

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม BTEX จากเครื่องถ่ายเอกสาร*

Assessment of the possible health risks of risks of exposure to BTEX group copier

เกษศิริรินทร์ เอี่ยมโพธิ์**

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารกลุ่ม BTEX ที่ปล่อยจากเครื่องถ่ายเอกสาร บริเวณใต้อาคารเรียนรวมวิทยาศาสตร์ ระหว่างช่วงการเรียนการสอนปกติและช่วงการสอบปลายภาคการศึกษา และนำผลที่ได้ไปประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ นอกจากนี้ ได้นำผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพไปพิจารณา ร่วมกับผลการตรวจวัดการระบายอากาศภายในร้านถ่ายเอกสารและแบบสอบถามด้านสุขภาพว่าสัมพันธ์กันหรือไม่ ผลการศึกษาระดับสารกลุ่ม BTEX ในร้านถ่ายเอกสาร แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของสารกลุ่ม BTEX ในช่วงการสอบสูงกว่าช่วงการเรียนการสอนปกติเล็กน้อย โดยพบว่าในช่วงการสอบมีการปลดปล่อยโทลูอีนเฉลี่ยเท่ากับ 30.2 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และในช่วงการเรียนการสอนปกติมีการปลดปล่อยโทลูอีนเฉลี่ยเท่ากับ 27.7 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร การวัดการระบายอากาศ พบว่า ความเร็วลมมีค่าอยู่ในช่วง 16.26-16.44 เมตร/นาที่ ซึ่งมากพอที่จะช่วยในการระบายสารมลพิษออกสู่ภายนอกได้ นอกจากนี้ ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม BTEX ในช่วงการเรียนการสอนปกติและช่วงการสอบ แสดงให้เห็นว่า พนักงานร้านถ่ายเอกสาร มีความเสี่ยงต่อการก่อมะเร็งจากการหายใจเท่ากับ 3.42 และ 0.46 คนต่อล้านคน ตามลำดับ ส่วนความเสี่ยงต่อการไม่ก่อมะเร็งพบว่าไม่มีความเสี่ยง เนื่องจากมีค่า Hazard Index เท่ากับ 0.02 และ 0.003 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 ผลสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับสุขภาพจากการทำงานในร้านถ่ายเอกสาร พบว่า ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการไม่ก่อมะเร็งของพนักงานไม่สอดคล้องกับผลที่ระบุถึงการแสดงอาการต่างๆ เช่น ระคายเคืองผิวหนัง ไอ จาม ระคายคอ ปวดศีรษะ เป็นต้น ซึ่งอาการเหล่านี้อาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยแวดล้อมอื่นๆได้

Abstract

This study aims to investigate the BTEX levels emitted from photocopiers in the copy center located under Faculty of Science's classroom building. Samples were collected during the regular class and the final exam periods. Levels of BTEX analyzed, together with air ventilation data and health-related questionnaires, were used for health risk assessment which could be used as a guideline for BTEX-exposure preventions at sources, pathways and receptors. Results show that the levels of BTEX during the exam period were a little higher than that of the regular class period. Moreover, toluene was found as the predominant

* เพื่อเผยแพร่อันตรายที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องถ่ายเอกสารซึ่งเป็นอุปกรณ์สารสนเทศที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในสำนักงาน

** สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร email : kate0552@hotmail.com เบอร์

ติดต่อ 085 825 4214, ดร.อังกศิริ ทิพยารมณ

compound with concentrations of $30.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $2.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for the exam and the regular class periods, respectively. Ventilation data indicate that air velocity inside the copy center, which was between 16.26 and 16.44 m/min, was high enough to bring indoor air pollutants out of the room. Results of health risk assessment illustrate that the estimated inhalation cancer risks were 3.42×10^{-6} and 0.46×10^{-6} for the regular class and the exam periods, respectively. The cancer risk levels are lower than the US EPA acceptable risk level of 1.0×10^{-4} . With respect to non-cancer risk, levels of Hazard Index were found to be 0.02 and 0.003, respectively, all lower than 1. In additions, results from questionnaires indicate that there was no association between non-cancer risk assessment and health problems such as skin irritation, coughing, sneezing, throat irritation, and headaches, because these health problems may be linked to other environmental factors.

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีในทุกด้านได้มีการพัฒนาอย่างก้าวกระโดด ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีด้านการขนส่งที่มีความรวดเร็ว เทคโนโลยีทางการแพทย์ที่สามารถช่วยเหลือคน และเทคโนโลยีด้านการอำนวยความสะดวกที่ใกล้ตัวเรามากที่สุด หนึ่งในนั้นคือเทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกสบายทางด้านการทำงาน การเรียนรู้และการวิจัย เพื่อให้ทันตามยุคสมัยที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเครื่องถ่ายเอกสาร ซึ่งเป็นอุปกรณ์ช่วยงานด้านสารสนเทศอีกตัวหนึ่งที่ได้รับคามนิยมอย่างมากในสำนักงานต่างๆ แทบทุกประเภทเพราะสามารถในการคัดลอกเอกสารได้ตามแบบต้นฉบับเดิมและใช้เวลาอันรวดเร็วในกรณีที่ต้องการเอกสารเป็นจำนวนมาก ทำให้เครื่องถ่ายเอกสารสามารถพบได้ในทุกสำนักงานทั่วได้

เครื่องถ่ายเอกสาร แม้ว่าจะเป็นอุปกรณ์ช่วยงานสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูง แต่ก็ป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้ใช้งานและผู้ที่อยู่บริเวณรอบข้างในหลายด้าน เช่น แสงที่ออกมาจากเครื่องถ่ายเอกสาร สารเคมีที่อาจหกหรือไหลออกมา รวมไปถึงเป็นแหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ ได้แก่ สารกลุ่ม BTEX (ย่อมาจาก benzene, toluene, ethylbenzene และ xylenes) ฝุ่น ก๊าซโอโซน เป็นต้น โดยมลสารเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพในลักษณะต่างๆ ได้แก่ ทั้งสารกลุ่ม BTEX ก๊าซโอโซน และฝุ่นจะทำให้เกิดอาการคล้ายกันคือทำให้เกิดอาการระคายเคืองทางเดินหายใจ ตา และผิวหนัง อีกทั้งสารกลุ่ม BTEX และก๊าซโอโซนยังทำให้เกิดความผิดปกติต่อระบบประสาทส่วนกลาง นอกจากนี้ สารกลุ่ม BTEX บางชนิดมีคุณสมบัติเป็นสารก่อมะเร็ง ได้แก่ เบนซีน ส่วนอันตรายจากรังสีนั้น จะทำให้เกิดความผิดปกติทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิต

การศึกษาของ Thanacharoenchanaphas et al. (2007) พบว่า ในระหว่างถ่ายเอกสาร มีการปลดปล่อยโอโซนในมากที่สุดเนื่องจากเป็นองค์ประกอบในตัวทำลายหมึกพิมพ์ที่มีมากที่สุด ส่วนเบนซีนปลดปล่อยน้อยที่สุดเพราะเป็นสารก่อมะเร็ง ปัจจุบันจึงมีความพยายามที่จะลดการใช้เบนซีนให้เหลือน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม Thanacharoenchanaphas et al. (2007) ได้ศึกษาเพียงระดับปริมาณสารกลุ่ม BTEX ที่

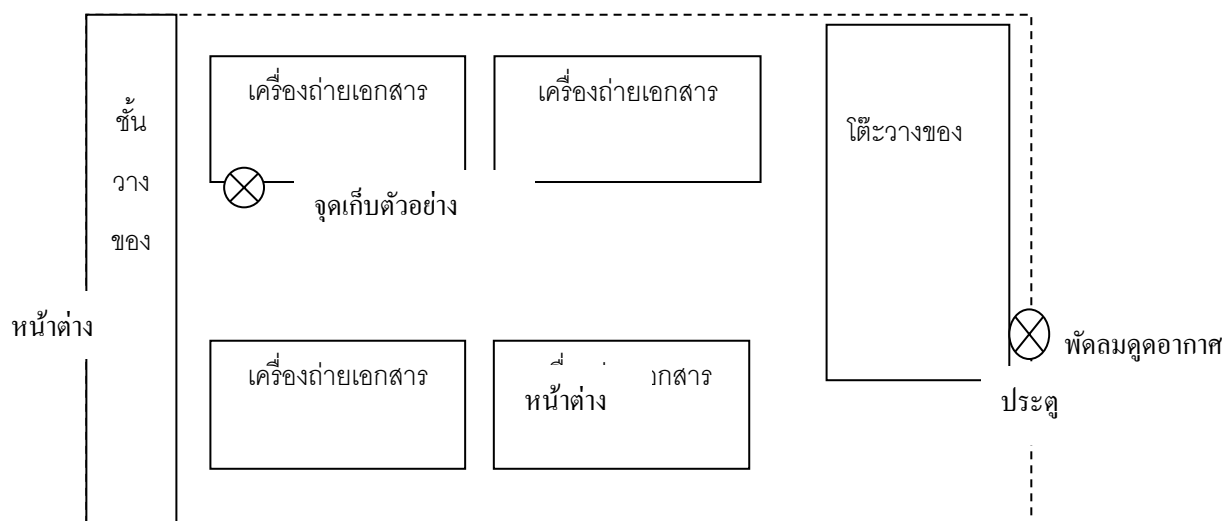
ปลดปล่อยจากเครื่องถ่ายเอกสารเท่านั้น มิได้ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากสารกลุ่ม BTEX จากเครื่องถ่ายเอกสาร

การศึกษาครั้งนี้ได้เล็งเห็นถึงปัญหาทางด้านสุขภาพที่จะเกิดขึ้นต่อผู้ใช้งานและผู้ที่อยู่บริเวณรอบ ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงได้ศึกษาถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม BTEX ที่ปลดปล่อยจากเครื่องถ่ายเอกสาร และนอกจากนี้ ยังได้นำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยสารกลุ่ม BTEX จากเครื่องถ่ายเอกสารและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่มดังกล่าวมาเป็นกรณีศึกษา เพื่อให้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

วิธีการวิจัย

1. สถานที่ทำการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ทำโดยเก็บตัวอย่างอากาศภายในร้านถ่ายเอกสารบริเวณใต้อาคารเรียนรวม วิทยาศาสตร์ (ร.วท.) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม ร้านถ่ายเอกสารซึ่งใช้เป็นกรณีศึกษานี้มีขนาด $2.8 \times 4.7 \times 3.2$ เมตร คิดเป็นปริมาตร 42.11 ลูกบาศก์เมตร ภายในร้านถ่ายเอกสารมีเครื่องถ่ายเอกสารให้บริการจำนวน 4 เครื่อง มีพัดลมตั้งพื้นจำนวน 1 ตัว ซึ่งเปิดตลอดเวลา ประตู หน้าต่างด้านหน้า และหน้าต่างด้านข้างเปิดตลอดเวลาที่ให้บริการ เก็บตัวอย่างโดยตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างภายในร้านถ่ายเอกสาร ณ จุด ที่ความสูง 1.5 เมตร จากพื้นห้อง แผนผังร้านถ่ายเอกสารและจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังร้านถ่ายเอกสารและจุดเก็บตัวอย่าง

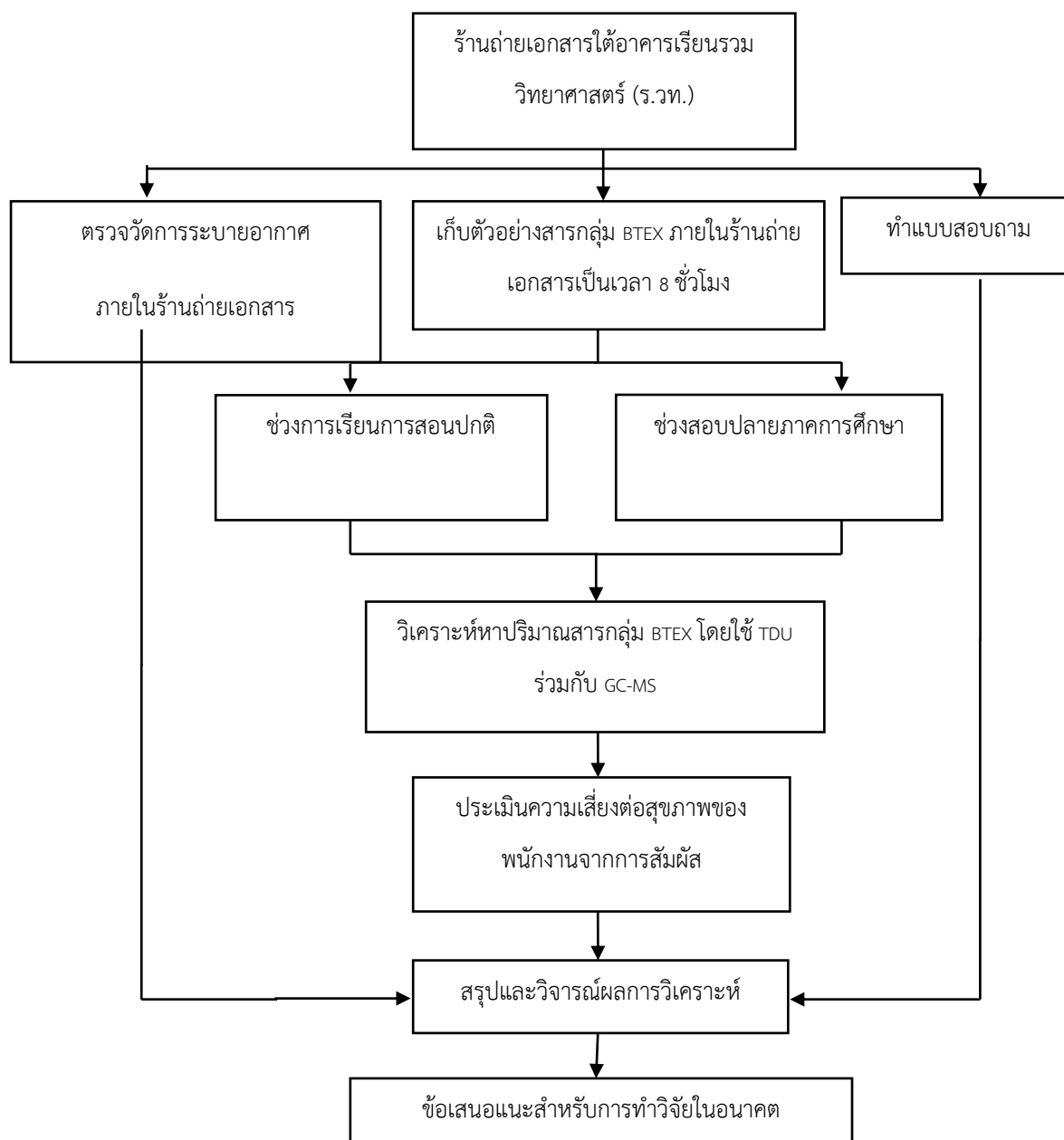
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2.1 เครื่องดูดอากาศแบบพกพา (Personal air pump) เครื่องดูดอากาศแบบพกพา ยี่ห้อ Gilian รุ่น Programmable GiAir3 โดยใช้ค่าอัตราการไหลเท่ากับ 0.02 ลิตรต่อนาที เวลา 8 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00-16.00 น. รวมปริมาตรอากาศ 9.6 ลิตร โดยติดตั้งอุปกรณ์เสริมสำหรับอัตราการไหลต่ำ

2.2 หลอดเก็บตัวอย่างชนิด Tenax-TA หลอดเก็บตัวอย่างชนิด Tenax-TA เป็นหลอดสแตนเลสทรงกระบอกที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารดูดซับที่บรรจุภายใน ภายในหลอด Tenax-TA บรรจุสาร 2,6-diphenylene ซึ่งเป็นตัวดูดซับกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีรูพรุนและสามารถคายสารที่ดูดซับไว้ที่มีมวลโมเลกุลต่ำได้ดี

2.3 เครื่อง Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) เครื่อง GC-MS ใช้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่ม BTEX โดยมีอุปกรณ์ประกอบคือ ชุด Thermal Desorption Unit (TDU) ซึ่งใช้ความร้อนในการคายสารตัวอย่างกลุ่ม BTEX ออกจากตัวดูดซับในหลอดเก็บตัวอย่าง เครื่อง GC-MS

3. แผนผังการทดลอง



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนในการทดลองในการศึกษานี้

4. วิธีการเก็บตัวอย่าง

4.1 วิธีปรับสภาพหลอดเก็บตัวอย่างก่อนนำไปใช้ หลอดเก็บตัวอย่างบรรจุด้วยสาร Tenax-TA ต้องปรับสภาพโดยใช้ก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ร้อยละ 99.99 ที่อัตราการไหลในช่วง 60 มิลลิลิตรต่อนาที สำหรับหลอดเก็บตัวอย่างใหม่ จากนั้นนำไปปรับสภาพที่อุณหภูมิ 100°C 1 ชั่วโมง 200°C 1 ชั่วโมง และ 280°C 4 ชั่วโมง ตามลำดับ หลอดเก็บตัวอย่างที่ปรับสภาพแล้วจะปิดด้วยฝาทองเหลืองที่หุ้มด้วยพลาสติก PTFE ขนาด ¼ นิ้ว และเก็บในถุงซิปล็อกในสภาพแวดล้อมที่สะอาด โดยไม่เปิดฝาหลอดเก็บตัวอย่างจนกว่าจะเริ่มเก็บตัวอย่างและเริ่มทำการวิเคราะห์

4.2 การเก็บตัวอย่างอากาศ ต่อปั๊มดูดอากาศที่ปรับอัตราการไหล 0.02 ลิตรต่อนาทีเข้ากับหลอดเก็บตัวอย่างดังรูปที่ 3 การเก็บตัวอย่างจะเก็บตลอดระยะเวลาเปิดให้บริการของร้านถ่ายเอกสารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00-16.00 น. เมื่อเก็บตัวอย่างครบตามระยะเวลาที่กำหนด จึงปิดปั๊มดูดอากาศแล้วปิดหลอดเก็บตัวอย่างด้วยฝาทองเหลืองที่หุ้มด้วยพลาสติก PTFE จากนั้นเก็บหลอดตัวอย่างลงถุงซิปล็อกในสภาพแวดล้อมที่สะอาด เพื่อร่อนนำไปวิเคราะห์ตัวอย่างต่อไป การศึกษาครั้งนี้เก็บตัวอย่างในช่วงการเรียนการสอนปกติจำนวน 5 วัน และช่วงสอบปลายภาคการศึกษาจำนวน 5 วัน โดยเก็บตัวอย่างทุกวัน ยกเว้นวันหยุดเสาร์-อาทิตย์เนื่องจากเป็นวันปิดทำการของร้านถ่ายเอกสาร โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมดตลอดการศึกษา 10 ตัวอย่าง ในการเก็บตัวอย่างนำหลอดเก็บตัวอย่างมาต่อกัน 2 หลอด เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการเกิด Breakthrough



ภาพที่ 3 การต่อชุดเก็บตัวอย่าง

5. การวิเคราะห์สารกลุ่ม BTEX ในการวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่ม BTEX ใช้เครื่อง GC-MS ที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของเครื่อง GC (Gas Chromatography) และส่วนของเครื่อง MS (Mass Spectrometer) และอุปกรณ์เสริมคือ ชุด Thermal Desorption Unit (TDU) โดยอุณหภูมิสูงสุดในการทำให้สารตัวอย่างคายตัวออกจากตัวดูดซับ เท่ากับ 300-320°C

ขั้นตอนแรกในการวิเคราะห์ คือการนำหลอดเก็บตัวอย่างเข้าเครื่อง Thermal Desorption Unit (TDU) เพื่อคายสารกลุ่ม BTEX ในตัวอย่าง ออกจากตัวดูดซับในหลอดเก็บตัวอย่าง โดยอาศัยการให้ความร้อนที่ 300°C 30 นาที จากนั้นไล่ความชื้นและออกซิเจนออกจากสารกลุ่ม BTEX ในตัวอย่าง โดยการลดอุณหภูมิจนเหลือ -30°C แล้วให้ความร้อนที่ 300°C อีกครั้ง จากนั้น ฉีดสารกลุ่ม BTEX จากหลอดเก็บตัวอย่างจะเข้าสู่เครื่อง GC (Gas Chromatography) ที่ทำหน้าที่ในการแยกองค์ประกอบของสารผ่านทาง Injection port เพื่อระเหยเป็นไอโดยอาศัยความร้อน จากนั้นก๊าซไนโตรเจนซึ่งเป็น Carrier gas (เฟสเคลื่อนที่) จะพาไอสารไปยัง Column (เฟสคงที่) เพื่อทำให้เกิดการแยกตัวของสารแต่ละตัว โดยอาศัยหลักการของความชอบที่ต่างกันขององค์ประกอบในตัวอย่างที่มีต่อเฟส 2 เฟส สารที่ออกจาก Column (เฟสคงที่) จะเข้าสู่เครื่อง MS (Mass Spectrometer) ที่ใช้ตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการไอออนไนซ์โมเลกุลของสารที่แยกออกมาจากสารตัวอย่างโดยเครื่อง GC ซึ่งทำในสถานะสุญญากาศ ขั้นตอนต่อมา คือสารที่ออกมาจาก Column จะถูกทำให้แตกตัวด้วยอิเล็กตรอนที่ิงมาจากแหล่งกำเนิดไอออน จากนั้นโมเลกุลที่แตกตัวจะเข้าสู่ Ion filter ที่เป็นสนามไฟฟ้า และเข้าสู่ Detector ซึ่งตรวจวัดออกมาเป็นเลขมวล (Mass number) เทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิงแล้วแปลผลออกมาเป็นชื่อขององค์ประกอบนั้นๆ โดยการวิเคราะห์ที่ได้รับความนิยมและแพร่หลายจากศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

6. การทำความสะอาดหลอดเก็บตัวอย่าง ทำความสะอาดหลอดเก็บตัวอย่างที่ใช้แล้ว โดยการนำไปปรับสภาพที่อุณหภูมิดังต่อไปนี้ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40°C 10 นาที 100°C 16 นาที 200°C 15 นาที 300°C 15 นาที 360°C 60 นาทีและทิ้งให้เย็น 8 นาที ก่อนนำมาใช้ใหม่ การที่ต้องให้ความร้อนแบบไล่อุณหภูมิให้ค่อยๆ สูงขึ้นนั้น เนื่องจากหากใช้อุณหภูมิสูงสุดในทันทีจะทำให้ตัวดูดซับไหม้ได้ หลอดเก็บตัวอย่างมีอายุการใช้งาน 100 ครั้ง หลังหมดอายุการใช้งานต้องเปลี่ยนตัวดูดซับใหม่

7. การคำนวณหาความเข้มข้นของสารกลุ่ม BTEX

- คำนวณปริมาตรอากาศแท้จริง โดยใช้สูตร

$$V_{\text{act}} = F \times D \quad (7)$$

V_{act} = ปริมาตรอากาศแท้จริงที่เก็บตัวอย่าง, ลิตร

F = อัตราการไหลของปั๊มดูดอากาศ, ลิตร/นาที

D = ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศ, นาที

- คำนวณปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐานโดยใช้สูตร

$$\frac{P_{\text{act}} V_{\text{act}}}{T_{\text{act}}} = \frac{P_{\text{std}} V_{\text{std}}}{T_{\text{std}}}$$

P_{act} = ความดันบรรยากาศแท้จริงขณะเก็บตัวอย่าง

V_{act} = ปริมาตรอากาศแท้จริงที่เก็บตัวอย่าง, ลิตร

T_{act} = อุณหภูมิแท้จริงขณะเก็บตัวอย่าง, เคลวิน

P_{std} = ความดันบรรยากาศมาตรฐาน, 760 มิลลิเมตรปรอท

V_{std} = ปริมาตรอากาศมาตรฐาน, ลิตร

T_{std} = อุณหภูมิมาตรฐาน, $273+25^{\circ}\text{C} = 298$ เคลวิน

- คำนวณหาความเข้มข้นของสารกลุ่ม BTEX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

$$\text{BTEX } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{\text{สารกลุ่ม BTEX ที่วัดได้ } (\mu\text{g}) - \text{Blank } (\mu\text{g})}{V_{\text{std}} (\text{L}) \times (1 \text{ m}^3/1,000 \text{ L})}$$

8. การประกันคุณภาพและการควบคุมคุณภาพ (Quality Assurance and Quality Control; QA/QC)

8.1 การเทียบมาตรฐานปั๊มดูดอากาศ (Pump calibration) การเทียบมาตรฐานปั๊มดูดอากาศคือการปรับเทียบอัตราการไหลของปั๊มดูดอากาศ ให้ได้ 0.02 ลิตร/นาที และวัดอุณหภูมิก่อนและหลังเก็บตัวอย่างทุกครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อให้ได้อัตราการไหลและอุณหภูมิระหว่างเก็บตัวอย่างที่ตรงกับความแม่นยำมากที่สุด ในการศึกษานี้ อัตราการไหลของอากาศก่อนและหลังเก็บตัวอย่างมีค่าต่างกันไม่เกินร้อยละ 10 และอุณหภูมิก่อนและหลังเก็บตัวอย่างมีค่าต่างกันไม่เกินร้อยละ 15

8.2 การทำความสะอาดหลอดเก็บตัวอย่างหลังใช้ (Cleaning) ทำความสะอาดหลอดเก็บตัวอย่างที่ใช้แล้วตามขั้นตอนในข้อ 6 ซึ่งจะทำทุกครั้งหลังการเก็บตัวอย่าง เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

8.3 ปริมาณต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถวิเคราะห์ได้ (Instrument Quantitation Limit; IQL) กรณีค่าที่ตรวจพบต่ำกว่า IQL รายงานค่าเป็น n.d และในการคำนวณจะใช้ค่า IQL/2

8.4 การวิเคราะห์ Breakthrough

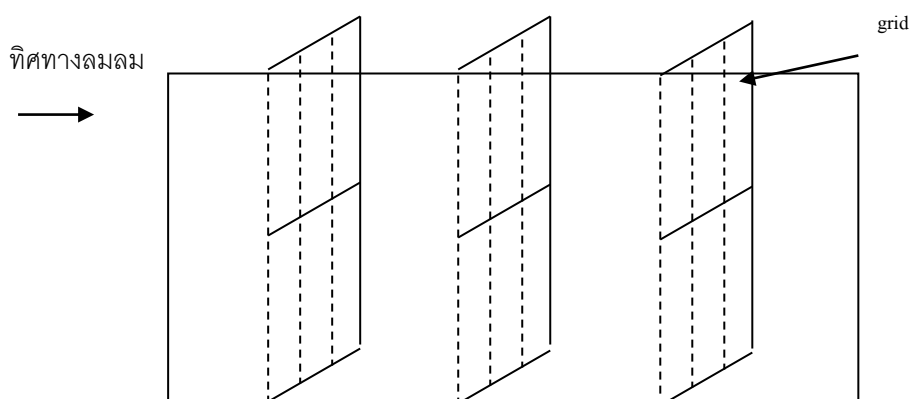
9. การวัดการระบายอากาศ

9.1 อุปกรณ์ที่ใช้ เครื่องวัดความเร็วลมยี่ห้อ Compu Flow Thermo-Anemometer รุ่น Model 8585

9.2 วิธีดำเนินการ

วิธีการดำเนินการวัดการระบายอากาศภายในร้านถ่ายเอกสาร มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (มลิวรรณ, 2552)

- ทำการตรวจวัดสภาพแวดล้อมทั่วไปด้วยสายตาและทำการประเมินดังต่อไปนี้
- การระบายอากาศสม่ำเสมอหรือไม่
- มีจุดอับอากาศที่ใด
- ทิศทางของลมผ่านคนงานหรือไม่ มีการสะสมมลพิษไว้ที่จุดใดบ้าง
- ตรวจวัดความเร็วลมโดยเครื่องวัดความเร็วลม โดยเครื่องมือที่เรียกว่า Anemometer โดยการ
- แบ่งพื้นที่ภาคตัดขวางของห้อง เป็น 3 ส่วนด้วยสายตา
- แต่ละส่วนทำการตี grid ส่วนละ 6 grids ซึ่งแบ่งตั้งฉากกับทิศทางลมด้วยสายตาดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การตี grid ภายในร้านถ่ายเอกสาร

- ทำการวัดความเร็วลมที่จุดกึ่งกลางของแต่ละส่วน
- บันทึกความเร็วลมแต่ละส่วน พิจารณาว่าความเร็วลมที่พัดในจุดต่างๆ ของห้องสม่ำเสมอหรือไม่ และเทียบกับข้อกำหนดของการระบายอากาศภายในอาคารซึ่งกำหนดไว้ว่า แต่ละจุดควรมีค่าความเร็วลมอยู่ในช่วง 9-15 เมตร/นาที่

10. แบบสอบถามด้านสุขภาพ

การสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามนั้น เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลจริงที่บุคคลกลุ่มนั้นทำเป็นกิจวัตรประจำวัน ข้อมูลจากแบบสอบถามเป็นส่วนหนึ่งของการนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยง ซึ่งประกอบด้วยประเด็นด้านสุขภาพจากการทำงาน ด้านการให้บริการร้านถ่ายเอกสาร และพฤติกรรมการทำงานของพนักงานภายในร้านทั้งชายและหญิงจำนวน 2 คน โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

- ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนตัว
- ส่วนที่ 2 แบบสอบถามประวัติการทำงาน
- ส่วนที่ 3 แบบสอบถามข้อมูลลักษณะงานปัจจุบัน
- ส่วนที่ 4 แบบสอบถามด้านสุขภาพ

11. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

วิธีการประเมินความเสี่ยงเป็นไปตามวิธีการของ US EPA (Kolluru et al., 1996) โดยวิธีการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม BTEX ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

- 1 วิธีการประเมินข้อมูลและการระบุอันตราย
- 2 วิธีการประเมินความเป็นพิษ
- 3 วิธีการประเมินการได้รับสัมผัส
- 4 วิธีการอธิบายลักษณะของความเสี่ยง

ผลการวิเคราะห์ระดับสารกลุ่ม BTEX ในร้านถ่ายเอกสารใต้อาคารเรียนรวมวิทยาศาสตร์ (ร.วท.) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ตลอดระยะเวลาการเปิดให้บริการ 8 ชั่วโมง ในช่วงที่มีการเรียนการสอนปกติ แสดงดังตารางที่ 1 และในช่วงการสอบ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ระดับสารกลุ่ม BTEX ในร้านถ่ายเอกสารช่วงการเรียนการสอนปกติ

วันที่	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)					
	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m-Xylene	p-Xylene	o-Xylene
1	4.848	36.781	ND*	3.056	1.001	1.001
2	2.749	36.903	ND	5.076	1.005	1.375
3	3.813	40.142	ND	5.084	1.006	1.377
4	3.816	23.638	ND	3.074	2.067	1.007
5	0.955	1.008	ND	0.955	0.000	0.371
เฉลี่ย	3.236	27.694	ND	3.449	1.016	1.026
S.D.	1.476	16.209	ND	1.720	0.731	0.411

* ND หมายถึง Not detected

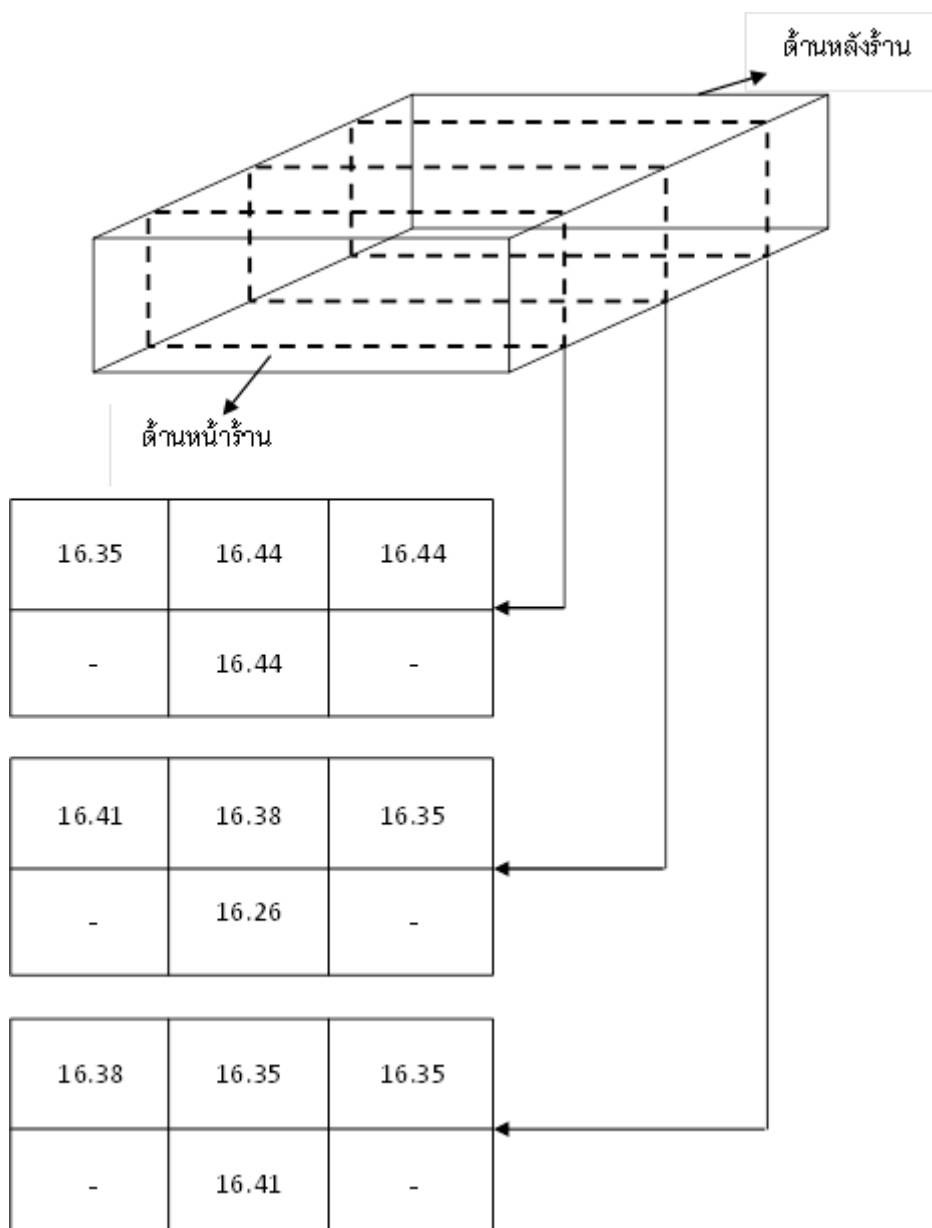
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ระดับสารกลุ่ม BTEX ในร้านถ่ายเอกสารช่วงการสอบ

วันที่	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)					
	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m-Xylene	p-Xylene	o-Xylene
1	3.170	30.534	ND*	4.120	2.060	3.117
2	2.233	25.573	ND	4.355	2.178	2.178
3	3.353	35.653	ND	5.476	3.297	3.297
4	2.118	28.491	ND	4.131	2.065	2.065
5	3.183	30.660	ND	5.198	2.069	3.130
เฉลี่ย	2.811	30.182	ND	4.656	2.334	2.757
S.D.	0.586	3.687	ND	0.637	0.541	0.586

* ND หมายถึง Not detected

การระบายอากาศภายในร้านถ่ายเอกสาร

ผลการตรวจวัดการระบายอากาศภายในร้านถ่ายเอกสาร (มีหน่วยเป็น เมตร/นาติ) แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผลการตรวจวัดการระบายอากาศในร้านถ่ายเอกสาร

ผลจากแบบสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับสุขภาพ

ผลการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับสุขภาพจากการทำงานในร้านถ่ายเอกสารของพนักงานทั้ง 2 คน
แสดงดังตารางที่ 9

รายละเอียด	พนักงานหญิง	พนักงานชาย
------------	-------------	------------

อายุ (ปี)	40 ปี	50 ปี
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	72 กิโลกรัม	81 กิโลกรัม
ลักษณะงานที่ทำ	มีหน้าที่ถ่ายเอกสาร เย็บเล่มเอกสาร และซ่อมบำรุงเอกสารต่างๆ	มีหน้าที่ถ่ายเอกสาร เย็บเล่มเอกสาร และซ่อมบำรุงเอกสารต่างๆ รวมถึงเป็น รปภ. ของมหาวิทยาลัย
การเปลี่ยนถ่ายผงหมึกพิมพ์	ไม่สวมถุงมือหรือหน้ากากป้องกันสารเคมี	ไม่สวมถุงมือหรือหน้ากากป้องกันสารเคมี
ช่วงระยะเวลาการทำงาน	8 ชั่วโมงต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์	3-4 ชั่วโมงต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์
อายุงาน	25 ปี	25 ปี
โรคประจำตัว	โรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท	โรคไขมันในเส้นเลือด โรคเบาหวาน และโรคความดัน
ปัญหาสุขภาพที่พบ	มีอาการระคายเคืองผิวหนัง ไอจาม ระคายคอ ง่วง ปวดศีรษะ และแสบจมูก เป็นครั้งคราวในระหว่างปฏิบัติงาน	มีอาการคลื่นไส้อาเจียนและง่วง เป็นบางครั้ง ในระหว่างปฏิบัติงาน

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม BTEX ในร้านถ่ายเอกสาร

ผลการวิเคราะห์ระดับสารกลุ่ม BTEX ที่ได้จากหัวข้อ 4.1 นำมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสของพนักงานในร้านถ่ายเอกสาร ซึ่งมีจำนวน 2 คน โดยเป็นเพศชาย 1 คนและเพศหญิง 1 คน รายละเอียดเกี่ยวกับพนักงานทั้ง 2 คน แสดงดังตารางที่ 9 ในการคำนวณใช้ค่าเวลาในการสัมผัสต่อวันเฉลี่ยเท่ากับ 6 ชั่วโมง (เพศชาย 4 ชั่วโมงต่อวัน เพศหญิง 8 ชั่วโมงต่อวัน) และใช้ค่าช่วงระยะเวลาการได้รับสัมผัสเท่ากันคือ 25 ปี

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม BTEX ของพนักงาน ในช่วงการเรียนการสอนปกติ

สารกลุ่ม BTEX	ความเข้มข้น (mg/m ³)	ปริมาณสารที่ได้รับต่อวัน (mg/m ³)		การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง	
		กรณีเป็นสารก่อมะเร็ง	กรณีเป็นสารไม่ก่อมะเร็ง	ความเสี่ยงต่อการก่อมะเร็ง (CR) (คนต่อสิบล้านคน)	ความเสี่ยงต่อการไม่ก่อมะเร็ง (HQ)
Benzene	3.24×10^{-3}	1.18×10^{-4}	3.30×10^{-4}	34.21	110.09×10^{-4}
Toluene	27.69×10^{-3}	-	28.26×10^{-4}	-	5.65×10^{-4}
Xylene	5.49×10^{-3}	-	5.60×10^{-4}	-	56.04×10^{-4}
Hazard index(HI _{BTEX})					0.02

หมายเหตุ

1. ค่าที่ยอมรับได้สำหรับความเสี่ยงต่อการไม่ก่อมะเร็งคือ HQ หรือ HIBTEX < 1
2. ค่าความถี่ในการได้รับสัมผัสที่ใช้ในการคำนวณหาค่าปริมาณสารที่ได้รับต่อวันคิดได้จากค่าความถี่ (วัน/ปี) = จำนวนวันที่เปิดภาคการศึกษา (วัน/ปี) – จำนวนวันหยุดราชการช่วงเปิดภาคการศึกษา (วัน/ปี) – จำนวนวันหยุดสุดสัปดาห์ช่วงเปิดภาคการศึกษา (วัน/ปี) – จำนวนวันสอบกลางภาคการศึกษา (วัน/ปี) – จำนวนวันสอบปลายภาคการศึกษา (วัน/ปี) = (8 เดือน x 30 วัน/เดือน) – 4 วัน/ปี – (8 เดือน x 2 วัน/สัปดาห์ x 4 สัปดาห์/เดือน) – 9 วัน/ปี – 14 วัน/ปี = 149 วัน/ปี

ตารางที่ 11 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม BTEX ของพนักงาน ในช่วงการสอบ

สารกลุ่ม BTEX	ความเข้มข้น (mg/m ³)	ปริมาณสารที่ได้รับต่อวัน (mg/m ³)		การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง	
		กรณีเป็นสารก่อมะเร็ง	กรณีเป็นสารไม่ก่อมะเร็ง	ความเสี่ยงต่อการก่อมะเร็ง (CR) (คนต่อสิบล้านคน)	ความเสี่ยงต่อการไม่ก่อมะเร็ง (HQ)
Benzene	2.81×10^{-3}	1.58×10^{-5}	4.43×10^{-5}	4.59	147.63×10^{-4}
Toluene	30.18×10^{-3}	-	47.55×10^{-5}	-	9.51×10^{-4}
Xylene	9.75×10^{-3}	-	15.36×10^{-5}	-	153.55×10^{-4}
Hazard index(HI _{BTEX})					0.003

หมายเหตุ

1. ค่าที่ยอมรับได้สำหรับความเสี่ยงต่อการไม่ก่อมะเร็งคือ HQ หรือ HIBTEX < 1
2. ค่าความถี่ในการได้รับสัมผัสที่ใช้ในการคำนวณหาค่าปริมาณสารที่ได้รับต่อวันคิดได้จากค่าความถี่ (วัน/ปี) = จำนวนวันสอบกลางภาคการศึกษา (วัน/ปี) + จำนวนวันสอบปลายภาคการศึกษา (วัน/ปี) = 9 วัน/ปี + 14 วัน/ปี = 23 วัน/ปี

ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม BTEX ในช่วงการเรียนการสอนปกติและช่วงการสอบ พบว่า พนักงานในร้านถ่ายเอกสาร มีโอกาสเป็นโรคมะเร็งจากการได้รับสัมผัสเบนซีนได้ค่อนข้างน้อย เนื่องจากมีค่าความเสี่ยงต่อการก่อมะเร็งเท่ากับ 34.21 และ 4.59 คนต่อสิบล้านคน ตามลำดับ

แต่จากผลสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับสุขภาพจากการทำงานในร้านถ่ายเอกสาร พบว่า พนักงานมีอาการระคายเคืองอวัยวะบางส่วน ไอจาม ปวดศีรษะ โดยอาการเหล่านี้เป็นอาการที่เกิดจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม BTEX ซึ่งกลับไม่สอดคล้องกับผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพข้างต้น มีโอกาสเป็นไปได้ที่อาการเหล่านี้ไม่ได้มีสาเหตุมาจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม BTEX โดยตรง ตัดว่าเกิดจากอะไรออกไป

4.5 การเปรียบเทียบผลการศึกษากับกรณีศึกษาของ Lee et al. (2006)

จากผลการศึกษา พบว่า ร้านถ่ายเอกสารตัวอย่างมีการปลดปล่อยโพลูอินในปริมาณสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารชนิดอื่นที่ทำการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lee et al. (2006) โดยได้ผลการศึกษาเป็นไปในแนวทางเดียวกัน ส่วนผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ศึกษาโดย Lee et al. (2006) ระบุไว้ว่า ร้านถ่ายเอกสารมีการปลดปล่อยสารกลุ่ม BTEX ในระดับที่ก่อให้เกิดมะเร็งและโรคอื่นๆ ต่อผู้ที่ได้รับสัมผัส ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากระดับสารกลุ่ม BTEX ที่ปลดปล่อยจากเครื่องถ่ายเอกสารในกรณีศึกษาของ Lee et al. (2006) มีปริมาณสูงกว่าผลการศึกษาในครั้งนี้มาก

สรุปผล

เครื่องถ่ายเอกสารเป็นอุปกรณ์ช่วยงานสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพ และยังจัดเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศต่างๆ ภายในอาคาร โดยเฉพาะสารกลุ่ม BTEX ที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการผ่านความร้อนเพื่อหลอมละลายผงหมึกให้ติดแน่นบนกระดาษ โดยผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่มดังกล่าวนี้ จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองบริเวณที่ได้รับสัมผัส ความผิดปกติต่อระบบประสาท นอกจากนี้เบนซินยังจัดเป็นสารก่อมะเร็ง ผลจากการศึกษาระดับสารกลุ่ม BTEX ในร้านถ่ายเอกสารตัวอย่าง พบว่า การเปิดให้บริการถ่ายเอกสารในช่วงการสอบปลายภาคการศึกษา มีการปลดปล่อยสารกลุ่ม BTEX ในระดับสูงกว่าการเปิดให้บริการในช่วงการเรียนการสอนปกติ เนื่องจากนักศึกษาส่วนใหญ่ต้องถ่ายเอกสารเพื่ออ่านเตรียมตัวในการสอบปลายภาคการศึกษา นอกจากนี้ ยังพบว่า มีการปลดปล่อยโพลูอินในระดับที่สูงที่สุดจากสารทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษา สำหรับการระบายอากาศภายในร้านถ่ายเอกสารที่ศึกษา ซึ่งได้จากการตรวจวัดค่าความเร็วลมพบว่า ความเร็วลมในแต่ละจุดภายในร้านถ่ายเอกสารค่อนข้างคงที่ โดยมีค่ามากพอที่จะช่วยในการระบายสารมลพิษต่างๆ ออกสู่ภายนอกได้

ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม BTEX ของพนักงานภายในร้านถ่ายเอกสารตัวอย่าง สามารถสรุปได้ว่า พนักงานในร้านถ่ายเอกสารทั้ง 2 คน มีโอกาสเป็นโรคมะเร็งได้ค่อนข้างน้อย ซึ่งจากผลสำรวจความคิดเห็นของพนักงานหญิง ไม่สอดคล้องกับผลที่ระบุถึงการแสดงอาการต่างๆ โดยเป็นไปได้ที่อาการเหล่านั้น มีสาเหตุมาจากการได้รับสัมผัสสารมลพิษชนิดอื่น ส่วนความเสี่ยงต่อการไม่ก่อมะเร็งของพนักงานชายนั้น มีความสอดคล้องกับผลสำรวจเกี่ยวกับสุขภาพที่ระบุเพียงอาการคลื่นไส้ อาเจียนเท่านั้น เนื่องจากในแต่ละวัน พนักงานชายจะปฏิบัติงานในร้านถ่ายเอกสารเพียงระยะเวลาไม่นาน ซึ่งเป็นไปได้ที่อาการนี้ มีสาเหตุมาจากการได้รับสัมผัสสารมลพิษชนิดอื่นได้เช่นเดียวกัน

สำหรับแนวทางในการลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม BTEX นั้นสามารถกระทำได้ทั้งการลดที่แหล่งกำเนิด เช่น เลือกใช้หมึกพิมพ์ที่มีสารกลุ่ม BTEX เป็นองค์ประกอบน้อยที่สุด โดยในปัจจุบัน มีหมึกที่ทำจากน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งมีสารกลุ่ม BTEX เป็นองค์ประกอบน้อยมาก (ไอไอเค, 2552) ส่วนการลดผลกระทบที่ตัวผู้รับ ได้แก่ การสวมหน้ากากป้องกันสารเคมีในขณะปฏิบัติงาน หรือหลีกเลี่ยงการได้รับสัมผัสเป็นเวลานาน หรือสวมถุงมือขณะเปลี่ยนถ่ายหมึกพิมพ์

จากผลการศึกษาข้างต้น มีความเป็นไปได้ค่อนข้างยากที่จะควบคุมปัจจัยในเรื่องของพฤติกรรมการทำงานของพนักงานในร้านถ่ายเอกสาร เนื่องจากพฤติกรรมการทำงานของแต่ละบุคคลนั้น มีความแตกต่างกันออกไป บางคนอาจมีการป้องกันตัวเองจากการได้รับสัมผัสมลสารในระหว่างปฏิบัติงาน ในขณะที่บาง

คนกลับไม่มีการป้องกันตัวเอง การศึกษาข้างต้น จึงเป็นเพียงการกล่าวถึงโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดโรคต่างๆ ในระหว่างการปฏิบัติงาน ซึ่งจะเกิดขึ้นได้หรือไม่ ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการป้องกันของแต่ละบุคคลด้วย

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- เกรียงศักดิ์ อุทุมสินโรจน์. (2546). ของเสียอันตราย.มหาวิทยาลัยรังสิต. กรุงเทพฯ. หน้า650.
- กณิดา ธนเจริญชนภาส. (2554). มลสารและสภาวะแวดล้อมในอาคารและผลกระทบต่อสุขภาพ. [Online].
แหล่งที่มา: <http://www.agi.nu.ac.th/webvj/.../indoor%20air%20pollution%20-VOC.doc>. 10 กรกฎาคม 2554
- กรมควบคุมมลพิษ. (2555). ปริมาณต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถวิเคราะห์ได้ (Instrument Quantitation Limit; IQL). (จากการใช้งานจริง).
- กองอาชีวอนามัย. (2554). อันตรายจากการทำงานจากเครื่องถ่ายเอกสาร. [Online].
แหล่งที่มา: <http://cwweb.tu.ac.th/oth/org/rangsit/Data/1190837791.pdf>. 25 พฤศจิกายน 2554
- ปาจร่า โพธิ์หัง.(2551). ภัยจากเครื่องถ่ายเอกสาร. [Online]. แหล่งที่มา:
http://www.uniserv.buu.ac.th/forum2/topic.asp?TOPIC_ID=2502. 8 กรกฎาคม 2554
- พงศ์เทพ วิวรรณเดชะ. (2547). การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Health risk assessment). ภาควิชา
เวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. หน้า 27.
- มลิวรรณ บุญเสนอ. (2544). พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม.โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร. หน้า152.
- มลิวรรณ บุญเสนอ. (ไม่ระบุปีที่พิมพ์). การวัดการระบายอากาศ. ในเอกสารประกอบการสอน
รายวิชา 516 381 ปฏิบัติการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.
มหาวิทยาลัยมหิดล.(2555). เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ศูนย์เครื่องมือกลาง (SCIF). [Online].
แหล่งที่มา: http://www.mb.mahidol.ac.th/www/uploads/smartsection/198_198_2_Gas_Chromatography.pdf. 30 มีนาคม 2555
- วรรณ เลาวกุล. (2552). การเก็บตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายด้วยเทคนิคคานิสเตอร์.
[Online].แหล่งที่มา: <http://www.ertc.deqp.go.th/ern/index.php/2009-09-01-17-23-49/41-2009-09-01-16-38-23/63-voc>. 6 เมษายน 2555
- วิญญูจิตสัมพันธ์เวช. (2550). เทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณสาร BTEX จากอุปกรณ์เก็บอากาศแบบ
พาสซีฟ.วารสารวิจัยและพัฒนาจร, 30(4): 635.
- วิวัฒน์ เอกบูรณวัฒน์. (2554). ค่ามาตรฐานของสาร BTEX ในสถานที่ทำงาน. [Online].
แหล่งที่มา: <http://www.thaitox.com>. 5 กันยายน 2554

ภาษาต่างประเทศ

- Brown, S.K. (1999). Assessment of pollutant emissions from dry process photocopiers.
International journal of indoor environment and health, 9(4): 259-267.
- Caselli, M., Gennaro, G.D., Marzocca, A., Trizio, L., Tutino, M. (2010). Assessment of the impact

- of the vehicular traffic on BTEX concentration in ring roads in urban areas of Bari (Italy). *Chemosphere*, 81: 306-311.
- ERTC. (2012). การวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่ม BTX. (จากการใช้งานจริง).
- Hsu, D.J., Huang, H.L., Chien, C.H. and Lin, T.S. (2005). Potential exposure to VOCs caused by dry process photocopiers: results from a chamber study. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 75(6): 1150-1155.
- Hsu, D.J., Huang, H.L., Lin, H.Y. and Lin, T.S. (2006). Potential volatile organic compound exposure from dry process photocopiers in operation-idle mode. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 76(6): 922-929.
- Kolluru, R.V., Bartell S.M., Pitblado R.M. and Stricoff R.S. (1996). Risk assessment and management handbook. R.R. Donnelley & Sons company, USA. pp. 4.9-4.29.
- Lee, C.W. and Hsu, D.J. (2007). Measurements of fine and ultrafine particles formation in photocopy centers in Taiwan. *Atmospheric environment*, 41(31): 6598-6609.
- Lee, C.W., Dai, Y.T., Chien, C.H. and Hsu, D.J. (2006). Characteristics and health impacts of volatile organic compounds in photocopy centers. *Environmental research*, 100(2): 139-149.
- Lee, S.C., Lam, S. and Fai, H.K. (2001). Characterization of VOCs, ozone and PM₁₀ emissions from office equipment in an environmental chamber. *Building and environment*, 36(7): 837-842.
- Ouroboros. (2010). กลไกของเครื่องถ่ายเอกสาร. [Online].
แหล่งที่มา: <http://www.vcharkarn.com/varticle/41703>. 10 กันยายน 2554
- Smith, S. (2003). What is a VOC and what is its role?, Australia. [Online]. Available: http://www.members.optusnet.com.au/printing_with_chemistry/Articles/Voc1.html. October 10, 2011.
- Thanacharoenchanaphas, K., Changsuphan, A., Nimnual, R., Thongsri, T., Phetkasem, S. and Lertkanawanitc. (2007). Investigation of BTEX and ozone concentrations in a printing facility in Bangkok, Thailand. [Online]. Available: <http://www.thefreelibrary.com/Investigation+of+BTEX+and+ozone+concentrations+in+a+printing+facility...-a0172134726>. October 21, 2011.
- United Stated Environmental Protection Agency.(1991). Ethylbenzene (CASRN 100-41-4). Integrated risk information system, USA. [Online]. Available: <http://www.epa.gov/iris/subst/0051.htm>. October 21, 2011.

United States Environmental Protection Agency.(2003). Benzene (CASRN 71-43-2). Integrated risk information system, USA. [Online]. Available:

<http://www.epa.gov/iris/subst/0276.htm#refinhal>. October 21, 2011.

United States Environmental Protection Agency.(2003). Xylenes (CASRN 1330-20-7).

Integrated risk information system, USA. [Online]. Available:

<http://www.epa.gov/iris/subst/0270.htm>. October 21, 2011.

United States Environmental Protection Agency.(2005). Toluene (CASRN 108-88-3). Integrated risk information system, USA. [Online]. Available:

<http://www.epa.gov/iris/subst/0118.htm>. October 21, 2011.