ่มเป็นไข้สูงไอมากขึ้น แน่นอึดอัดหายใจไม่ออก

5.3.3 นิกเกิล (Ni)

พบ มากในเลือด ปอด ตับอ่อน สมอง กระดูก ไต หลอดเลือดแดง ผิวหนัง นิกเกิล ส่วนมากจะขับออกทางปัสสาวะ และอุจจาระ หน้าที่ของ นิกเกิล เป็นตัวกระตุ้น ของเอนไซม์บางชนิด และอาจเกี่ยวกับการเผาผลาญน้ำตาลในร่างกาย , เป็นปัจจัยของฮอร์โมน ไขมัน และการเผาผลาญเยื่ออ่อน , อาจทำให้กรดอาร์ เอ็น เอ (RNA) และ ดี เอ็น เอ (DNA) คงสภาพเพราะพบในปริมาณมาก ถ้าขาดเกลือแร่นิกเกิล ทำให้ ตับแข็ง ไตทำงานไม่เต็มที่ และไม่ทำงานในที่สุด เหงื่อออกมาก การดูดซึมของลำไส้บกพร่อง เตรียด ขาดเหล็ก อาจจะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง

แหล่งกำเนิดนิกเกิล

พบในน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ควันบุหรี่ ควันดำจากรถ จากภาชนะหุงต้ม จากเครื่องจักรที่ใช้ในการขัดสี จากอุปกรณ์ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคของอาหารบางชนิด เช่น การทำเนยเทียม (Margarine) นิกเกิล เป็นผลพลอยได้จากโรงงาน พบในน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ควันบุหรี่ ควันดำจากรถ จากภาชนะหุงต้ม จากเครื่องจักรที่ใช้ในการขัดสี จากอุปกรณ์ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคของอาหารบางชนิด เช่น การทำเนยเทียม (Margarine) เป็นต้น นอกจากนี้พบในอาหารทะเล ซีเรียล ข้าวต่าง ๆ ถั่วเมล็ดพืช ไต จะทำหน้าที่ควบคุมปริมาณของ นิกเกิล ในร่างกาย

ข้อมูลทั่วไป

นิกเกิล จัดอยู่ในประเภทเกลือแร่เล็กน้อย ที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย พบมากในเลือด ปอด ตับอ่อน สมอง กระดูก ไต หลอดเลือด แดง ผิวหนัง นิกเกิล ส่วนมากจะขับออกทางปัสสาวะ และอุจจาระ

5.3.4 ทองแดง (Cu)

แหล่งกำเนิดทองแดง

ส่วนมากพบทั้งในรูปไอ และเกลือของทองแดง เนื่องจากการหลอมโลหะทองแดง ทองเหลือง การเชื่อมและบัดกรีโลหะโดยใช้โลหะผสมของทองแดง

ความเป็นพิษของทองแดง

ทำให้เกิดการระคายเคืองและอักเสบที่ตา ระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหารและประสาทรสสัมผัสเสีย ถ้าร่างกายได้รับไอทองแดงมาก ๆ จะทำให้เกิด การคลื่นไส้ อาเจียน เป็นไข้ (metal fume fever) อาจทำให้ผิวหนังและผมเปลี่ยน สีได้ ถ้าได้รับในปริมาณมาก ทำให้เนื้อเยื่อจมูกอักเสบ และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง การเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจเอาฝุ่นและเข้าสู่ร่างกายโดยการกิน

สังกะสี (Zn)

แหล่งกำเนิดสังกะสี

ที่พบในอากาศส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ ZnO, ZnS และ $ZnSO_4$ จากอุตสาหกรรมทำเหมืองแร่ เช่น การบด ย่อยแร่ ส่วนประกอบรั้วบ้านหลังคา หรือวัสดุ อื่นที่ใช้สังกะสีเป็นโลหะผสม นอก จากนี้ยังเกิดจากสารประกอบของสังกะสีที่นำมาทำยาฆ่าเชื้อรา เช่น zinc dimethyl dithiocarbamate

ความเป็นพิษของสังกะสี

ผลที่เกิดต่อมนุษย์ ทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย วิงเวียนศีรษะ และอาการท้องร่วง ถ้าได้รับไอฝุ่นของ Zn เข้าร่างกายมาก ๆ จะเกิดอาการไข้ที่เรียกว่า Zinc chills ซึ่งมีอาการจับไข้ หนาวสั่น ปวดกล้ามเนื้อ อาเจียน การเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจเอาฝุ่นและเข้าสู่ร่างกายโดยการกิน

5.3.5 เหล็ก (Fe)

เหล็กเป็นโลหะแทรนซิชันที่มีมากที่สุดในธรรมชาติและเป็นโลหะที่มีมากในพื้นโลกเป็นอันดับ 2 รองจากอะลูมิเนียม เหล็กบริสุทธิ์มีสีเทาเป็นมันวาว สามารถถูกดูดโดยแม่เหล็ก แต่ความเป็นแม่เหล็กจะหายไปอย่างรวดเร็ว

แหล่งกำเนิดเหล็ก

เหล็กเป็นโลหะที่สึกกร่อนหรือเป็นสนิมได้ง่ายในธรรมชาติพบเหล็กอยู่ในรูปแร่ฮีมาไทต์ (Fe_2O_3) แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) และไพไรต์ (FeS_2)

ประโยชน์ของเหล็ก

เหล็กเป็นองค์ประกอบสำคัญของเม็ดเลือดแดง ทำหน้าที่นำก๊าซออกซิเจนไปสู่เซลล์ต่างๆ ของร่างกาย ถ้าขาดธาตุเหล็กจะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง

5.3.6 แคดเมียม (Cd)

แคดเมียมเป็นธาตุโลหะหนักที่มีสีเงินแกมขาวมีคุณสมบัติเบา ดัดโค้ง ได้ง่ายและ ทนต่อการกัดกร่อน มีความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) 8.65 จุดหลอมเหลว (m.p.) 302.9 ^{0}C จุดเดือด(b.p.) 767 ^{0}C ดังนั้นเมื่อมีการใช้ความร้อนสูง เช่น การอบแร่ การบัดกรี การหลอมเหล็ก และการเผาของเสีย จะทำให้มีไอของแคดเมียมออกมาได้ในระหว่างกระบวนการที่มีการให้ความร้อน และไอของแคดเมียมในอากาศจะถูกออกซิไดส์อย่างรวดเร็วไปเป็นแคดเมียมออกไซด์ (CdO)

การเข้าสู่ร่างกายของแคดเมียมมี 2 ทาง คือ

1. ทางปาก โดยการกินอาหารที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียม เช่น อาหารทะเล
2. ทางจมูก โดยการหายใจเอาควัน หรือฝุ่นของแคดเมียมเข้าไป เช่น ในเหมืองสังกะสี

อาการพิษจากแคดเมียม

อาการพิษเฉียบพลัน จากการกิน มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย ปวดศีรษะ ปวดกล้ามเนื้อ มีน้ำลายไหล ปวดท้อง ช็อก(Shock) ไตและตับถูกทำลาย จากการหายใจ (ควันของแคดเมียม) มีอาการเจ็บหน้าอก หายใจสั้น มีกลิ่นโลหะในปาก ไอมีเสมหะเป็นฟองหรือมีเสมหะเป็นเลือด อ่อนเพลีย ปวดเจ็บขา ต่อมาปัสสาวะจะน้อยลง เริ่มมีไข้ มีอาการของปอดอักเสบ อาการพิษเรื้อรัง จากการหายใจ มีอาการไอ สูญเสียการรับกลิ่น น้ำหนักลด โลหิตจาง(anemia) หายใจลำบาก ฟันมีคราบเปื้อนสีเหลือง ตับและไตอาจถูกทำลาย และหากยังได้รับสารในปริมาณมากจนทำให้ป่วยจะเจ็บปวดมากทั่วร่างกายจนเดินไม่ไหวน้ำหนักของร่างกายจะกดกระดูกสันหลัง เรียกว่า โรคอิไตอิไต (Itai-Itai disease)

6. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

มงคล รายะนคร (2549) การวิเคราะห์เพื่อหามลพิษทางอากาศในอนุภาคฝุ่นในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสาร (PAHs) โลหะหนัก และธาตุบางชนิด ไอออนของธาตุบางชนิด และสารคาร์บอน ที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่น (PM10) ในอากาศ ด้วยเครื่องเก็บอากาศแบบ high volume air sampler จากสี่สถานี คือ สารภี (SP) โรงพยาบาลเทศบาลนครเชียงใหม่ (HP) โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย (YP) และลำพูน (LP) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2548 – 2549 วิเคราะห์สาร PAHs โดย GC-MS วิเคราะห์ไอออนโดยไอออนโครมาโทกราฟี วิเคราะห์โลหะหนักและธาตุต่าง ๆ โดย ICP-OES และวิเคราะห์คาร์บอนโด ย CHN/S/O analyzer จากการวิเคราะห์ได้ผลว่า แล้งเป็นช่วงที่มีปริมาณฝุ่นและการปนเปื้อนของสารมลพิษมากกว่าฤดูอื่น ปริมาณสาร PAH พบมากที่สถานี สารภี ส่วนปริมาณเฉลี่ยไอออน โลหะหนัก ธาตุต่างๆ และคาร์บอน ไม่ปรากฏความแตกต่างในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง

วีระอนงค์ (2541) ศึกษาผลกระทบต่อภาวะสุขภาพของระบบทางเดินหายใจของฝุ่น PM10 และฝุ่นซิลิกาในจังหวัดสระบุรี โดยใช้แบบสอบถาม ATS-DLD-78A ทำการตรวจสมรรถภาพปอด โดยการถ่ายรังสีทรวงอกในกลุ่มตัวอย่าง 150 คน และกลุ่มควบคุม 85 คน พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด PM10 จากเครื่องเก็บตัวอย่างเฉพาะบุคคล (Personal air sampler) พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่น PM10 เท่ากับ 0.300 - 0.375 mg/m^3 ค่าเฉลี่ยร้อยละของ ซิลิกา เท่ากับ 32.691-13.656 mg/m^3 และพบว่า ความเข้มข้นของปริมาณฝุ่น PM10 และฝุ่นซิลิกากับผลการตรวจสมรรถภาพปอด และผลการถ่ายภาพรังสีทรวงอก มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

Yunchao, H. et al. (2007) ศึกษาองค์ประกอบ แหล่งกำเนิดของละอองลอย (aerosols) ในแต่ละฤดูกาล โดยใช้เครื่องมือ ICP-OES พบธาตุ เหล็ก (Fe), ไทเทเนียม (Ti), แมงกานีส (Mn), วานาเดียม (V), นิกเกิล (Ni), ทองแดง (Cu), ตะกั่ว(Pb), สังกะสี(Zn), แคดเมียม(Cd) และ กำมะถัน (S) ซึ่งในฤดูร้อนพบธาตุ Fe, Ti, Mn, V, Ni, Cu, Pb, Zn, Cd ต่ำสุด และ สูงสุดใน ฤดูหนาว และวิเคราะห์หาแหล่งกำเนิดของธาตุโดยวิธี Principal component analysis (PCA) และ Cluster analysis (CA) จากทั้งสองวิธีสามารถสรุปได้ว่า ธาตุ Fe, Ti และ Mn ส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากดิน ธาตุ V พบว่ามีการปลดปล่อยออกมาจากดินเช่นกันแต่ในปริมาณน้อย ส่วนธาตุ S, Pb, Zn, Cd ส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากการกระทำของมนุษย์ และยังพบว่า Ni และ Cu มีปริมาณมากกว่า Fe Ti และ Mn บ่งชี้ได้ว่า 60% มาจากแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ และ อีก 30% มาจากการกระทำของมนุษย์

Vassilakos, Ch., et al. (2007) ศึกษาโลหะหนักในฝุ่น PM_{10} ในเมือง Athens ประเทศ Greece ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นจากเมือง Spata และเมือง Koropi โดยเก็บเป็นสองช่วงระยะเวลาคือ ช่วงฤดูร้อนและ ฤดูหนาว ปี 2003 เพื่อศึกษาโลหะหนักในฝุ่น PM_{10} และความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักและตัวแปรทางด้านอุตุนิยมวิทยา โดยโลหะหนักที่พบคือ mercury (Hg) cadmium (Cd) lead (Pb) nickel

(Ni) และ arsenic (As) จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่พบในเมือง Spata ในช่วงฤดูร้อน และ ฤดูหนาว เท่ากับ 0.66-14.7 และ 0.14-19.5 ng/m^3 ส่วนที่เมือง Koropi ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักที่พบในช่วงฤดูร้อนเท่ากับ 0.89-13.3 ng/m^3 ฤดูหนาวเท่ากับ 0.16-24.7 ng/m^3 ซึ่งโลหะหนัก Hg Cd Ni จะตรวจพบมากกว่าโลหะหนักอื่น ๆ ในช่วงฤดูร้อน และตรวจพบ โลหะหนัก Pb มากกว่าโลหะอื่นในช่วงฤดูหนาว จากผลนี้ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของ โลหะหนักกับตัวแปรทางด้านอุตุนิยมวิทยา คือ อุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ซึ่งจะบ่งชี้ได้ว่าในฤดูกาลที่แตกต่างกันปริมาณของโลหะหนักที่ตรวจพบก็มีความแตกต่างด้วย

Omar, A. (2004) ศึกษาการกระจายตัวของโลหะหนักในดิน ฝุ่นและฝุ่นถนนในเขตอุตสาหกรรม Karak ประเทศจอร์แดน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก ทองแดง สังกะสี นิกเกิลและตะกั่วที่ปนเปื้อนในฝุ่น ฝุ่นถนนและดิน ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงปลายฤดูร้อนโดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นจำนวน 20 ตัวอย่าง เก็บตัวอย่างฝุ่นถนนขอบทางด้วยแปรงโพลีเอธิลีน และเก็บด้วยวิธี Shimadzu AAS model AA-6200 Atomic Absorption Flam Spectrophotometer จากการวิเคราะห์พบว่า มีการปนเปื้อนของเหล็ก ทองแดง สังกะสี นิกเกิลและตะกั่วในช่วง 58.8-94.8,1.8-84.9,15.4-136.9,1.7-6.5 และ 2.1-314.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่าที่ผิวหน้ามีปริมาณโลหะหนักสะสมอยู่น้อยกว่าในพื้นดิน ทั้งนี้เนื่องมาจากโลหะหนักนั้นมีแหล่งกำเนิดมาจากดินและกิจกรรมในพื้นที่นั้นๆ

Karar, K. et al.(2006) ศึกษาชนิดและหาแหล่งกำเนิดฝุ่น PM_{10} ในเขตที่พักอาศัยและอุตสาหกรรมในย่าน Kolkata ประเทศอินเดีย ในเดือนพฤศจิกายน 2546 ถึง พฤศจิกายน 2547 เก็บฝุ่น PM_{10} 24 ชั่วโมง โดยใช้กระดาษกรอง glass fiber filter นำกระดาษกรองมาวิเคราะห์ หาโลหะหนัก chromium (Cr), zinc (Zn),lead (Pb), cadmium (Cd), nickel (Ni) manganese (Mn) และ iron (Fe) โดยใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer (ICP-AES) พบว่าความเข้มข้นโลหะหนัก Cr, Zn, Pb, Cd, Ni, Mn และ Fe ในฝุ่น PM_{10} เท่ากับ 6.9, 506.1, 79.1, 3.3, 7.4, 2.4 และ 103.6 ng/m^3 และพบว่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 140.1 และ 196.6 µg/m^3 ย่านที่พักอาศัยและย่านอุตสาหกรรม ซึ่งเกินมาตรฐาน National Ambient Air Quality Standard (NAAQS) ที่ 100 และ 150 µg/m^3 ย่านที่พักอาศัยและย่านอุตสาหกรรม ในฝุ่น PM_{10} มีระดับตะกั่วเท่ากับ 40 และ 118 ng/m^3 ย่านที่พักอาศัยและย่านอุตสาหกรรมตามลำดับ ไม่เกินมาตรฐาน National Ambient Air Quality Standard (NAAQS) ที่ 1 และ 1.5 µg/m^3 ย่านที่พักอาศัยและย่านอุตสาหกรรม ในฝุ่น PM10 มีระดับแคดเมียม เท่ากับ 2 และ 5 ng/m^3 ย่านที่พักอาศัยและย่านอุตสาหกรรมตามลำดับ

จิตเจริญ ศรขวัญ (2550) การศึกษาความเข้มข้นของตะกั่วและเหล็กในฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาความมเข้มข้นของตะกั่วและเหล็ก ในฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) และหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นในตัวอย่างของตะกั่วและเหล็กในฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) กับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ในบรรยากาศ และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อเป็นพื้นฐานเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในบริเวณสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในการใช้ประโยชน์เกี่ยวกับ

แผนจัดการสิ่งแวดล้อมผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่วฝุ่นละอองในบรรยากาศ จุดที่ 1 2 3 พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.1004 0.0430 0.0635 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของตะกั่วมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกั่วและเหล็กในฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) กับปริมาณฝุ่นละออง มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation) ของตะกั่วและเหล็ก เท่ากับ 0.6447 0.6171 ตามลำดับ

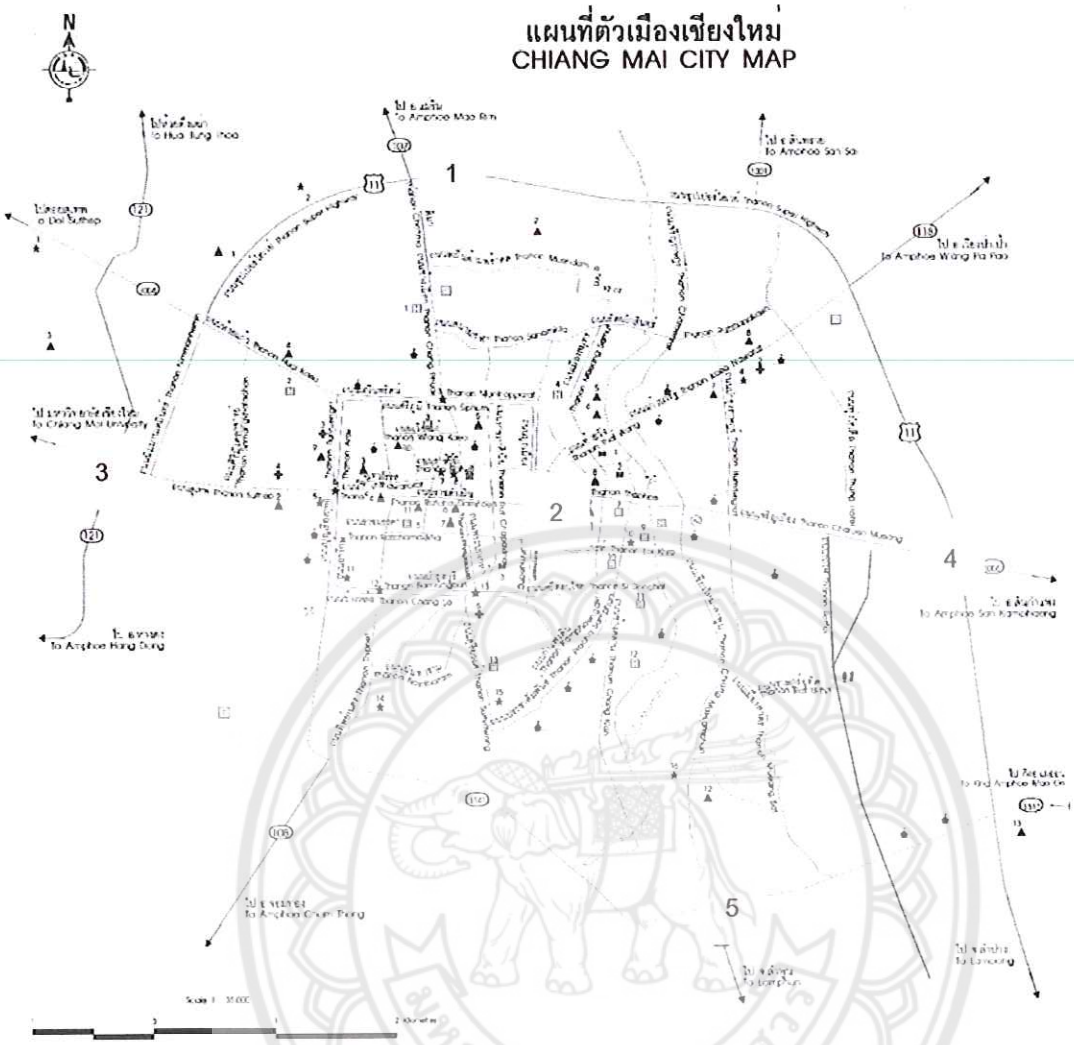
7. วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

สถานที่เก็บตัวอย่าง

จังหวัดเชียงใหม่ เก็บตัวอย่างฝุ่น PM10 ในบริเวณอาคารที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 5 จุด ได้แก่ 1) ทิศใต้ (ถนนเชียงใหม่-ลำพูน) 2) กลางเมือง (ประตูท่าแพ) 3) ทิศตะวันตก(มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) 4) ทิศตะวันออก (ทางไปอำเภอสันกำแพง) และ 5) ทิศเหนือ (ทางไปอำเภอแม่ริม)

จังหวัดเชียงราย เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและตัวอย่างฝุ่นถนน 3 จุด ได้แก่ สถานีขนส่งผู้โดยสารเทศบาลนครเชียงราย ตลาดสดเทศบาล1 บริเวณจุดจอดรถสองแถวและหมู่บ้านลานทอง อ าเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

ทำการเก็บตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้ง ครั้งละ 8 ชั่วโมง ตามวิธีการของ National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH (Particulate not otherwise regulated, repairable method 0600) ในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม ถึงเดือนพฤษภาคม รวมระยะเวลา 6 เดือน



ภาพ 1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างอากาศ บริเวณภายในอาคารที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ จังหวัดเชียงใหม่

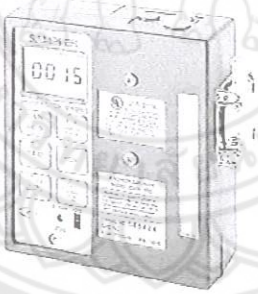
ตาราง 1 จุดเก็บและจำนวนตัวอย่างอากาศภายในอาคาร บริเวณพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่

จุดเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง
1. ทิศใต้ (ถนนเชียงใหม่-ลำพูน)	12
2. กลางเมือง (ประตูท่าแพ)	12
3. ทิศตะวันตก (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)	12
4. ทิศตะวันออก (ทางไปอำเภอสันกำแพง)	12
5. ทิศเหนือ (ทางไปอำเภอแม่ริม)	12
รวม	60

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมืออุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง

1.1 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศชนิดส่วนบุคคล (Personal Air Sampling)



ภาพ 2 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศชนิดส่วนบุคคล (Personal Air Sampling)

1.2 หัวคัดแยกฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) แบบไซโคลน

ภาพ 3 หัวคัดแยกฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) แบบไซโคลน

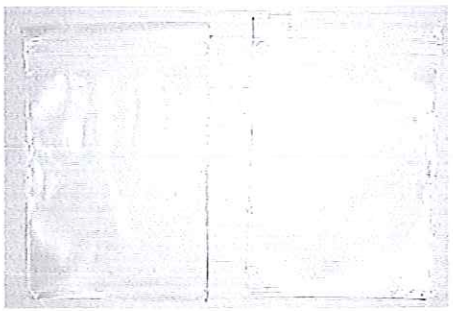
1.3 ตลับบรรจุกระดาษกรอง (Cassette Filter Holder) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร

ภาพ 4 ตลับบรรจุกระดาษกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร

1.4 กระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร

ภาพ 5 กระดาษกรองใยแก้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร

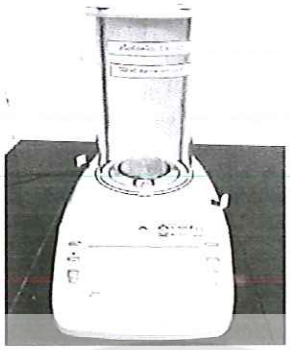
1.5 ถุงซิปล๊อค สำหรับบรรจุกระดาษกรอง



ภาพ 6 ถุงซิปล๊อค สำหรับบรรจุกระดาษกรอง

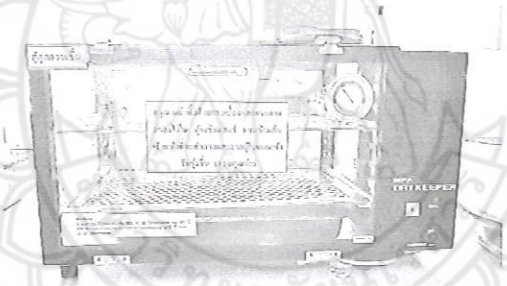
2. เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

2.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Analytical Balance) ความละเอียดทศนิยม 5 ตำแหน่ง



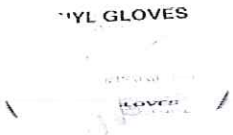
ภาพ 7 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Analytical Balance) ความละเอียดทศนิยม 5 ตำแหน่ง

2.2 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)



ภาพ 8 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)

2.3 ถุงมือไวนิล ชนิดไม่มีแป้ง (Vinyl non powdered gloves)



ภาพ 9 ถุงมือไวนิล ชนิดไม่มีแป้ง (Vinyl non powdered gloves)

- For better print quality, place this page on the glass, and then press a copy button.
- Pour une mieux impression, posez la page sur la vitre et appuyez sur un bouton de copie.
- Für höhere Druckqualität diese Seite auf das Glas legen und dann eine Kopieren-Taste drücken.
- Para mayor calidad de impresión, coloque esta página sobre el cristal y pulse el botón copiar.
- Per una qualità migliore, posizonare questa pagina sul vetro e premere il pulsante di copia.
- Para maior qualidade de impressão, ponha esta página sobre o vidro e pressione um botão de copiar.
- 为获得更好的打印质量，请将此页置于玻璃上，然后按复印按钮。
- 더 나은 인쇄 품질을 위해 이 페이지를 유리 위에 놓고 복사 버튼을 누릅니다.
- 為達到更完美的列印品質，請將此文件放置在玻璃上，然後按下影印鈕。

2.4 คีมคีบปากแบน (Forcep) แบบพลาสติก

ภาพ 10 คีมคีบปากแบน (Forcep) แบบพลาสติก

การเก็บตัวอย่าง

1. การเตรียมกระดาษกรอง

1.1 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของกระดาษกรอง เช่น รอยฉีกขาด รูพรุน สีของกระดาษกรองที่เปลี่ยนไป และกระดาษกรองเรียงไม่เสมอกัน เป็นต้น หากพบว่ากระดาษกรองมีความบกพร่องดังกล่าว จะไม่นำมาใช้ในการเก็บตัวอย่าง

1.2 นำกระดาษกรองวางไว้ในตู้ดูดความชื้นอย่างน้อย 24 ชั่วโมง โดยหงายด้านที่เก็บตัวอย่างขึ้น เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำกระดาษกรองใส่ลงในตลับใส่กระดาษกรอง แล้วใส่ในถุงซิป และเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้นอีก 3 ชั่วโมง เพื่อให้มีการดูดความชื้นในถุงซิปอีกครั้ง

1.3 นำกระดาษกรองที่ผ่านการอบความชื้นมาชั่งน้ำหนักก่อนทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดทศนิยม 5 ตำแหน่ง

2. การเตรียมเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ

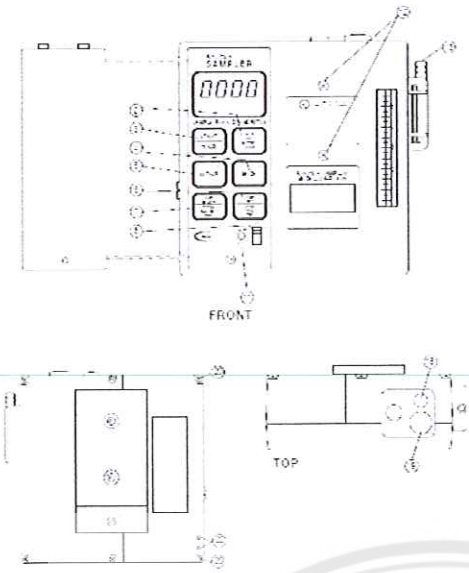
2.1 ตรวจสอบว่าปั๊มอยู่ในโหมด High Flow โดยการคลายน๊อตทองเหลืองที่อยู่ด้านบน โดยใช้ไขควงหมุนตามเข็มนาฬิกาจนสุด (ห้ามหมุนแน่นเกิน)

2.2 ชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มโดยเสียบแจ๊คสำหรับชาร์จไฟเข้าที่ (ตำแหน่งที่ 22)

2.3 ติดตั้งท่อพร้อมชุดเก็บตัวอย่างเข้าที่ช่องดูดอากาศของปั๊ม (ตำแหน่งที่ 13)

2.4 ตั้งอัตราการไหลอากาศที่ 1.7 ลิตร/นาที (ตำแหน่งที่ 11)

2.5 กดปุ่ม "Mode" (ตำแหน่งที่ 4) เพื่อเข้าสู่โหมด "Sample Period" ตั้งเวลาในการเก็บตัวอย่างโดยใช้ปุ่ม DIGIT SELECT (ตำแหน่งที่ 7) เพื่อเลื่อนไปตำแหน่งที่ต้องการและ DIGIT SET (ตำแหน่งที่ 6) เพื่อตั้งค่าตัวเลข



ภาพ 11 รายละเอียดเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ

การวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (Gravimetric Analysis)

การวิเคราะห์โดยน้ำหนักเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวัดเพื่อหามวลของกระดาษกรองในห้องปฏิบัติการ โดยจะทำการคำนวณหามวลสุทธิจากการชั่งน้ำหนักของกระดาษกรองก่อน และหลังการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก ในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ วิธีการหาปริมาณฝุ่นละอองต้องมีการปรับสภาพก่อนการใช้งานกระดาษกรองเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้มีค่าคงที่ (ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±5%) โดยให้มีค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่าง 20% ถึง 40% (ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±5%) และอุณหภูมิคงที่ระหว่าง 15 องศาเซลเซียส ถึง 30 องศาเซลเซียส (ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±3 องศาเซลเซียส) เพื่อลดปริมาณของเหลวที่ถูกดูดซึมโดยสารประกอบที่ละลายได้ และลดปริมาณการสูญหายของเหลวชนิดที่ละลายได้ (U.S. EP A, 1999)

1. การอบกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง

1.1 ก่อนอบกระดาษกรองให้ทำความสะอาดตู้ดูดความชื้นทุกครั้ง

1.2 นำซิลิกาเจล ใส่ในตู้ดูดความชื้น

1.3 วางกระดาษกรองบนชั้นของตู้ดูดความชื้น โดยหงายด้านที่ใช้เก็บตัวอย่างขึ้น

1.4 อบกระดาษกรองอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

2. การชั่งน้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง

2.1 เปิดเครื่องชั่งทิ้งไว้อย่างน้อย 2 ชั่วโมง

2.2 ปรับเครื่องชั่งให้เป็น 0.00000 กรัม (ทศนิยม 5 ตำแหน่ง)

2.3 ปรับเทียบเครื่องชั่งด้วยตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน โดยน้ำหนักตุ้มมาตรฐานจะต้องแตกต่างจากน้ำหนักเดิมไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม

2.4 นำกระดาษกรองที่ผ่านการอบแล้วมาชั่งน้ำหนัก

2.5 บันทึกน้ำหนักกระดาษกรองเพื่อนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของฝุ่นละออง

3. การคำนวณหาปริมาณฝุ่นละออง

3.1 ปริมาณฝุ่นละออง

ปริมาณฝุ่นละออง (มคก.) $= [W_2 - W_1] \times 10^6$

เมื่อ W_2 = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวย่าง (กรัม)

W_1 = น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (กรัม)

10^6 = เปลี่ยนหน่วยจากกรัมเป็นไมโครกรัม

3.2 ความเข้มข้นฝุ่นละออง

$$\text{ความเข้มข้นฝุ่นละออง (มคก./ลบ.ม.)} = \frac{[W_2 - W_1] \times 10^6}{V}$$

เมื่อ W_2 = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวย่าง (กรัม)

W_1 = น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (กรัม)

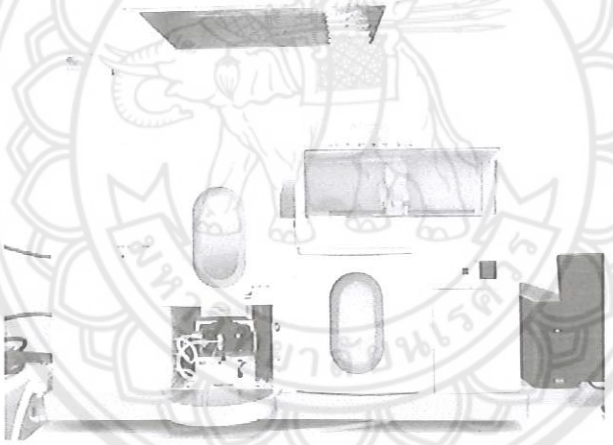
V = ปริมาตรอากาศ (ลบ.ม.)

10^6 = เปลี่ยนหน่วยจากกรัมเป็นไมโครกรัม

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก

1. หลักการทำงาน

การวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของโลหะโดยใช้เครื่อง Hitachi Polarized Zeeman Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น Z-2000 ด้วยเทคนิค Flame Atomic Absorption Spectroscopy อาศัยหลักการดูดกลืนพลังงานที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันของอะตอมของโลหะหนักแต่ละชนิด เมื่อโลหะหนักต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายถูกเผาด้วยความร้อนสูง (Flame) จะถูกทำให้กลายเป็นอะตอมอิสระ เมื่ออะตอมอิสระเหล่านี้ถูกพลังงานแสงที่มีความยาวคลื่นเฉพาะตัว (จาก Hallow Cathode Lamp) จะดูดกลืนแสง เมื่อเราวัดการดูดกลืนพลังงานแสงที่ถูกดูดกลืน จะเป็นสัดส่วนกับปริมาณของอะตอมของโลหะหนักนั้นๆ โดยโลหะหนักแต่ละชนิดสามารถดูดกลืนพลังงานที่ความยาวช่วงคลื่นแตกต่างกัน ดั้งนั้นถ้าใช้แหล่งกำเนิดแสง (Hallow Cathode Lamp) ที่มีความยาวช่วงคลื่นเฉพาค่าหนึ่ง จะสามารถวัดปริมาณโลหะหนักได้ค่าหนึ่ง (U.S. EP A, 1999)



ภาพ 12 เครื่องวิเคราะห์โลหะหนัก Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

2. อุปกรณ์

2.1 บีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร

2.2 เตาไฟฟ้า (Hot Plate)

2.3 ตู้ดูดควัน (Hood)

2.4 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร

2.5 ปิเปตวัดปริมาตร ขนาด 10 มิลลิลิตร

2.6 กระจกนาฬิกาขนาดที่สามารถปิดปากบีกเกอร์ได้

2.7 กระดาษกรอง GF/C (Whatman) เบอร์ 42

2.8 ขวดเก็บสารละลายตัวอย่าง (Polyethylene Bottle) ขนาด 50-125 มิลลิลิตร

จ ว
ส84
ป544ร
2559

สำนักหอสมุด
- ๘ ก.พ. ๒๕๖๐
1.7110625

2.9 ขวดฉีดน้ำกลั่น

2.10 แท่งแก้วคนสาร

2.11 หน้ากากอนามัยสำหรับปิดจมูก

3. สารเคมี

3.1 น้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน

3.2 กรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3)

3.3 สารละลายมาตรฐานของโลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์ ทั้งหมด 8 ชนิด ได้แก่

3.3.1 แมงกานีส (Mn)

3.3.2 เงิน (Ag)

3.3.3 ทองแดง (Cu)

3.3.4 เหล็ก (Fe)

3.3.5 แคดเมียม (Cd)

3.3.6 โครเมียม (Cr)

3.3.7 นิกเกิล (Ni)

3.3.8 ตะกั่ว (Pb)

4. การเตรียมเครื่องแก้วก่อนการวิเคราะห์

เครื่องแก้วที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ต้องทำความสะอาดตามขั้นตอน ดังนี้

4.1 ล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาดเครื่องแก้ว

4.2 ล้างด้วยน้ำประปา

4.3 แช่ลงในกรดไนตริกเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.4 ล้างด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน 3 ครั้ง

4.5 ปล่อยให้แห้งในบริเวณที่ปราศจากฝุ่น

5. การเตรียมตัวอย่างและการสกัดตัวอย่างด้วยวิธี Hot Extraction

การเตรียมตัวอย่างและการสกัดตัวอย่าง ปฏิบัติตามหลักการและวิธีของ US. EPA โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (U.S. EP A, 1999)

5.1 นำกระดาษกรองใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วทำการเติมกรดย่อย 15 มิลลิลิตร (HNO_3 5.5 มิลลิลิตร + HCL 167.5 มิลลิลิตร ในน้ำ 1000 มิลลิลิตร) โดยให้ท่วมกระดาษกรอง แล้วปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา

5.2 นำบีกเกอร์วางลงบน Hot Plate (ทำใน Fume Hood) ต้มให้เดือดเบาๆ เป็นเวลา 30 นาที โดยต้องระวังการสูญเสียตัวอย่างจากการระเหยจนแห้งหรือกระเด็นออกนอกบีกเกอร์ จากนั้นปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

5.3 การปรับปริมาตรตัวอย่าง ทำตามลำดับดังนี้

5.3.1 ให้ชะกระจกนาฬิกาและขอบในบีกเกอร์ด้วยน้ำปราศจากไอออน

5.3.2 เทสารละลายจากบีกเกอร์ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

5.3.3 เติมน้ำปราศจากไอออนในบีกเกอร์ ที่มีกระดาษกรองอีกครั้ง ปริมาณ 20 มิลลิลิตร ให้ท่วมกระดาษกรอง ปิดด้วยกระจกนาฬิกา แล้วทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที

5.3.4 ถ่ายเทสารละลายออกจากบีกเกอร์ลงในขวดวัดปริมาตรใบเดิม

5.3.5 ชะกระดาษกรองอีก 2 ครั้งด้วยน้ำปราศจากไอออน แล้วถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรใบเดิม ระวังอย่าให้ปริมาตรเกิน 50 มิลลิลิตร

5.3.6 ปิดฝาขวดวัดปริมาตร จากนั้นเขย่าให้สารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วทิ้งไว้จนฟองหมด จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันอีกครั้ง ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ก่อนการวิเคราะห์

5.3.7 ถ้ายังไม่ได้วิเคราะห์ทันทีให้ถ่ายสารละลายจากขวดวัดปริมาตร ใส่ในขวด Polyethylene เนื่องจากขวดวัดปริมาตรทำจากแก้ว อาจทำให้ดูดซับโลหะหนักบางส่วนไว้ ซึ่งจะทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาด

6. การคำนวณหาปริมาณโลหะหนัก

$$C = \frac{(X-B)(50)}{V}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้นของธาตุในอากาศ (มคก./ลบ.ม.)

X = ความเข้มข้นของธาตุที่วัดจาก AAS (มคก./มล.)

B = ความเข้มข้นของโลหะที่วัดจาก AAS ของ Blank Filter (มคก./มล.)

50 = ปริมาตรสุดท้ายก่อนนำไปวิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

V = ปริมาตรอากาศที่ดูดผ่านเครื่องเก็บตัวอย่าง (ลูกบาศก์เมตร)

8. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยฝุ่นละอองและโลหะหนัก จังหวัดเชียงใหม่

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปริมาณฝุ่น PM_{10} และโลหะหนัก ภายในอาคาร ช่วงการเกิดสถานการณ์ปัญหาหมอกควัน จังหวัดเชียงใหม่ ทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้เครื่อง Personal Air Sampling จากสถานีเก็บตัวอย่าง 5 จุด ได้แก่ 1.) ทิศใต้ (ถนนเชียงใหม่-ลำพูน) 2) กลางเมือง (ประตูท่าแพ) 3) ทิศตะวันตก (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) 4) ทิศตะวันออก (ทางไปอำเภอสันกำแพง) และ 5) ทิศเหนือ (ทางไปอำเภอแม่ริม) ตั้งแต่เดือนธันวาคม ถึงเดือนพฤษภาคม รวมระยะเวลา 6 เดือน โดยทำการเก็บตัวอย่างจุดละ 2 ครั้งต่อเดือน รวมทั้งหมด 60 ตัวอย่าง พร้อมทั้งศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในบรรยากาศ จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศแบบอัตโนมัติของกรมควบคุมมลพิษ ที่ตั้งอยู่ ณ สถานีตรวจวัดโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย และสถานีศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาวิจัยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})

1. ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในบรรยากาศจังหวัดเชียงใหม่

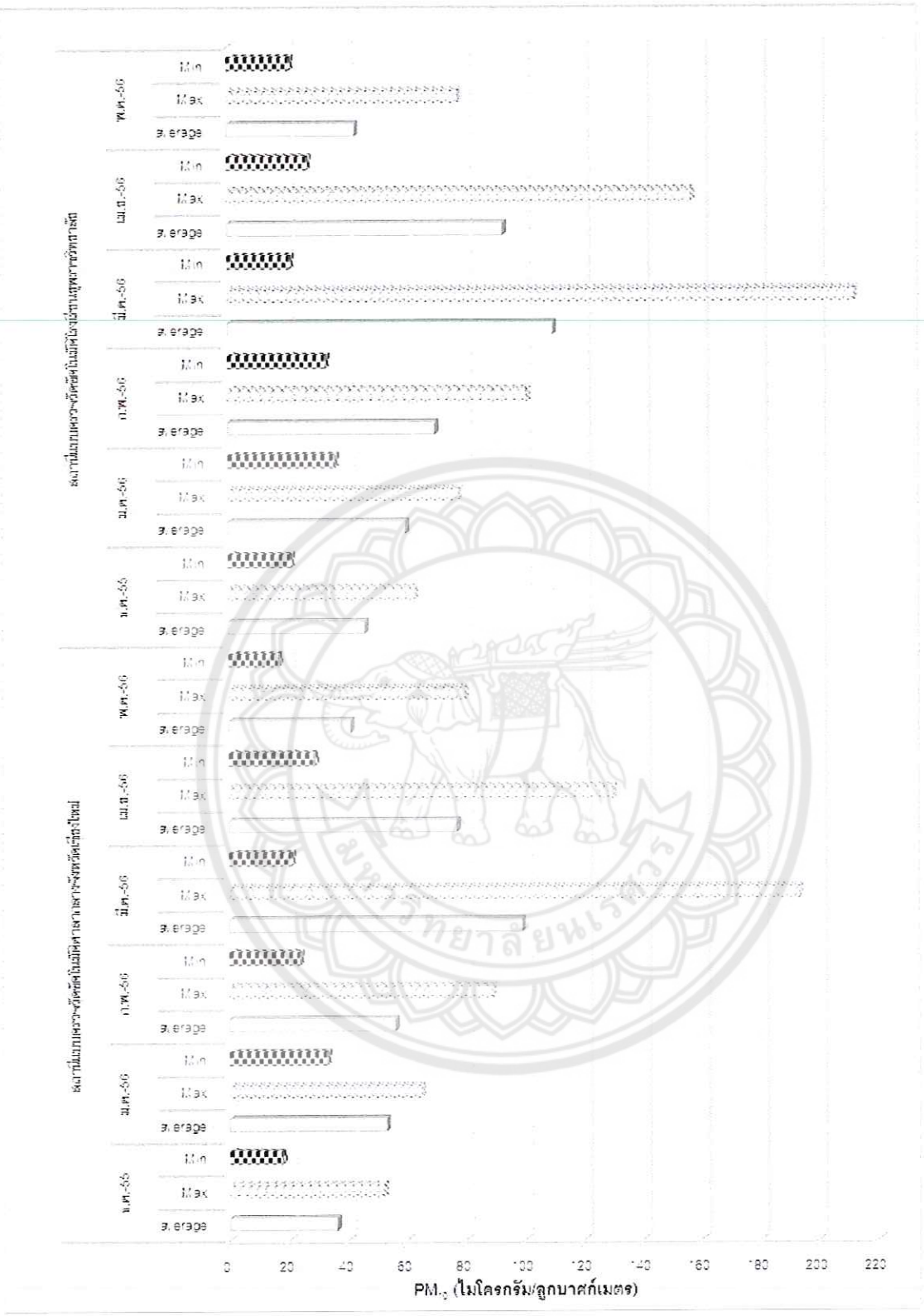
กรมควบคุมมลพิษได้เริ่มมีการเฝ้าระวังปัญหามลพิษทางอากาศในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ตั้งแต่ พ.ศ. 2537 เพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศและปัญหามลพิษทางอากาศ ในบรรยากาศโดยการติดตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 2 แห่ง คือ สถานีตรวจวัดโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย และสถานีศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งคุณภาพอากาศที่ตรวจวัดได้ถือเป็นตัวแทนของคุณภาพอากาศในพื้นที่ แต่จะไม่สามารถระบุแหล่งกำเนิดมลสารเป็นการเฉพาะเจาะจงได้

จากการศึกษาปริมาณฝุ่น PM_{10} พบว่าปริมาณฝุ่นละอองบริเวณสถานีตรวจวัดโรงเรียนยุพราชวิทยาลัยมีแนวโน้มของปริมาณฝุ่นละอองที่สูงกว่าสถานีตรวจวัดศาลากลางจังหวัดเชียงใหม่ สาเหตุหลักอันเนื่องมาจากสถานีดังกล่าวตั้งอยู่ในเขตใจกลางเมืองของจังหวัดเชียงใหม่ มีปริมาณการจราจรหนาแน่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงเวลาเร่งด่วน เดือนมีนาคมมีการตรวจพบปริมาณฝุ่น PM_{10} เกินค่าเฉลี่ยมาตรฐาน 24 ชั่วโมง ที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้เท่ากับ 120 มคก./ลบ.ม./วัน ทั้งสองสถานีตรวจวัด สถานีตรวจวัดโรงเรียนยุพราชวิทยาลัยพบปริมาณ ฝุ่นละอองสูงที่สุดเท่ากับ 212 มคก./ลบ.ม./วัน และสถานีตรวจวัดศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่พบปริมาณฝุ่นละอองสูงที่สุดเท่ากับ 193 มคก./ลบ.ม./วัน ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่จังหวัดเชียงใหม่เกิดสถานการณ์หมอกควัน โดยสาเหตุหลักมาจากไฟป่า การเผาในที่โล่ง การเผาขยะมูลฝอยในชุมชน การเผาวัชพืชริมถนน และมลพิษจากการใช้ยวดยานพาหนะ ส่งผลทำให้คุณภาพอากาศโดยรวมอยู่ในระดับมีผลกระทบต่อสุขภาพถึงมีผลกระทบต่อสุขภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งเด็ก ผู้สูงอายุ และผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ

ตาราง 2 แสดงปริมาณฝุ่น PM_{10} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มคก./ลบ.ม.) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบอัตโนมัติ จังหวัดเชียงใหม่

เดือน	PM_{10}	ศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่	โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย
ธ.ค.-	ค่าเฉลี่ย	36	46
	ค่าสูงสุด	52	63
ม.ค.-	ค่าเฉลี่ย	53	60
	ค่าสูงสุด	65	78
ก.พ.-	ค่าเฉลี่ย	56	70
	ค่าสูงสุด	89	101
มี.ค.-	ค่าเฉลี่ย	99	110
	ค่าสูงสุด	193	212
เม.ย.-	ค่าเฉลี่ย	77	93
	ค่าสูงสุด	130	157
พ.ค.-	ค่าเฉลี่ย	41	43
	ค่าสูงสุด	80	78
ค่ามาตรฐาน PM_{10}		120	120

ที่มา: ส่วนแผนงานและประมวลผล สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2556



ภาพ 13 ปริมาณฝุ่น PM_{10} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มคก./ลบ.ม.) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบอัตโนมัติ จังหวัดเชียงใหม่

2. ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างอากาศบริเวณภายในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 5 จุด ประกอบด้วย 1) ทิศใต้ (ถนนเชียงใหม่-ลำพูน) 2) กลางเมือง (ประตูท่าแพ) 3) ทิศตะวันตก (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) 4) ทิศตะวันออก (ทางไปอำเภอสันกำแพง) และ 5) ทิศเหนือ (ทางไปอำเภอแม่ริม) พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในเดือนมีนาคม และเดือนเมษายน เช่นเดียวกับปริมาณฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศ พบว่าจุดเก็บตัวอย่างทิศตะวันออก (ทางไปอำเภอสันกำแพง) มีปริมาณฝุ่น PM_{10} ถูกตรวจพบสูงที่สุดเท่ากับ 171.57 มคก./ลบ.ม. ในเดือนมีนาคม ส่วนปริมาณฝุ่น PM_{10} ที่ตรวจพบต่ำที่สุดมีค่าเท่ากันในทุกสถานีตรวจวัด คือ 12.25 มคก./ลบ.ม. ในเดือนธันวาคม และเดือนพฤษภาคม ยกเว้นที่สถานีเก็บตัวอย่างกลางเมือง (ประตูท่าแพ) เท่ากับ 24.51 มคก./ลบ.ม. อย่างไรก็ตามค่าที่ตรวจพบนับได้ว่ามีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2515 ที่กำหนดปริมาณฝุ่นขนาดที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมปอด (Respirable Dust) ในระยะเวลา 8 ชั่วโมง ที่กำหนดไว้ว่าไม่เกิน 5 มก./ลบ.ม. แสดงดังต่อไปนี้

2.1 ทิศใต้ (ถนนเชียงใหม่-ลำพูน)

ผลการตรวจวัดพบปริมาณฝุ่นละอองมีค่าสูงที่สุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 73.53 มคก./ลบ.ม. และตรวจพบปริมาณฝุ่นละอองที่ต่ำสุดในเดือนธันวาคม และเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 12.25 มคก./ลบ.ม.

2.2 กลางเมือง (ประตูท่าแพ)

ผลการตรวจวัดพบปริมาณฝุ่นละอองมีค่าสูงที่สุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 110.29 มคก./ลบ.ม. และตรวจพบปริมาณฝุ่นละอองต่ำที่สุดในเดือนธันวาคม เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 24.51 มคก./ลบ.ม.

2.3 ทิศตะวันตก (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

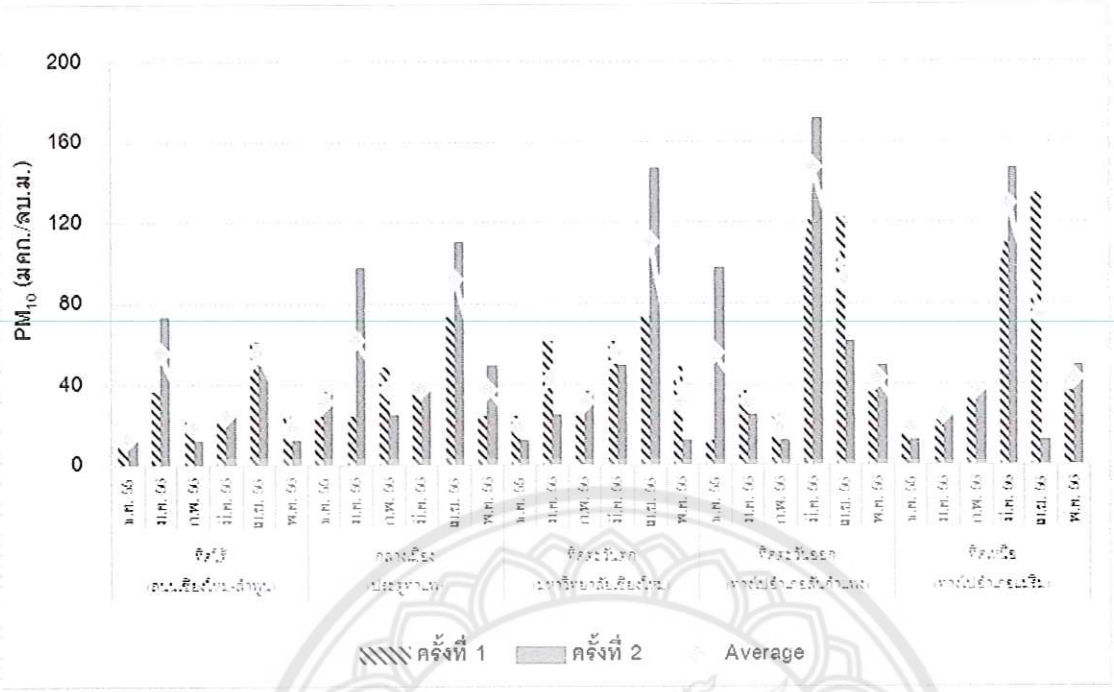
ผลการตรวจวัดพบปริมาณฝุ่นละอองมีค่าสูงที่สุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 147.06 มคก./ลบ.ม. และตรวจพบปริมาณฝุ่นละอองต่ำที่สุดในเดือนธันวาคม เดือนมกราคม และเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 12.25 มคก./ลบ.ม.

2.4 ทิศตะวันออก (ทางไปอำเภอสันกำแพง)

ผลการตรวจวัดพบปริมาณฝุ่นละอองมีค่าสูงที่สุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 171.57 มคก./ลบ.ม. และตรวจพบปริมาณฝุ่นละอองต่ำที่สุดในเดือนธันวาคม และเดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 12.25 มคก./ลบ.ม.

2.5 ทิศเหนือ (ทางไปอำเภอแม่ริม)

ผลการตรวจวัดพบปริมาณฝุ่นละอองมีค่าสูงที่สุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 147.06 มคก./ลบ.ม. และตรวจพบปริมาณฝุ่นละอองต่ำที่สุดในเดือนธันวาคม และเดือนเมษายนเท่ากับ 12.25 มคก./ลบ.ม.



ภาพ 14 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ของฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างภายในอาคาร **จังหวัดเชียง**ใหม่ จำนวน 5 จุด

ตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ของฝุ่น PM_{10} (มคก./ลบ.ม.) จากจุดเก็บตัวอย่าง ภายในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 5 จุด

เดือน	PM_{10}	จุดเก็บตัวอย่าง				
		ทิศใต้	กลางเมือง	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออก	ทิศเหนือ
ธ.ค.	ครั้งที่ 1	12.25	24.51	24.51	12.25	24.51
	ครั้งที่ 2	12.25	36.76	12.25	98.04	12.25
	ค่าเฉลี่ย	12.25	30.64	18.38	55.15	18.38
ม.ค.-	ครั้งที่ 1	36.76	24.51	61.27	36.76	24.51
	ครั้งที่ 2	73.53	98.04	24.51	24.51	24.51
	ค่าเฉลี่ย	55.15	61.27	42.89	30.64	24.51
ก.พ.-	ครั้งที่ 1	24.51	49.02	24.51	24.51	36.76
	ครั้งที่ 2	12.25	24.51	36.76	12.25	36.76
	ค่าเฉลี่ย	18.38	36.76	30.64	18.38	36.76
มี.ค.-	ครั้งที่ 1	24.51	36.76	61.27	122.55	110.29
	ครั้งที่ 2	24.51	36.76	49.02	171.57	147.06
	ค่าเฉลี่ย	24.51	36.76	55.15	147.06	128.68
เม.ย.-	ครั้งที่ 1	61.27	73.53	73.53	122.55	134.80
	ครั้งที่ 2	49.02	110.29	147.06	61.27	12.25
	ค่าเฉลี่ย	55.15	91.91	110.29	91.91	73.53
พ.ค.-	ครั้งที่ 1	24.51	24.51	49.02	36.76	36.76
	ครั้งที่ 2	12.25	49.02	12.25	49.02	49.02
	ค่าเฉลี่ย	18.38	36.76	30.64	42.89	42.89

หมายเหตุ: ทิศใต้ (ถนนเชียงใหม่-ลำพูน) กลางเมือง (ประตูท่าแพ) ทิศเหนือ (ทางไปอำเภอแม่ริม) ทิศตะวันตก(มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) และทิศตะวันออก (ทางไปอำเภอสันกำแพง)

ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่

จากการศึกษาถึงปริมาณค่าความเข้มข้นเฉลี่ยโลหะหนักในฝุ่น PM_{10} ภายในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่ ทั้ง 5 จุดเก็บตัวอย่าง ในระยะเวลา 6 เดือน จำนวน 60 ตัวอย่าง ด้วยเครื่อง Hitachi Polarized Zeeman Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น Z-2000 โดยใช้เทคนิค Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS) แสดงค่าความเข้มข้นในหน่วยไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ศึกษาค่าความเข้มข้นโลหะหนักจำนวนทั้งหมด 8 ชนิด ได้แก่ แมงกานีส เงิน ทองแดง เหล็ก แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และตะกั่ว แต่ตรวจพบค่าความเข้มข้นของโลหะหนักเพียง 4 ชนิด เรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ เหล็ก ทองแดง เงิน และแมงกานีส ในส่วนของธาตุที่มีความเป็นพิษสูง เช่น แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และตะกั่ว ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เนื่องจากมีค่าต่ำกว่าค่าขีดจำกัดต่ำสุด (Limit of Detection: LOD)

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงตามมาตรฐานทางกฎหมายจาก National Institute Occupational Safety and Health Administration (NIOSHA) ซึ่งเป็นหน่วยงานรัฐบาลกลางของประเทศสหรัฐอเมริกา ทำหน้าที่ออกและบังคับใช้กฎหมายเกี่ยวกับด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในสถานประกอบการ พบว่าปริมาณโลหะหนักทุกชนิดในระยะเวลาเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ถูกตรวจพบในระดับที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานของโลหะหนักในอากาศ แต่หากพิจารณาถึงสัดส่วนรายชนิดของปริมาณโลหะหนักพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันในทุกจุดเก็บตัวอย่าง คือ ตรวจพบค่าความเข้มข้นของเหล็กมีสัดส่วนสูงสุดทุกๆ จุดเก็บตัวอย่างในทุกเดือน คือ มีสัดส่วนร้อยละ 90 ถึงร้อยละ 95 ส่วนทองแดง เงิน และแมงกานีส มีสัดส่วนรวมกันไม่เกินร้อยละ 5

ตาราง 4 ค่า Detection Limit ของธาตุแต่ละชนิด

ชื่อสารเคมี	Flame AAS		Graphite Furnace AAS	
	มคก./มล.	มคก./ลบ.ม.*	มคก./มล.	มคก./ลบ.ม.*
แมงกานีส (Mn)	0.004	0.245	0.000012	0.00074
ทองแดง (Cu)	0.000	0.000	0.00005	0.00306
เหล็ก (Fe)	0.008	0.490	0.00006	0.00368
เงิน (Ag)	0.000	0.000	0.00004	0.00245
แคดเมียม (Cd)	0.002	0.123	0.000006	0.00037
โครเมียม (Cr)	0.022	1.348	0.00004	0.00245
นิกเกิล (Ni)	0.018	1.103	0.0001	0.00613
ตะกั่ว (Pb)	0.033	2.022	0.0001	0.00613

หมายเหตุ: DL (มคก./ลบ.ม.) = [DL(มคก./มล.)×50]/0.816 ลบ.ม.

(เมื่อปริมาตรหลังการย่อย เท่ากับ 50 มล., ปริมาตรอากาศเฉลี่ย เท่ากับ 0.816 ลบ.ม.)

ตาราง 5 ค่ามาตรฐานโลหะหนักในอากาศ

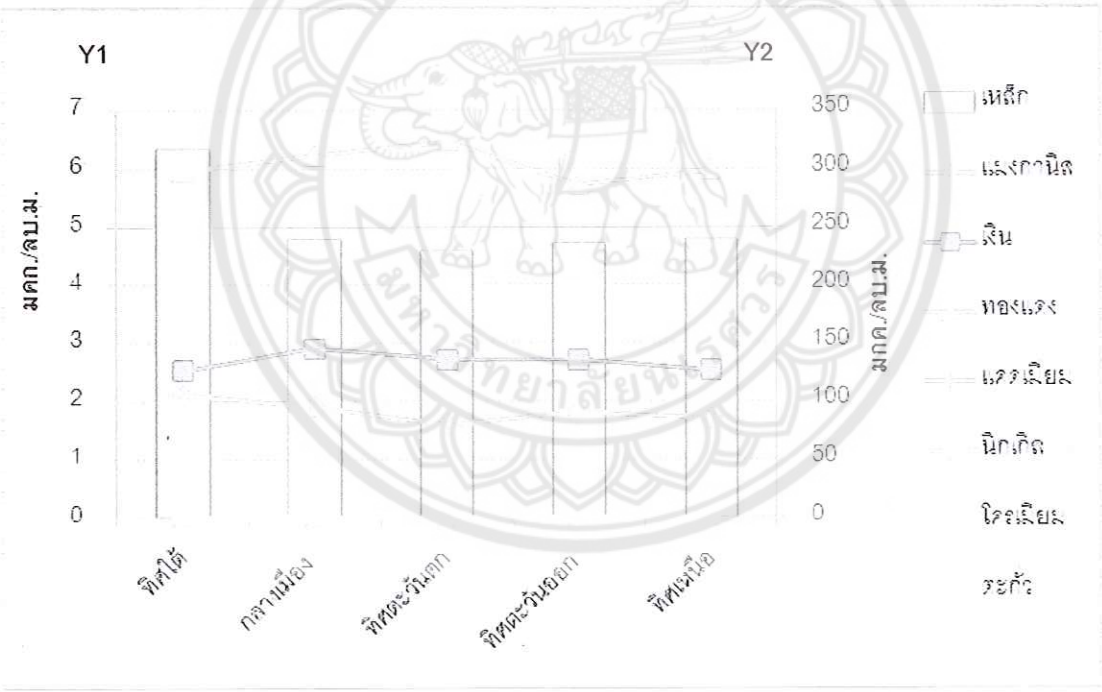
ชื่อสารเคมี	ค่ามาตรฐานในอากาศ (มก./ลบ.ม.; 8 ชม.)
แมงกานีส (Mn)	5
ทองแดง (Cu)	1
เหล็ก (Fe)	1
เงิน (Ag)	0.1
แคดเมียม (Cd)	0.005
โครเมียม (Cr)	1
นิกเกิล (Ni)	1
ตะกั่ว (Pb)	0.05

ที่มา: National Institute for Occupation Safety and Health (NIOSH), 2007

ตาราง 6 ปริมาณรวมของธาตุ (มคก./ลบม.) แยกตามสถานีเก็บตัวอย่าง

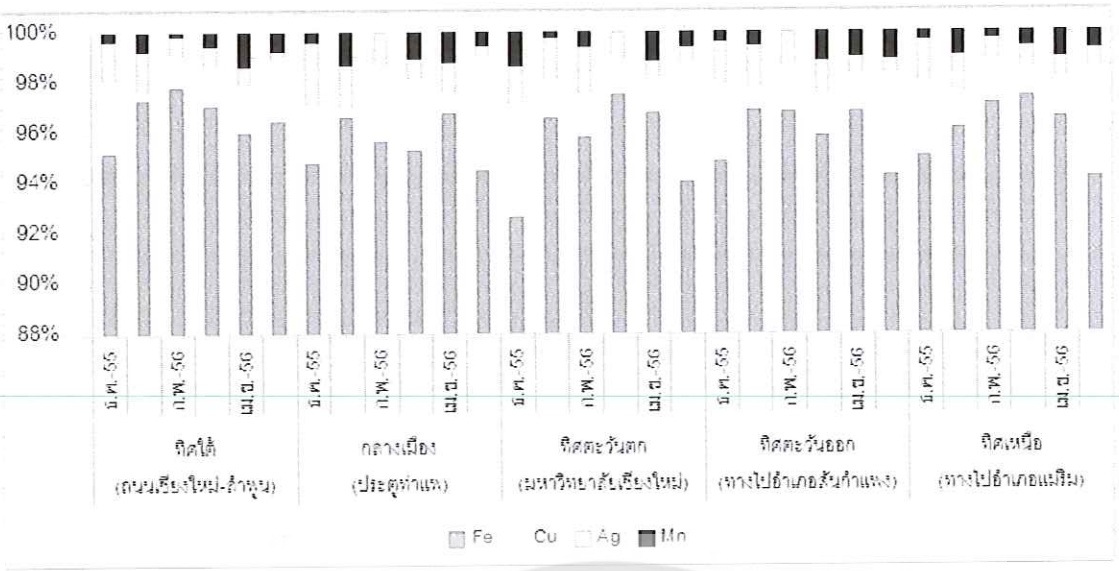
จุดเก็บตัวอย่าง	แมงกานีส (n=12)	เงิน (n=12)	ทองแดง (n=12)	เหล็ก (n=12)	แคดเมียม (n=12)	นิกเกิล (n=12)	โครเมียม (n=12)	ตะกั่ว (n=12)
ทิศใต้	2.11	2.51	5.96	317.92	ND	ND	ND	ND
กลางเมือง	1.91	2.90	6.23	239.39	ND	ND	ND	ND
ทิศตะวันตก	1.60	2.70	6.47	229.53	ND	ND	ND	ND
ทิศตะวันออก	1.81	2.70	5.72	236.23	ND	ND	ND	ND
ทิศเหนือ	1.71	2.51	5.98	240.26	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ: ND คือ Not Detected (มีค่าต่ำกว่าค่า Detection Limit)

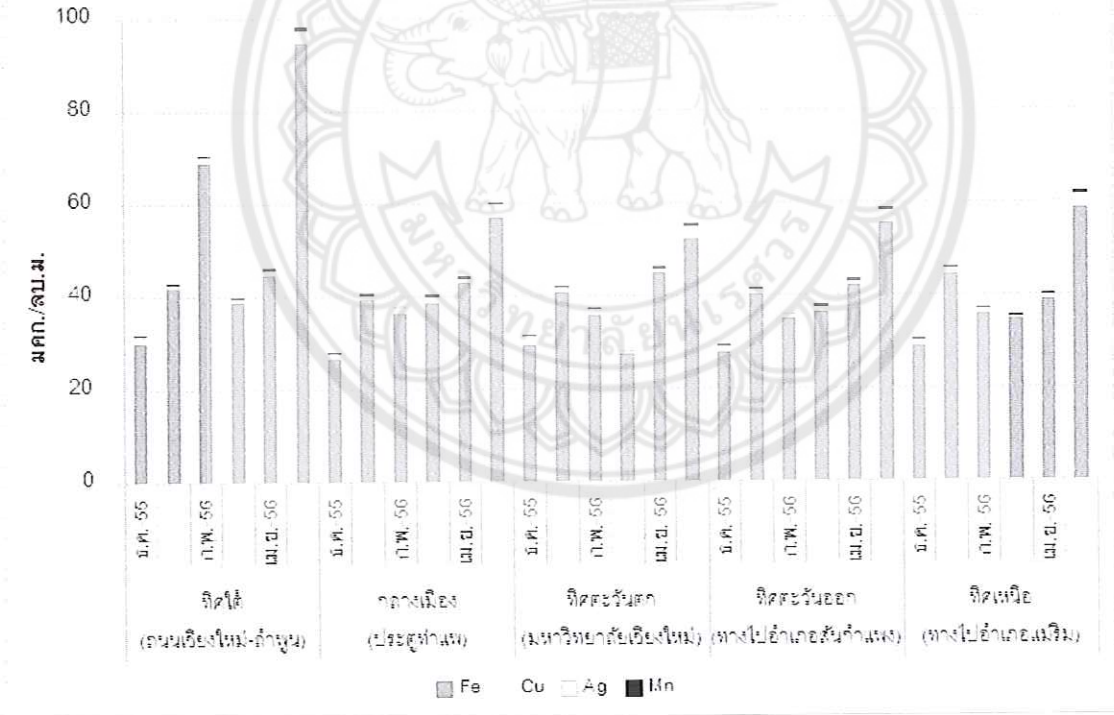


ภาพ 15 กราฟแสดงปริมาณรวมของธาตุ (มคก./ลบ.ม.) แยกตามสถานีเก็บตัวอย่าง

หมายเหตุ: Y1 = แมงกานีส เงิน ทองแดง แคดเมียม นิกเกิล โครเมียม และตะกั่ว Y2 = เหล็ก



ภาพ 16 ร้อยละปริมาณความเข้มข้นของเหล็ก ทองแดง เงิน และแมงกานีส ในฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่าง ภายในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่



ภาพ 17 กราฟแสดงปริมาณความเข้มข้นของเหล็ก ทองแดง เงิน และแมงกานีส ในฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างภายในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่

ทำการสรุปค่าทางสถิติของปริมาณค่าเฉลี่ยโลหะหนัก (มคก./ลบ.ม.) แยกตามจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าปริมาณของเหล็กถูกตรวจพบมากที่สุดในทุกจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งอาจเกิดจากการเผาไหม้สารชีวมวล เช่น ไฟป่า และการเผาวัชพืชริมถนน ที่มักพบมากในช่วงฤดูแล้ง

ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ มงคล รายะนคร และคณะ (2550) และเมศิณี ปาคำมา (2557) หรืออาจมาจากสาเหตุอื่นๆ เช่น การปลดปล่อยจากยานพาหนะ ฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง การฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากถนน และเมื่อพิจารณาแยกตามจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าจุดเก็บตัวอย่างทิศใต้ตรวจพบปริมาณของเหล็กในอากาศมากที่สุด เนื่องจากบริเวณดังกล่าวตั้งอยู่ใกล้กับโรงงานที่ประกอบอุตสาหกรรมเกี่ยวกับเหล็ก เช่น ตัดเหล็ก และเชื่อมเหล็ก เป็นต้น จึงเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนของเหล็กที่สูงกว่าจุดอื่นๆ ส่วนทองแดง เงิน และแมงกานีส มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันในแต่ละเดือน แต่ในเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นเดือนที่หมอกควันในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่เริ่มคลี่คลาย แต่กลับตรวจพบโลหะหนักในอากาศมีปริมาณ ที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสาเหตุอาจมาจากหลายปัจจัย เช่น เกิดจากการปนเปื้อนระหว่างการทำการวิเคราะห์ หรือสถานการณ์ปัญหาหมอกควันในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ไม่ได้เป็นตัวแปรสำคัญของการตรวจพบการปนเปื้อนของโลหะหนักในอากาศภายในอาคารในบริเวณพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งต้องทำการศึกษาในลำดับต่อไป

ตาราง 7 ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนัก (มคก./ลบ.ม.) จากจุดเก็บตัวอย่างภายในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่

เดือน	ปริมาณโลหะหนัก (มคก./ลบ.ม.)							
	Mn	Ag	Cu	Fe	Cd	Ni	Cr	Pb
จุดเก็บตัวอย่างทิศใต้ (ถนนเชียงใหม่-ลำพูน)								
ธ.ค.-	0.107	0.483	0.911	30.002	ND	ND	ND	ND
ม.ค.-	0.322	0.674	0.153	41.605	ND	ND	ND	ND
ก.พ.-	0.107	0.483	0.911	68.842	ND	ND	ND	ND
มี.ค.-	0.214	0.291	0.659	38.626	ND	ND	ND	ND
เม.ย.-	0.628	0.291	0.911	44.294	ND	ND	ND	ND
พ.ค.-	0.735	0.291	2.42	94.554	ND	ND	ND	ND
จุดเก็บตัวอย่างกลางเมือง (ประตูท่าแพ)								
ธ.ค.-	0.107	0.674	0.659	26.363	ND	ND	ND	ND
ม.ค.-	0.528	0.674	0.153	39.116	ND	ND	ND	ND
ก.พ.-	0.000	0.483	1.164	36.114	ND	ND	ND	ND
มี.ค.-	0.429	0.291	1.164	38.343	ND	ND	ND	ND
เม.ย.-	0.528	0.483	0.406	42.762	ND	ND	ND	ND
พ.ค.-	0.314	0.291	2.681	56.664	ND	ND	ND	ND

	จุดเก็บตัวอย่างทิศตะวันตก (มช.)							
ธ.ค.-	0.429	0.483	1.417	29.236	ND	ND	ND	ND
ม.ค.-	0.107	0.674	0.659	40.464	ND	ND	ND	ND
ก.พ.	0.214	0.674	0.659	35.669	ND	ND	ND	ND
มี.ค.-	0.000	0.291	0.406	27.512	ND	ND	ND	ND
เม.ย.-	0.528	0.291	0.659	44.677	ND	ND	ND	ND
พ.ค.-	0.322	0.291	2.673	51.968	ND	ND	ND	ND
ค่ามาตรฐาน (มก./ลบ.ม.)	5	0.1	1	1	0.005	1	1	0.05

ตาราง 7 (ต่อ)

เดือน	ปริมาณโลหะหนัก (มคก./ลบ.ม.)							
	Mn	Ag	Cu	Fe	Cd	Ni	Cr	Pb
	จุดเก็บตัวอย่างทิศตะวันออก (ทางไปอำเภอสันกำแพง)							
ธ.ค.-	0.107	0.483	0.911	27.796	ND	ND	ND	ND
ม.ค.-	0.214	0.674	0.406	40.081	ND	ND	ND	ND
ก.พ.-	0.000	0.483	0.659	34.796	ND	ND	ND	ND
มี.ค.-	0.429	0.483	0.659	36.236	ND	ND	ND	ND
เม.ย.-	0.421	0.291	0.659	41.896	ND	ND	ND	ND
พ.ค.-	0.636	0.291	2.428	55.423	ND	ND	ND	ND
	จุดเก็บตัวอย่างทิศเหนือ (ทางไปอำเภอแม่ริม)							
ธ.ค.-	0.107	0.483	0.911	28.860	ND	ND	ND	ND
ม.ค.-	0.429	0.674	0.659	44.102	ND	ND	ND	ND
ก.พ.-	0.107	0.291	0.659	35.761	ND	ND	ND	ND
มี.ค.-	0.214	0.291	0.406	34.505	ND	ND	ND	ND
เม.ย.-	0.421	0.291	0.659	38.733	ND	ND	ND	ND
พ.ค.-	0.429	0.483	2.681	58.303	ND	ND	ND	ND
ค่ามาตรฐาน (มก./ลบ.ม.)	5	0.1	1	1	0.005	1	1	0.05

หมายเหตุ: ND คือ Not Detected (มีค่าต่ำกว่าค่า Limit of Detection)

และเพื่อตรวจสอบผลของการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS) จึงได้ทำการตรวจวิเคราะห์ธาตุโครเมียม แคดเมียม นิกเกิล ในบางตัวอย่าง โดยได้ทำการสุ่มเลือกตัวอย่างจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด (เดือนพฤษภาคม) รวมทั้งหมด 5 ตัวอย่าง เนื่องจากในช่วงเดือนพฤษภาคมมีการตรวจพบปริมาณรวมของธาตุโลหะหนักสูงที่สุด มาทำการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy (GFAAS) ที่มีค่า Detection Limit ต่ำกว่าเทคนิค FAAS จึงทำให้บางตัวอย่างที่มีปริมาณของธาตุต่ำมาก ไม่สามารถวัดได้โดยเทคนิค FAAS แต่สามารถทำได้โดยใช้เทคนิค GFAAS ผลการวิเคราะห์มีการตรวจพบเพียงสารโครเมียมในระดับที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานของโลหะหนักในอากาศ เพียงธาตุเดียวเท่านั้น

ตาราง 8 ปริมาณความเข้มข้นของ Cr Ni และ Cd (มคก./ลบ.ม.) โดยใช้เทคนิค GAFFS

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนัก (นก./ลบ.ม.)		
	Cr	Ni	Cd
ทิศใต้ (ถนนเชียงใหม่-ลำพูน)	0. 094	ND	ND
กลางเมือง (ประตูท่าแพ)	0. 066	ND	ND
ทิศตะวันตก (ม.เชียงใหม่)	0. 051	ND	ND
ทิศตะวันออก (ทางไปอำเภอสันกำแพง)	0. 057	ND	ND
ทิศเหนือ (ทางไปอำเภอแม่ริม)	0. 060	ND	ND
ค่ามาตรฐาน (มก./ลบ.ม.)	1	1	0.005

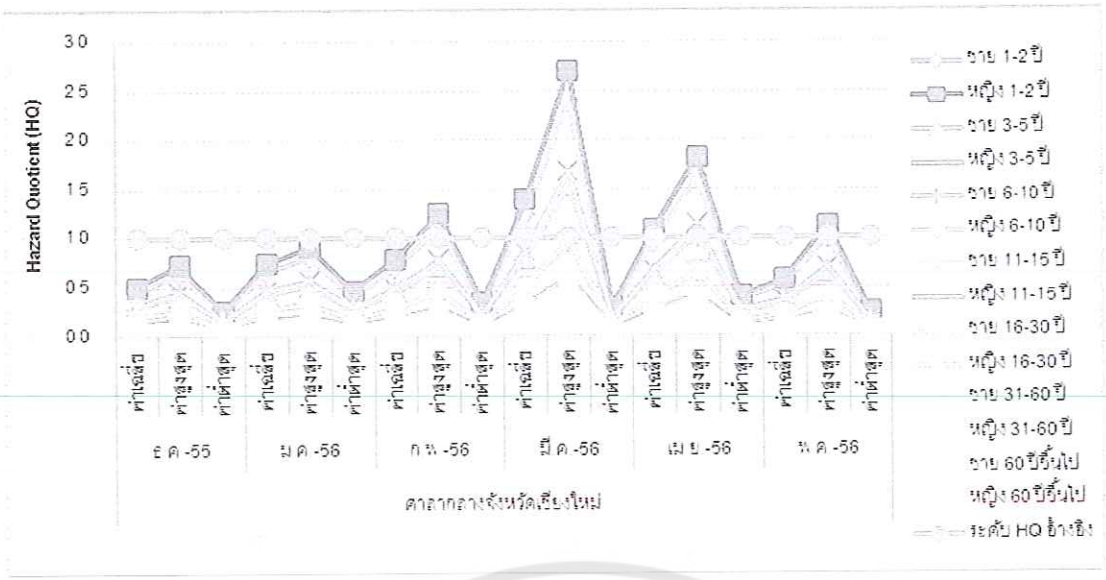
การประเมินการได้รับสารมลพิษและความเสี่ยงทางสุขภาพ

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัย ได้ทำการประเมินแยกตามเพศ และกลุ่มช่วงอายุ ตั้งแต่เด็กอายุ 1 ปี ไปจนถึงผู้ใหญ่อายุ 60 ปีขึ้นไป เพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างของปริมาณ การรับสัมผัสสารมลพิษในอากาศ ที่มีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุ เนื่องจากสารมลพิษ จะสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินอากาศหายใจได้มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจเป็นสำคัญ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอีกหลายๆ ประการ เช่น เพศ และอายุ การแปรผลค่าความเสี่ยงจะแบ่งออกเป็นสี่ระดับ ตั้งแต่ระดับที่ไม่มีอันตราย ไปจนถึงระดับที่ส่งผลอันตรายต่อสุขภาพ ในระดับอันตรายมาก

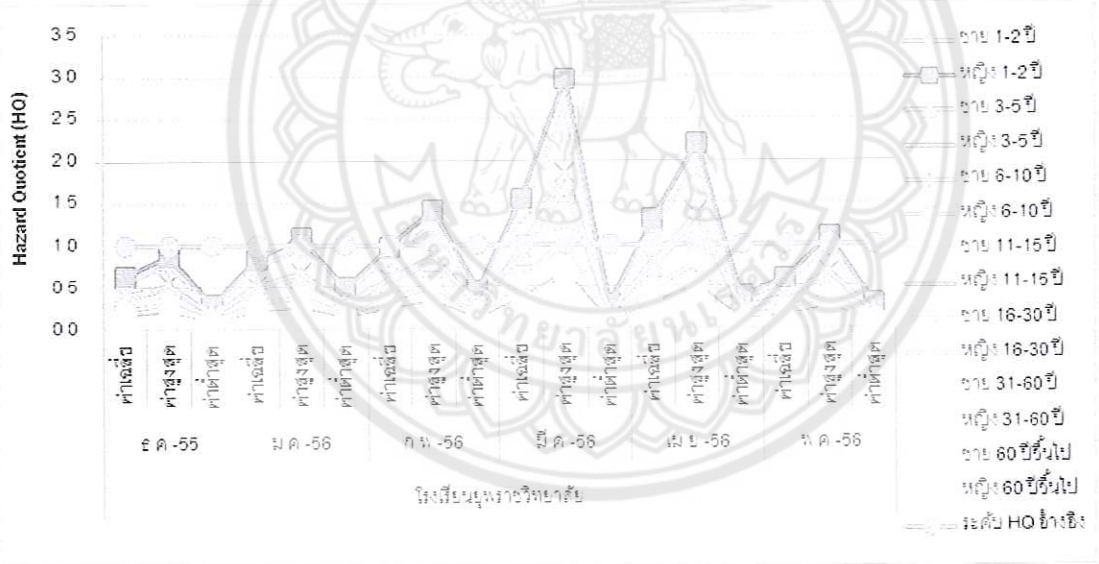
1. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศ จังหวัดเชียงใหม่

ผลการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Hazard Quotient: HQ) จากปริมาณฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศ จังหวัดเชียงใหม่ โดยอ้างอิงปริมาณฝุ่นละอองจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบอัตโนมัติในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 2 สถานี คือ สถานีโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย และสถานีศูนย์ราชการ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าค่า Hazard Quotient (HQ) ที่วิเคราะห์ได้บริเวณสถานีตรวจวัดโรงเรียนยุพราชมีค่าสูงกว่าสถานีตรวจวัดศูนย์ราชการ จังหวัดเชียงใหม่ พบค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 2.976 ในเดือนมีนาคม ในเด็กเพศหญิงช่วงอายุ 1-2 ปี ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกับที่จังหวัดเชียงใหม่เกิดสถานการณ์ปัญหาหมอกควัน โดยมีสาเหตุหลักมาจากการเผาป่า การเผาวัสดุทางการเกษตร การเผาขยะในที่โล่ง การคมนาคมขนส่ง และการจราจร เป็นต้น (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2556)

ค่า Hazard Quotient (HQ) ที่วิเคราะห์ได้มีค่าอยู่ในช่วง 0.0381 ถึง 0.2976 จัดอยู่ในระดับส่งผลอันตรายต่อสุขภาพในระดับปานกลาง โดยมีความสอดคล้องกับปริมาณฝุ่นละออง ในบรรยากาศ กล่าวคือหากปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศมีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้เท่ากับ 120 มคก./ลบ.ม. ค่า Hazard Quotient (HQ) ที่วิเคราะห์ได้ก็จะมีค่าเกิน 1 ซึ่งหมายถึงปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ โดยเฉพาะเด็กช่วงอายุ 1 ถึง 5 ปี ที่มีอัตราความเสี่ยงสุขภาพจากการฝุ่นละอองขนาดเล็กในบรรยากาศสูงที่สุด ดังนั้นประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ควรมีการป้องกันตนเองจากฝุ่นละออง เช่น ดื่มน้ำบ่อยๆ หลีกเลี่ยงการออกกำลังกายกลางแจ้ง สวมหน้ากากอนามัย ปิดหน้าต่างเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองเข้าไปภายในอาคาร หรือคอยฟังข่าวการแจ้งเตือนจากหน่วยงานราชการ เพื่อการปฏิบัติดูแลและป้องกันตนเองจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองที่มีค่าเกินค่ามาตรฐานความปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีสถานการณ์ปัญหาหมอกควัน ซึ่งมักเกิดระหว่างเดือนธันวาคม ถึงเดือนมีนาคม ของทุกปี



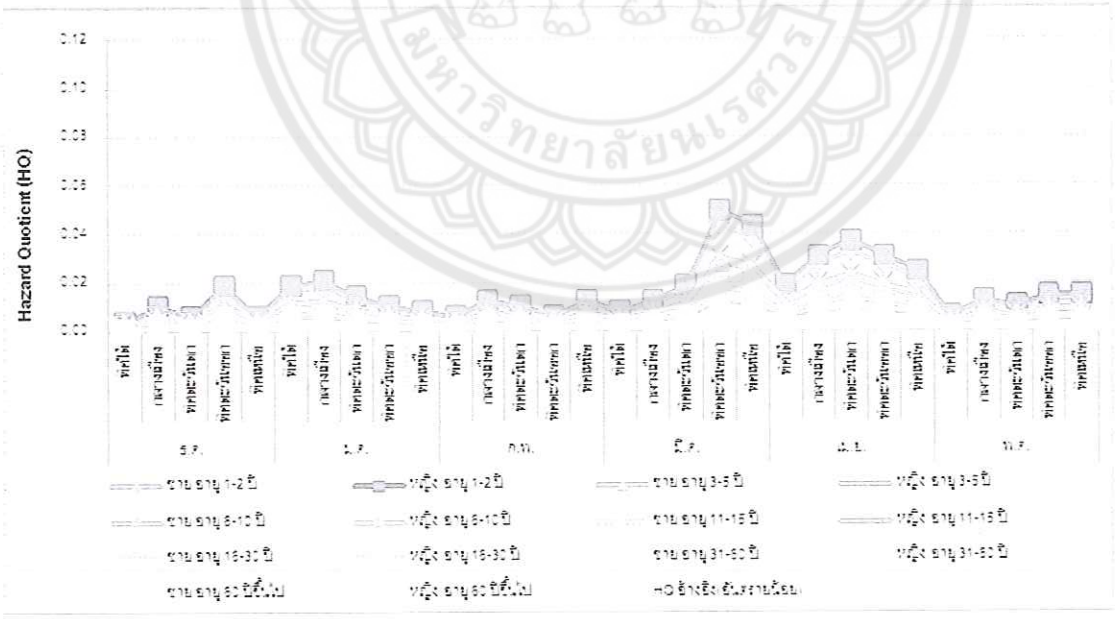
ภาพ18 แสดงค่า Hazard Quotient (HQ) ของฝุ่น PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบตรวจวัดอัตโนมัติศาลากลาง จังหวัดเชียงใหม่



ภาพ 19 แสดงค่า Hazard Quotient (HQ) ของฝุ่น PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบตรวจวัดอัตโนมัติโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย

2. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสฝุ่น PM_{10} ภายในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่

ผลการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Hazard Quotient: HQ) จากการรับสัมผัสฝุ่น PM_{10} ภายในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่ ทำการคำนวณโดยการอ้างอิงปริมาณฝุ่นละอองจากจุดเก็บตัวอย่างภายในอาคาร จำนวน 5 จุด ประกอบด้วย ทิศใต้ (ถนนเชียงใหม่-ลำพูน) กลางเมือง (ประตูท่าแพ) ทิศตะวันตก (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) ทิศตะวันออก (ทางไปอำเภอสันกำแพง) และทิศเหนือ (ทางไปอำเภอแม่ริม) พบว่าค่า Hazard Quotient (HQ) ที่วิเคราะห์ได้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในเดือนมีนาคม และเมษายน แต่อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวจัดอยู่ในระดับที่ไม่ส่งผลอันตราย ต่อสุขภาพ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.001 ถึง 0.050 พบค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 0.050 ในเด็กเพศหญิง ช่วงอายุ 1-2 ปี ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกับที่ค่าความเสี่ยงภายในบรรยากาศภายนอกอาคารมีค่าสูงเกินกว่า 1 ประชาชนที่อาศัยอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ในช่วงเวลาดังกล่าวควรหลีกเลี่ยงการประกอบกิจกรรมกลางแจ้ง และอาศัยอยู่ภายในอาคาร ปิดหน้าต่างเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองเข้าไปภายในอาคาร เพื่อป้องกันความเสี่ยงสุขภาพการรับสัมผัสฝุ่นละอองที่มี ค่าสูงเกินกว่ามาตรฐาน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพจากฝุ่นละออง ระหว่างภายใน และภายนอกอาคาร พบว่าในช่วงการเกิดสถานการณ์ปัญหาหมอกควัน การอาศัยอยู่ภายในอาคาร มีความปลอดภัยมากการอยู่ภายนอกอาคาร ถึง 60 เท่า



ภาพ 20 แสดงค่า Hazard Quotient (HQ) ของฝุ่น PM_{10} ภายในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่

3. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสโลหะหนักในฝุ่น PM_{10} ภายในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่

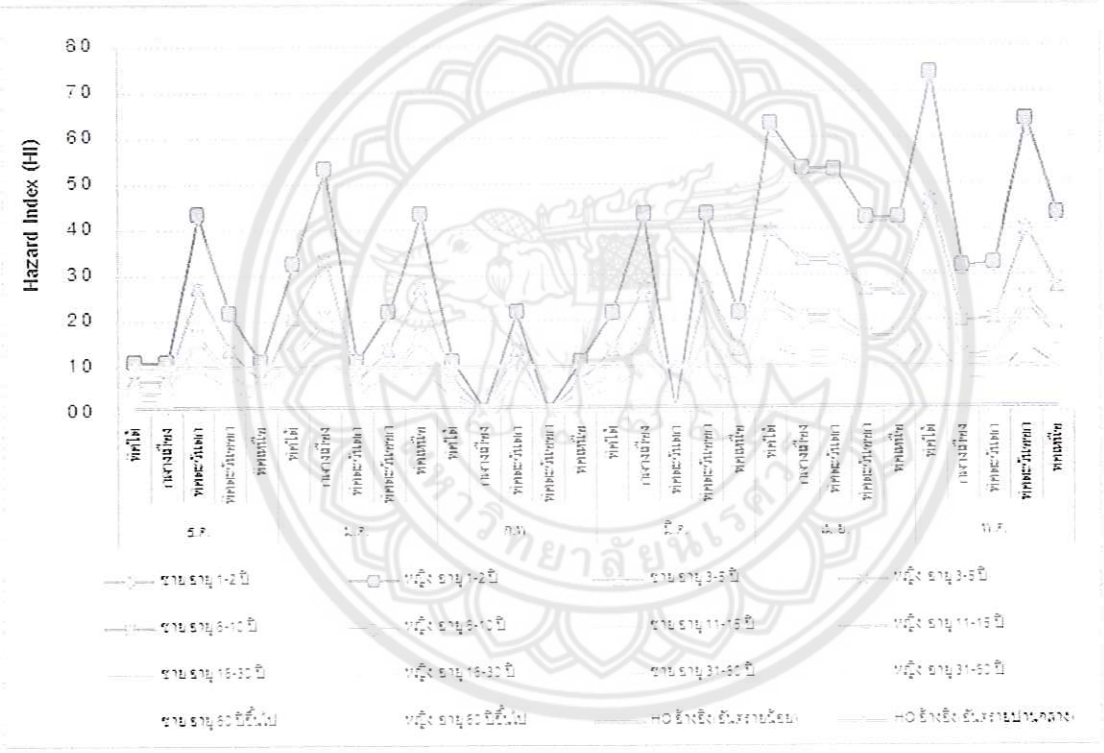
การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสสารโลหะหนักในฝุ่น PM_{10} ได้ทำการประเมินแยกออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสสารที่ไม่ใช่สารมะเร็ง Hazard Quotient (HQ) และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสสารก่อมะเร็ง (Cancer Risk)

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสสารที่ไม่ใช่สารมะเร็ง (Hazard Quotient: HQ) ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพจากโลหะหนักที่ถูกตรวจพบทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ แมงกานีส เงิน ทองแดง และเหล็ก ดังนั้นจึงต้องนำค่า Hazard Quotient (HQ) ของสารโลหะหนักแต่ละชนิดมาบวกรวมกัน เพื่อเป็นค่าความเสี่ยงรวม หรือที่เรียกว่า Hazard Index (HI) พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.009-18.519 พบค่าสูงที่สุดในเดือนพฤษภาคม บริเวณจุดเก็บตัวอย่างทิศใต้ (ถนนเชียงใหม่-ลำพูน) เท่ากับ 18.519 ในเด็กเพศหญิง ช่วงอายุ 1-2 ปี ซึ่งนับได้ว่าว่าค่าดังกล่าวอยู่ในระดับที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเด็กในระดับที่อันตรายมาก ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา อีกทั้งยังตรวจพบค่าความเสี่ยงในระดับที่อันตรายมากในเด็ก ช่วงอายุ 3-5 ปี ในช่วงเดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคม ส่วนในช่วงอายุอื่นๆ ตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป มีค่าความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารโลหะหนักผ่านระบบทางเดินหายใจอยู่ในระดับอันตรายปานกลาง ซึ่งสาเหตุของการตรวจพบค่าความเสี่ยงระดับสูงในเด็ก เนื่องจากเด็กมีอัตราการหายใจต่อน้ำหนักตัวมากกว่าผู้ใหญ่

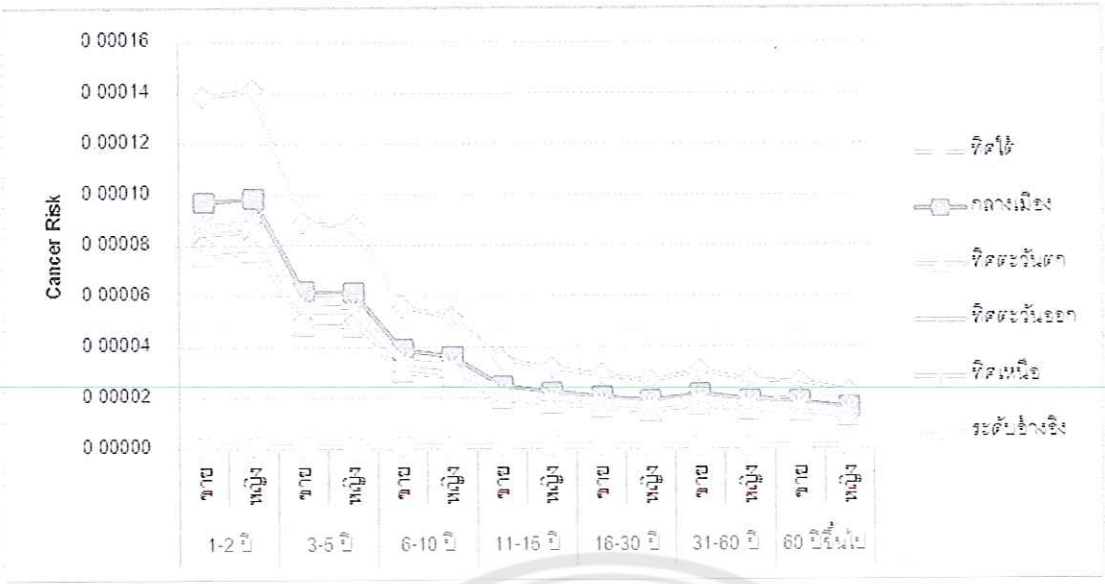
การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสสารก่อมะเร็ง (Cancer Risk) ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพจากโลหะหนักเพียงชนิดเดียว คือ โครเมียม พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 12×10^{-6} ถึง 141×10^{-6} พบค่าสูงสุดบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทิศใต้ (ถนนเชียงใหม่-ลำพูน) เท่ากับ 141×10^{-6} ในเด็กเพศหญิง ช่วงอายุ 1-2 ปี ซึ่งโดยทั่วไปค่าความเสี่ยงสุขภาพอันเนื่องมาจากสารก่อมะเร็ง สามารถยอมรับได้ไม่เกิน 1 ในล้าน หรือ 1×10^{-6} ซึ่งถ้าเมื่อใดคำนวณค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารก่อมะเร็งได้มากกว่า 1×10^{-6} นั่นหมายถึงปริมาณ สารก่อมะเร็งเข้าสู่ร่างกายมีมากเกินกว่าที่จะยอมรับได้ และอาจทำให้เกิดมะเร็งได้ถ้าหากร่างกายได้รับสารก่อมะเร็งดังกล่าวเข้าสู่ร่างกายอย่างต่อเนื่อง

ผลจากความเป็นพิษโลหะหนักต่อร่างกายมนุษย์มีหลายประการ เช่น เหล็ก แม้ว่าเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ เพราะช่วยทำให้เม็ดเลือดมีสีแดง แต่หากร่างกายได้รับเหล็กในปริมาณที่มากเกินไป และไม่สามารถขับออกมาได้หมด เหล็กจะถูกสะสมไว้ที่ตับ ทำให้เป็นโรคเกี่ยวกับตับ, ทองแดง ทำให้เกิดการระคายเคืองและอักเสบบริเวณตา ระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ถ้าร่างกายได้รับไอทองแดงมาก ๆ จะทำให้เกิดการคลื่นไส้ อาเจียน เป็นไข้ เนื้อเยื่อจมูกอักเสบ อาจทำให้ผิวหนังและผมเปลี่ยนสี, แมงกานีส จัดว่าเป็นแร่ธาตุที่จำเป็น ต่อร่างกาย เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์บางชนิด ตัวธาตุบริสุทธิ์จะมีลักษณะเป็นผงสีเทาขาว แต่ส่วนใหญ่ที่พบในชีวิตประจำวันมักพบในรูปสารประกอบ การเกิดพิษของแมงกานีส จะ

เกิดที่ระบบประสาทมากที่สุด คือ ทำให้มีอาการสั่นคล้ายคนเป็นโรคพาร์กินสัน, เงิน เงินในรูปของธาตุอิสระเป็นพิษไม่มากนัก แต่เกลือส่วนใหญ่เป็นพิษ (เพราะแอนอิออน) สารประกอบของเงินเมื่อเข้าสู่ร่างกายถูกดูดเข้าสู่ระบบการหมุนเวียนของโลหิต และถูกรีดิวซ์ทำให้โลหะเงินตกค้าง ตามเนื้อเยื่อต่าง ๆ มีผลทำให้ผิวหนังเกิดจุดสีเทา, โครเมียม ทำให้เกิดผิวหนังอักเสบ ซึ่งโดยมากจะเริ่มที่รอยถลอกของผิวหนัง พบมากที่สุดบริเวณโคนเล็บมือ ตามข้อนิ้วมือหรือหลังเท้า แม้ว่าแผลนั้นจะไม่เจ็บปวด แต่จะคันมากในเวลากลางคืน เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการติดเชื้อและสามารถลุกลามไปถึงข้อต่อใกล้เคียง อีกทั้งโครเมียมยังสามารถทำให้เกิดโรคมะเร็งปอด มักเกิดกับบุคคลที่หายใจเอาโครเมียมเข้าสู่ร่างกายทุกวัน ติดต่อกันเป็นเวลานานๆ เป็นอันตรายแก่ชีวิต (Toxicity Profiles, IRIS)



ภาพ 21 กราฟแสดงค่า Hazard Index (HI) ของโลหะในฝุ่น PM_{10} ภายในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่



ภาพ 22 กราฟแสดงค่า Cancer Risk ของสารโลหะหนักในฝุ่น PM_{10} ภายในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่

ผลการวิจัยฝุ่นละอองและโลหะหนัก จังหวัดเชียงราย

4. ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่ เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ในบรรยากาศ จังหวัดเชียงราย

จุดเก็บตัวอย่างสถานีขนส่งผู้โดยสารเทศบาลนครเชียงราย ตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5ไมครอน (PM2.5) ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนมีนาคม มีค่าต่ าสุด 14.97 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน และมีค่าสูงสุด 107.70 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อวันที่ 19 มีนาคม ค่ามาตรฐานความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5ไมครอน (PM2.5)ในบรรยากาศทั่วไปเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของประ เทศไทยกำหนดไว้ไม่ เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าจากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 9 ตัวอย่าง มีค่าเกินมาตรฐาน 2 ตัวอย่าง จุดเก็บตัวอย่างตลาดสดเทศบาล1 บริเวณจุดจอดรถสองแถว ตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5ไมครอน (PM2.5) ตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมีนาคม มีค่าต่ำสุด 22.04 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อวันที่ 1พฤศจิกายน และมีค่าสูงสุด 105.21 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อวันที่ 16 มีนาคม ค่ามาตรฐานความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5ไมครอนในบรรยากาศทั่วไปเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของประเทศไทยกำหนดไว้ไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าจากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 9 ตัวอย่าง มีค่าเกินมาตรฐาน 4 ตัวอย่าง จุดเก็บตัวอย่างหมู่บ้านลานทอง อ าเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละออง

ขนาดไม่เกิน 2.5ไมครอน (PM2.5) ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมีนาคม มีค่าต่ำสุด 13.31 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายนและมีค่าสูงสุด 74.43 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่ามาตรฐานความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไปเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของประเทศไทยกำหนดไว้ไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าจากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 9 ตัวอย่าง มีค่าเกินมาตรฐาน 2 ตัวอย่าง คือ เมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ และเมื่อวันที่ 18 มีนาคม มีค่า 74.43 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5ไมครอน เป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กที่สามารถแขวนลอยในอากาศได้เป็นเวลานาน องค์ประกอบหลักของฝุ่นขนาดเล็ก ได้แก่ ซัลเฟตอิออน ไนเตรตอิออน แอมโมเนีย ธาตุคาร์บอน โลหะ ละอองน้ำจับตัวกับฝุ่น ซึ่งมีแหล่งกำเนิดแตกต่างกันตามพื้นที่ เช่น พื้นที่ริมถนนของกรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่มาจาก รถยนต์ และพื้นที่ทั่วไปส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้ จากข้อมูลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5ไมครอน(PM2.5) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ผ่านมาของกรมควบคุมมลพิษ จำนวนทั้งสิ้น 3 สถานี ได้แก่ สถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา (กรุงเทพมหานคร พื้นที่ทั่วไป) สถานีการเคหะชุมชนดินแดง (กรุงเทพมหานคร พื้นที่ริมถนน) สถานีโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย(เชียงใหม่) พบว่าระหว่าง ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ.2551 ระดับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5ไมครอน เฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าอยู่ในช่วง 3.7 - 172.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร(ค่าเฉลี่ยรายปีอยู่ในช่วง 19.2 – 58.1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) โดยพบค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดในกรุงเทพมหานครบริเวณพื้นที่ริมถนน ตลาดสดเทศบาล 1 บริเวณจุดจอดรถสองแถว มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ในบรรยากาศทั่วไปเฉลี่ย 24 ชั่วโมงมากที่สุด เนื่องจากเป็นบริเวณย่านธุรกิจ มีการคมนาคมขนส่งที่หนาแน่นและมีความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะต่ำ มีการเผาไหม้จากการประกอบอาหาร ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นต่ำที่สุด ความเข้มข้นฝุ่นมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง นอกจากนี้ยังพบอีกว่าพื้นที่เก็บตัวอย่างที่การศึกษาทั้ง 3 สถานีตรวจวัด มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน(PM2.5) ในบรรยากาศทั่วไปเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในช่วงฤดูฝนต่ำกว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ในบรรยากาศทั่วไปเฉลี่ย 24 ชั่วโมงในช่วงฤดูแล้ง มีผลมาจากการชะล้างฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศโดยฝน อีกทั้งฝนยังทำให้ความชื้นของดินเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการลดการปลดปล่อยฝุ่นละอองตามธรรมชาติ

2. ความเข้มข้นของโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ในบรรยากาศ

จุดเก็บตัวอย่างสถานีขนส่งผู้โดยสารเทศบาลนครเชียงราย ผลการตรวจวัดความเข้มข้นโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) พบว่าโพแทสเซียมมีค่าความเข้มข้น 0.64 – 3.19 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เหล็กมีค่าความเข้มข้น 0.28 - 0.79 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แมกนีเซียมมีค่าความเข้มข้น 0.01 – 0.70 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์ เมตร สังกะสีมีค่าความเข้มข้น 0 – 0.45 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทองแดงมีค่าความเข้มข้น 0.02 – 0.09 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เงินมีค่าความเข้มข้น 0 – 0.02 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

จุดเก็บตัวอย่างบริเวณจุดจอดรถสองแถวตลาดสดเทศบาล 1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) พบว่าโพแทสเซียมมีค่าความเข้มข้น 0.82 – 3.59 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แมกนีเซียมมีค่าความเข้มข้น 0 – 1.15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์ เมตร สังกะสีมีค่าความเข้มข้น 0 – 0.88 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เหล็กมีค่าความเข้มข้น 0.27 - 0.76 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทองแดงมีค่าความเข้มข้น 0.03 – 0.07 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เงินมีค่าความเข้มข้น 0 – 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

จุดเก็บตัวอย่างบริเวณหมู่บ้านลานทอง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ผลการตรวจวัดความเข้มข้นโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) พบว่าโพแทสเซียมมีค่าความเข้มข้น 0.63 – 3.75 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แมกนีเซียมมีค่าความเข้มข้น 0 – 0.61 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สังกะสีมีค่าความเข้มข้น 0 – 0.58 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เหล็กมีค่าความเข้มข้น 0.27 - 0.54 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทองแดงมีค่าความเข้มข้น 0.03 – 0.07 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เงินมีค่าความเข้มข้น 0 – 0.04 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

9 สรุปผลการวิจัย

ปริมาณฝุ่น PM10 ในบรรยากาศ จังหวัดเชียงใหม่ มีค่า เกินมาตรฐานในเดือนมีนาคม และเมษายน โดยมีค่าเฉลี่ย สูงสุดเท่ากับ 212 $\mu g/m^3$ (สถานีตรวจวัดโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย) ปริมาณฝุ่น PM10 ในอาคาร จังหวัดเชียงใหม่ ที่ถูกตรวจพบในทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีต่ ากว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม ที่ก าหนดปริมาณฝุ่นขนาดที่สามารถเข้ าถึ งแล ะสะสมในถุ งลมปอดได้ (Repairable Dust) ในระยะเวลา 8 ชั่วโมงเท่ากับ 5 mg/m^3ตรวจพบโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ เหล็ก ทองแดง แมงกานีส และเงิน ในปริมาณที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานโลหะในอากาศ ตามประกาศของ OSHA ในฝุ่น PM10 ในอาคาร ความเสี่ยงสุขภาพจากฝุ่น PM10ในบรรยากาศ จังหวัด เชียงใหม่ อยู่ในระดับที่ เป็นอันตรายต่อสุขภาพในเดือน มีนาคม และเมษายน ทั้งสองสถานีตรวจวัด ความเสี่ยง สุขภาพจากฝุ่น PM10 และสารโลหะหนัก ในอาคารจังหวัด จังหวัดเชียงใหม่ อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

การศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) จากพื้นที่ในเขตเทศบาลนครเชียงราย คือ สถานีขนส่งผู้โดยสารเทศบาลนครเชียงราย ตลาดสดเทศบาล 1 บริเวณจุดจอดรถสองแถวและหมู่บ้านลานทอง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมีนาคม พบว่าตลาดสดเทศบาล1 บริเวณจุดจอดรถสองแถว มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ในบรรยากาศทั่วไปเฉลี่ย 24 ชั่วโมงมากที่สุด พื้นที่เก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งสามพื้นที่มีค่าความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 ต่ำที่สุด ในเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนและค่าความเข้มข้นฝุ่นมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่เดือนธันวาคม ถึงเดือนมีนาคม และมีค่าความเข้มข้นสูงที่สุดในเดือนมีนาคม พ.ศ.2556 ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5ไมครอน (PM2.5) ในบรรยากาศทั่วไปเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของประเทศไทยกำหนดไว้ไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าจุดเก็บตัวอย่างสถานีขนส่งผู้โดยสารเทศบาลนครเชียงรายและหมู่บ้านลานทอง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย มีค่าเกินมาตรฐานในกุมภาพันธ์ และ เดือนมีนาคม จุดเก็บตัวอย่าง ตลาดสดเทศบาล1 บริเวณจุดจอดรถสองแถว มีค่าเกินมาตรฐานในเดือนธันวาคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือน มีนาคม พบค่าความเข้มข้นของโลหะเฉลี่ยในฝุ่น PM2.5 และค่าความเข้มข้นของโลหะเฉลี่ยในควันรถแต่ละประเภทมีความคล้ายคลึงกัน

10 เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

กรมควบคุมมลพิษ. (2541). ศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ (2541). แผ่นแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการควบคุมการเผาในที่โล่ง (National Master Plan for Open Burning Control) , หน้า 4

กัลยากร ตั้งอุไรวรรณ, สุรัตน์ บัวเลิศ และวงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์. (2550). ความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศจังหวัดสมุทรปราการ. วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม. 29(2), 65-73.

ทวีศักดิ์ ใจคำสืบ (2550) สถานการณ์หมอกควันภาคเหนือตอนบน ,รายงานภาวะเศรษฐกิจการเงินภาคเหนือ ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ

นภาพร พานิช. (2543). ปัญหาฝุ่นละอองใน กทม. วารสารสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 5 (21), 10 - 23.

เพ็ญศิริ จุดจองสิน (2545) การศึกษาความเข้มข้นของตะกั่วและเหล็กในฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ , คณะวิทยาศาสตร์ , สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

มงคล รายะนาคร สมพร จันทระ สุนันทา วังกานต์ อุไร เต็งเจริญกุล พิสัณห์ กิจสวัสดิ์ไพบูลย์ พรชัย จันตา อิงอร ชัยศรี วัลยา แสงจันทร์ และ ดุจเดือน แสงบุญ. (2550). โครงการการวิเคราะห์เพื่อหามลพิษทางอากาศในอนุภาคฝุ่นในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน. ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.).

เมศินี ปาคำมา (2557). โลหะในฝุ่น PM10 ในบรรยากาศช่วงปัญหาหมอกควันเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ระอนงค์ ประสพโชค. (2541). ผลกระทบของฝุ่นพีเอ็ม-เท็น และฝุ่นซิลิกาที่มีผลต่อภาวะสุขภาพของระบบทางเดินหายใจของผู้ประกอบการสกัดหินและประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงในเขตจังหวัดสระบุรี. วิทยานิพนธ์ วท.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย จำกัด. บริษัท 2550. ปัญหาหมอกควันทางภาคเหนือตอนบน : กระทบธุรกิจท่องเที่ยวและบริการ 2,000 ล้านบาท ฉบับที่ 1958 วันที่ 14 มีนาคม 2550 ห้องสมุดธนาคารไทยพาณิชย์ มีนาคม 2550

เอกชัย สุทธิลักษณ์ (2545) , การจัดทำบัญชีและใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายมลพิษอากาศจากนิคมอุตสาหกรรมในภาคตะวันออก , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า10

Karar, K., Gupta, A. K., Kumar, A. and Biswas, A. K. (2006). Characterization and identification of the sources of chromium, zinc, lead cadmium, nickel, manganese and iron in PM_{10} and iron in PM_{10} particulates at the two sites of Kolkata, India. Environmental Monitoring and Assessment, 120, 347–360.

National Institute for Occupation Safety and Health. (September 2007). NIOSH POCKET GUIDE TO CHEMICAL HAZARD. Retrieved May 22, 2012, from http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-149/pdfs/2005-149.pdf.

Omar.A.Al-Khashman.(2004). Heavy metal distribution in dust and soils from the work place in Karak Industrial Estate,Jordan. Chemistry Department, Mutah University, Jordan

Vassilakos, Ch., Veros, D., Michopoulos, J., Maggos, th. and O'Connor,C.M. (2007). Estimation of selected heavy metals and arsenic in PM_{10} aerosols in the ambient air of the Greater Athens Area, Greece. Journal of Hazardous Materials. 140, 389-398.

Yunchao, H., Zhigang, G., Zuosheng, Y., Ming, F. and Jialiang, F. (2007). Seasonal variations and sources of various elements in the atmospheric aerosols in Qingdao, China. Atmospheric Research. 85, 27-37.

Zemba, S.G., Ames, M.A., and Alvarado, M.J. (2002), Risk Assessment for the Evaluation of Kiln Stack Emissions and RCRA Fugitive Emissions from the Lone Star Alternate Fuels Facility, Greencastle, Indiana.