

การศึกษาระดับการรับสัมผัสสารสไตรีนในผู้ได้รับผลกระทบ กรณีเหตุเพลิงไหม้ โรงงานเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร Study of Styrene Exposure Levels in Individuals Affected by a Fire at a Furniture Factory in Bangkok

ณัฐพงศ์ แผละหมั่น*, เอนก มุ่งอ้อมกลาง, ฉันทนา ผดุงทศ, ชลณิกานต์ สายแก้ว, กุลริศา กันทะมั่ง,
ภัคจิรา ริมดูลิต, สุทธิเนตร วรรณตรง

Nuttapong Laemun*, Anek Mungaomklang, Chantana Padungtod, Chonnikarn Saikaew, Kulrisa Kuntamung,
Pakjira Rimdusit, Suttinate Wannatrong
กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข

Department of Disease Control, Ministry of Public Health

*Corresponding author: laemunnn@gmail.com

Received: June 18, 2026 Revised: August 24, 2026 Accepted: August 24, 2026

Abstract

A fire at a furniture factory generated air pollution that could affect response personnel and residents in the surrounding area. This study aimed to assess styrene exposure after the fire by measuring airborne styrene and urinary mandelic acid plus phenylglyoxylic acid (MA+PGA) levels, and to examine the association between distance from the fire site and urinary MA+PGA levels. This analytical cross-sectional study collected urine samples from 101 participants within 24 hours after the incident, of whom 94 had interpretable MA+PGA results; 27 of these participants underwent repeat testing two months later. Air-quality monitoring and health interviews were also conducted. Airborne styrene was detected during the early phase of the incident but was not detected during subsequent monitoring. Among the 94 participants with interpretable results within 24 hours, 48 (51.06%) had MA+PGA concentrations ≥ 150 mg/g Cr. Among the 27 participants with results available at both time points, the median MA+PGA concentration decreased from 327.27 mg/g Cr (IQR: 233.76–518.36) to 12.60 mg/g Cr (IQR: 2.50–119.23), representing a statistically significant difference ($p < 0.001$). Participants located < 300 m and ≥ 300 m from the fire site had median MA+PGA concentrations of 188.11 and 108.39 mg/g Cr, respectively, with no statistically significant difference between the groups ($p = 0.799$). These findings suggest that urinary MA+PGA testing may provide supplementary information for individual exposure assessment when used alongside airborne styrene monitoring and post-fire health surveillance.

Keywords : Styrene, Health effects, Biomarker, Factory Fire

บทคัดย่อ

เหตุเพลิงไหม้โรงงานเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศที่อาจส่งผลกระทบต่อเจ้าหน้าที่และประชาชนในพื้นที่โดยรอบ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการรับสัมผัสสารสไตรีนภายหลังเหตุเพลิงไหม้ โดยตรวจวัดสไตรีนในอากาศร่วมกับการตรวจวัดตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ ได้แก่ mandelic acid plus phenylglyoxylic acid (MA+PGA) ในปัสสาวะ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างจากจุดเกิดเหตุกับระดับ MA+PGA ในปัสสาวะ เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวางเชิงวิเคราะห์ เก็บตัวอย่างปัสสาวะภายใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดเหตุ จำนวน 101 ราย โดยสามารถวิเคราะห์และแปลผล MA+PGA ได้ 94 ราย และติดตามตรวจซ้ำจากบุคคลเดิมหลังเหตุการณ์ 2 เดือน จำนวน 27 ราย ร่วมกับการตรวจวัดคุณภาพอากาศและการสัมภาษณ์ข้อมูลสุขภาพ ผลการศึกษาพบสไตรีนในอากาศช่วงแรกของเหตุการณ์ก่อนลดลงจนไม่พบในการตรวจวัดช่วงเวลาต่อมา ในผู้ผลตรวจ MA+PGA ภายใน 24 ชั่วโมง จำนวน 94 ราย พบผู้มีระดับ MA+PGA ตั้งแต่ 150 mg/g Cr จำนวน 48 ราย (ร้อยละ 51.06) สำหรับผู้ที่มีผลตรวจครบทั้งสองครั้ง จำนวน 27 ราย ค่ามัธยฐานของ MA+PGA ลดลงจาก 327.27 mg/g Cr (IQR: 233.76–518.36) เป็น 12.60 mg/g Cr (IQR: 2.50–119.23) โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) กลุ่มที่อยู่ห่างจากจุดเกิดเหตุ <300 เมตร และ ≥ 300 เมตร มีค่ามัธยฐานของ MA+PGA เท่ากับ 188.11 และ 108.39 mg/g Cr ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.799$) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการตรวจ MA+PGA ในปัสสาวะอาจใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินการรับสัมผัสระดับบุคคลร่วมกับการตรวจวัดสไตรีนในอากาศและการเฝ้าระวังสุขภาพภายหลังเหตุเพลิงไหม้

คำสำคัญ : สไตรีน, ผลกระทบต่อสุขภาพ, ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ, เพลิงไหม้โรงงาน

บทนำ

เหตุเพลิงไหม้ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นอุบัติเหตุที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน สิ่งแวดล้อม และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่และประชาชนในพื้นที่โดยรอบ ปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญเกิดจากการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดจากการเผาไหม้หรือการสลายตัวด้วยความร้อนของวัสดุที่ใช้ในกระบวนการผลิต สารกลุ่มนี้สามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมและเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ผ่านหลายช่องทาง ส่งผลให้เกิดการระคายเคืองต่อดวงตาและระบบทางเดินหายใจ รวมถึงอาการผิดปกติทางระบบประสาทและอาจนำไปสู่ผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวได้ ในช่วงปี พ.ศ. 2563–2567 ประเทศไทยมีรายงานอุบัติเหตุจากสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับเหตุเพลิงไหม้รวม 156 ครั้ง โดยร้อยละ 59.62 เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรม เหตุการณ์เหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความปลอดภัยของประชาชนในวงกว้างและจำเป็นต้องมีการสอบสวนและเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพอย่างเป็นระบบ⁽¹⁾ ตัวอย่างเหตุการณ์สำคัญ ได้แก่ เหตุเพลิงไหม้โรงงานผลิตเม็ดโฟมและพลาสติกใน พ.ศ. 2564 ซึ่งมีรายงานการตรวจพบสารสไตรีนโมโนเมอร์และสารอินทรีย์ระเหยง่ายหลายชนิดในระดับที่สูงเกินค่ามาตรฐาน ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศและสุขภาพของประชาชนในพื้นที่โดยรอบ⁽²⁾ เหตุการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการประเมินความเสี่ยงจากสารเคมีที่ปลดปล่อยจากกระบวนการเผาไหม้ของวัสดุสังเคราะห์ในโรงงานอุตสาหกรรม

จากเหตุเพลิงไหม้โรงงานเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง เมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2568 กรมควบคุมโรค โดยกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ได้รับแจ้งเหตุและจัดตั้งทีมปฏิบัติการสอบสวน (Joint Investigation Team: JIT) ลงพื้นที่ประเมิน

สถานการณ์และผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่โดยรอบ โดยดำเนินการตรวจคัดกรองสุขภาพ ณ ศูนย์อพยพ พบว่าประชาชนในพื้นที่โดยรอบได้รับผลกระทบจากกลิ่นสารเคมีและควันไฟ และจากการตรวจวัดมลพิษในอากาศ ณ ศูนย์อพยพซึ่งห่างจากจุดเกิดไฟไหม้ 300 เมตร พบสารสไตรีน (Styrene) ในอากาศ ซึ่งสันนิษฐานว่าเกิดจากการเผาไหม้หรือการสลายตัวด้วยความร้อนของผลิตภัณฑ์และวัตถุดิบประเภทพลาสติกภายในโรงงาน สไตรีนเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกและพอลิเมอร์หลายประเภท การรับสัมผัสสารสไตรีนในระยะสั้นหรือในระดับความเข้มข้นสูงสามารถก่อให้เกิดพิษเฉียบพลัน เช่น การระคายเคืองของเยื่อปอด ตา และระบบทางเดินหายใจ ขณะที่การได้รับสัมผัสสไตรีนในระยะยาวอาจก่อให้เกิดพิษเรื้อรังต่อระบบประสาทส่วนกลาง^(2, 3) นอกจากนี้ องค์การระหว่างประเทศเพื่อการวิจัยโรคมะเร็ง (International Agency for Research on Cancer: IARC) ได้จัดให้สไตรีนอยู่ในกลุ่ม 2A หรือสารที่อาจก่อมะเร็งในมนุษย์ โดยพบว่าการรับสัมผัสสารดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับมะเร็งระบบเลือดและน้ำเหลือง^(4, 5) เหตุการณ์เพลิงไหม้ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารสไตรีนอาจยังคงอยู่ถึงแม้สามารถควบคุมเพลิงไหม้ได้แล้ว เจ้าหน้าที่และประชาชนอาจยังมีความเสี่ยงจากมลพิษที่หลงเหลืออยู่หรือจากการปฏิบัติงานในพื้นที่ จึงจำเป็นต้องตรวจวัดสิ่งแวดล้อมและเฝ้าระวังสุขภาพภายหลังเหตุการณ์ อย่างไรก็ตาม ที่ผ่านมาการประเมินผลกระทบจากเหตุเพลิงไหม้ในหลายกรณียังคงมุ่งเน้นการตรวจวัดมลพิษทางอากาศและการประเมินด้านสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก ขณะที่ข้อมูลเกี่ยวกับการรับสัมผัสสารเคมีของเจ้าหน้าที่และประชาชนโดยตรง รวมถึงการติดตามผลในระยะหลังเหตุการณ์ยังมีอยู่อย่างจำกัด การประเมิน

โดยอาศัยข้อมูลสิ่งแวดล้อมเพียงอย่างเดียวอาจไม่สะท้อนระดับการรับสัมผัสของแต่ละบุคคล ซึ่งได้รับอิทธิพลจากพฤติกรรมระยะเวลา และรูปแบบการสัมผัสที่ต่างกัน ดังนั้น การตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarkers) จึงอาจใช้เป็นส่วนหนึ่งของการเฝ้าระวังสุขภาพจากการรับสัมผัสสารสไตรีน โดยสารเมแทบอไลต์ในปัสสาวะ ได้แก่ mandelic acid plus phenylglyoxylic acid (MA+PGA) เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการสัมผัส (biomarker of exposure) ที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายจากหน่วยงานต่าง ๆ เช่น Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) และสามารถสะท้อนระดับการรับสัมผัสในช่วง 13-30 ชั่วโมงที่ผ่านมาได้อย่างเหมาะสม⁽⁵⁻⁷⁾ ช่องทางหลักที่สารสไตรีนเข้าสู่ร่างกายคือทางการหายใจ โดยร้อยละ 60-70 ที่ได้รับทางการหายใจจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดอย่างรวดเร็ว แล้วกระจายไปยังเนื้อเยื่อที่มีไขมันสูง รวมถึงสมอง ทั้งนี้ เอนไซม์ cytochrome P450 2E1 (CYP2E1) ซึ่งเป็นกลุ่มเอนไซม์หลักในตับทำหน้าที่เผาผลาญ (Metabolize) สารพิษที่เข้าสู่ร่างกาย โดยจะออกซิไดซ์สไตรีนให้กลายเป็นสไตรีน-7,8-ออกไซด์ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อดีเอ็นเอ รวมทั้งทำให้เกิดการอักเสบและความเสียหายของเซลล์ และร่างกายจะขับสารเหล่านี้ออกมาในรูปของ MA+PGA ในปัสสาวะ⁽⁸⁾ นอกจากนี้ การติดตามระดับตัวบ่งชี้ทางชีวภาพภายหลังเหตุการณ์ยังเป็นการประเมินแนวโน้มการลดลงของการรับสัมผัส

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินการรับสัมผัสสารสไตรีนของเจ้าหน้าที่และประชาชนภายหลังเหตุเพลิงไหม้โรงงานเฟอร์นิเจอร์ โดยการใช้การตรวจวัดความเข้มข้นสารสไตรีนในอากาศร่วมกับการตรวจวัดตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของสไตรีน คือ mandelic acid plus phenylglyoxylic acid (MA+PGA) ในปัสสาวะ
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างจากจุดเกิดเหตุกับระดับความเข้มข้นของ MA+PGA ในปัสสาวะ

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวางเชิงวิเคราะห์ (analytical cross-sectional study) ดำเนินการระหว่างเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม พ.ศ. 2568 ในพื้นที่ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร บริเวณโรงงานเฟอร์นิเจอร์ที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ ศูนย์อพยพ โรงเรียน และชุมชนโดยรอบพื้นที่เกิดเหตุ โดยใช้แอปพลิเคชัน ERG2024 (Emergency Response Guidebook 2024)⁽⁹⁾ ประกอบการพิจารณาขอบเขตพื้นที่ที่ตอบโต้เหตุฉุกเฉินเบื้องต้น สำหรับสาร Styrene monomer, stabilized (UN 2055; Guide 128 – Flammable Liquids, Water-Immiscible) ซึ่งระบุระยะกั้นพื้นที่อันตราย (isolation distance) ขั้นต่ำ 50 เมตร

โดยรอบจุดเกิดเหตุ ระยะอพยพกรณีมีการรั่วไหลปริมาณมาก (large spill) อย่างน้อย 300 เมตรตามทิศทางลม และระยะอพยพกรณีเพลิงไหม้ถึงหรือยานพาหนะขนส่งสารเคมี (fire) 1 กิโลเมตรโดยรอบ การศึกษานี้จึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมระยะตั้งแต่ไม่เกิน 300 เมตร ไปจนถึงระยะห่างมากกว่า 1 กิโลเมตรจากพื้นที่เกิดเพลิงไหม้ ตามแนวทางของ ERG2024

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษา ได้แก่ เจ้าหน้าที่และประชาชนที่มีโอกาสได้รับสัมผัสควันหรือสารเคมีจากเหตุเพลิงไหม้โรงงานเฟอร์นิเจอร์ในพื้นที่ศึกษา ส่วนกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เจ้าหน้าที่และประชาชนที่เข้ารับการตรวจคัดกรองสุขภาพ ณ ศูนย์อพยพภายหลังเกิดเหตุ และมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 133 ราย โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) จากผู้ที่มีโอกาสได้รับสัมผัสควัน กลิ่น หรือสารเคมีจากการเผาไหม้ในช่วงเกิดเหตุ

เกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion criteria) ได้แก่

- 1) พนักงานดับเพลิงหรือทีมกู้ภัยที่ปฏิบัติงานในพื้นที่เกิดเหตุ
- 2) ครูหรือเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบหรือพื้นที่ศูนย์อพยพ หรือ
- 3) ประชาชนที่อาศัยหรือปฏิบัติงานในพื้นที่โดยรอบจุดเกิดเหตุในระยะไม่เกิน 3 กิโลเมตร โดยเป็นผู้ที่มีโอกาสได้รับสัมผัสควัน กลิ่น หรือสารเคมีจากการเผาไหม้ในช่วงเกิดเหตุ และเข้ารับการตรวจคัดกรองสุขภาพ และ
- 4) สมัครใจเข้าร่วมการตรวจคัดกรองสุขภาพและให้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการศึกษา

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) ได้แก่

- 1) ให้ข้อมูลสำคัญสำหรับการศึกษามาก่อนจนไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ หรือ
- 2) ไม่สามารถระบุข้อมูลเกี่ยวกับการรับสัมผัสหรือระยะห่างจากจุดเกิดเหตุที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

- 1) แบบสอบถาม ใช้แบบสอบถามมาตรฐานของกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค ใช้ในการสอบสวนและคัดกรองสุขภาพจากเหตุฉุกเฉินด้านสารเคมี แบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและพฤติกรรมสุขภาพ ส่วนที่ 2 ประวัติการเจ็บป่วย ส่วนที่ 3 ประวัติการสัมผัสควันจากเหตุเพลิงไหม้และการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE) ได้แก่ หน้ากากชนิดมีไส้กรองแบบเปลี่ยนได้ หน้ากาก N95 หน้ากากชนิดมีชั้นกรองถ่านกัมมันต์ และหน้ากากอนามัย และส่วนที่ 4 อาการผิดปกติ

ภายหลังการสัมผัสและการได้รับความช่วยเหลือ

2) เครื่องตรวจวัดสารเคมีในอากาศ เป็นเครื่องตรวจวัดแบบอ่านค่าโดยตรงด้วยหลักการ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ยี่ห้อ Gasmet รุ่น GT5000 Terra ประเทศฟินแลนด์ เครื่องมือได้รับการสอบเทียบตามเกณฑ์ที่กำหนดปีละ 1 ครั้ง โดยสอบเทียบครั้งสุดท้ายเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2567 ใช้สำหรับตรวจวัดสารเคมีในอากาศที่คาดว่าจะอาจเกิดจากการเผาไหม้ได้แก่ สไตรีน โทลูอิน เมทานอล ไฮโดรเจนไซยาไนด์ ฟอร์มาลดีไฮด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยรายงานผลเป็นหน่วยส่วนในล้านส่วน (parts per million; ppm)

สำหรับการตรวจวัด ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ($PM_{2.5}$) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดของกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม โดยตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศชนิดอ่านค่าได้ทันที ด้วยหลักการ light-scattering laser photometer ยี่ห้อ TSI รุ่น 8534 ประเทศสหรัฐอเมริกา เครื่องมือได้รับการสอบเทียบตามเกณฑ์ที่กำหนดปีละ 1 ครั้ง โดยสอบเทียบครั้งสุดท้ายเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2567 ใช้สำหรับตรวจวัด PM_{10} และ $PM_{2.5}$ และเครื่องวัดสารอินทรีย์ระเหย ยี่ห้อ Honeywell รุ่น MiniRAE 3000 PGM-7320 ประเทศสหรัฐอเมริกา เครื่องมือได้รับการสอบเทียบตามเกณฑ์ที่กำหนดปีละ 1 ครั้ง โดยสอบเทียบครั้งสุดท้ายเมื่อวันที่ 18 ตุลาคม 2567 และนำผลการตรวจวัดมาใช้ในการประกอบการประเมินคุณภาพอากาศภายหลังเหตุเพลิงไหม้

3) เครื่องมือสำหรับตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างชีวภาพ ตัวอย่างปัสสาวะถูกนำมาวิเคราะห์สาร MA+PGA ซึ่งเป็นสารเมแทบอไลต์ของสไตรีน และรายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัมครีเอตินิน (mg/g Cr) โดยตัวอย่างปัสสาวะถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Dionex UltiMate 3000, Thermo Scientific) ร่วมกับตัวตรวจวัดชนิด UV-Visible Detector ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ใช้เฟสคงที่เป็นคอลัมน์ Ultra-Aqueous C18 (5 μ m, 250 $\times$ 4.6 mm; Restek, USA) และใช้เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยสารละลาย 0.01 โมลาร์ โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ผสมเตตราไฮโดรฟิวแรน อัตราส่วน 9:1 โดยปริมาตร (v/v)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลภายหลังเกิดเหตุเพลิงไหม้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม ดำเนินการตรวจคัดกรองสุขภาพเจ้าหน้าที่และประชาชน ณ ศูนย์อพยพ โดยเก็บข้อมูลทั่วไป พฤติกรรมสุขภาพ ประวัติการเจ็บป่วย ประวัติการสัมผัสควันจากเหตุเพลิงไหม้ การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัย

ส่วนบุคคล อาการผิดปกติภายหลังการสัมผัส และการได้รับความช่วยเหลือ มีผู้เข้ารับการตรวจคัดกรองและให้ข้อมูลจำนวน 133 ราย

2) การตรวจวัดคุณภาพอากาศ ดำเนินการตรวจวัดสารเคมีในอากาศในพื้นที่เป้าหมายที่คาดว่าเจ้าหน้าที่และประชาชนอาจได้รับสัมผัส จำนวน 3 จุด ได้แก่ ศูนย์อพยพ โรงเรียนในพื้นที่และบริเวณรั้วโรงงานเฟอร์นิเจอร์ที่เกิดเหตุเพลิงไหม้

3) การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ ดำเนินการในกลุ่มเป้าหมายที่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสสารสไตรีน จำนวน 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ครั้งที่ 1 วันที่ 13 พฤษภาคม 2568 ภายใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดเหตุเพลิงไหม้ เก็บตัวอย่างปัสสาวะได้ จำนวน 101 ราย และสามารถวิเคราะห์และแปลผลระดับ MA+PGA ได้ จำนวน 94 ราย เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 7 ราย มีค่า Cr ในปัสสาวะไม่สมบูรณ์ (Cr ไม่อยู่ในช่วง 0.3-3.0 g/l)⁽¹⁰⁾ ทั้งนี้ ไม่สามารถระบุระยะเวลาหลังสิ้นสุดการรับสัมผัสของแต่ละบุคคลได้อย่างชัดเจน และครั้งที่ 2 วันที่ 13 กรกฎาคม 2568 ประมาณ 2 เดือนภายหลังเหตุการณ์ สามารถเก็บตัวอย่างซ้ำจากบุคคลเดิมได้ 27 ราย เนื่องจากผู้เข้าร่วมบางส่วนไม่สามารถติดตามได้ และบางส่วนมีปัจจัยรบกวนจากการรับสัมผัสสไตรีนจากแหล่งอื่น สำหรับการแปลผลระดับ MA+PGA ใช้ค่า 150 mg/g Cr ซึ่งอ้างอิงจาก Biological Exposure Index (BEI) ของ American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)⁽¹⁰⁾ โดยจำแนกเป็น <150 mg/g Cr และ $\geq$ 150 mg/g Cr

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics software (PASW Statistics for Windows, Version 18.0. Chicago: SPSS Inc; 2009; spss-mu.mahidol) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ดังนี้ 1) สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่ามัธยฐาน และพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ 2) Shapiro-Wilk test ตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูล พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นปกติจึงเลือกใช้สถิติแบบไม่อิงพารามิเตอร์ (non-parametric statistics) 3) Wilcoxon signed-rank test เปรียบเทียบระดับ MA+PGA ระหว่างสองช่วงเวลาในกลุ่มตัวอย่างที่มีการตรวจซ้ำ 4) Mann-Whitney U test เปรียบเทียบระดับ MA+PGA ระหว่างกลุ่ม 5) Chi-square test วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ MA+PGA ที่จำแนกตามเกณฑ์อ้างอิงกับระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ และ 6) Fisher's exact test ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ MA+PGA ที่จำแนกตามเกณฑ์อ้างอิงกับการสวมใส่ PPE

จริยธรรมการวิจัย

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการสอบสวน

ควบคุมโรคตามมาตรฐานการเฝ้าระวัง สอบสวน ควบคุมโรคและ ภัยสุขภาพ ได้รับการยกเว้นพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ กรมควบคุมโรค ทั้งนี้ การนำเสนอผลการศึกษาคำนึงถึงและเคารพ หลักจริยธรรมการวิจัย โดยนำเสนอข้อมูลในภาพรวมเพื่อประโยชน์ ทางวิชาการ และไม่นำเสนอข้อมูลที่สามารถระบุตัวตนของผู้เข้าร่วมการศึกษาได้

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไป

สถานที่เกิดเหตุเป็นอาคารคลังสินค้าสำหรับจัดเก็บ ผลิตภัณฑ์พลาสติก เพอร์นิเจอร์ห้องครัว บานซิงค์ และเม็ดพลาสติก โดยมีปริมาณวัสดุที่จัดเก็บรวมมากกว่า 300 ตัน เหตุเพลิงไหม้เกิดขึ้นในคลังสินค้า จำนวน 2 หลัง ส่งผลให้พื้นที่ได้รับความเสียหายประมาณ 8 ไร่ 300 ตารางวา วัสดุที่ถูกเผาไหม้ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์และวัตถุดิบประเภทพลาสติก ซึ่งมีศักยภาพ ในการปลดปล่อยสารมลพิษทางอากาศและสารเคมีอันตรายจากการเผาไหม้ จึงเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญในเหตุการณ์ครั้งนี้ โดยมีการดำเนินการคัดกรองสุขภาพเจ้าหน้าที่และประชาชน ณ ศูนย์อพยพ ซึ่งอยู่ห่างจากจุดไฟไหม้ประมาณ 300 เมตร เมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2568 มีเจ้าหน้าที่และประชาชนเข้ารับการตรวจคัดกรองสุขภาพด้วยแบบสอบถาม จำนวน 133 คน โดยเป็นผู้ที่อาศัยอยู่ห่างจากจุดเกิดเหตุในรัศมีไม่เกิน 300 เมตร จำนวน 83 ราย ผู้ที่อาศัยอยู่ในรัศมีระหว่าง 300 เมตร ถึง 1 กิโลเมตร จำนวน 23 ราย และผู้ที่อยู่ห่างจากจุดเกิดเหตุมากกว่า 1 กิโลเมตร ถึง 3 กิโลเมตร จำนวน 27 ราย เป็นผู้หญิงจำนวน 78 ราย (ร้อยละ 58.65) ผู้ชาย 55 ราย (ร้อยละ 41.35) ส่วนมากมีอายุอยู่ระหว่าง 41-50 ปี และมีค่าเฉลี่ยอายุ 49 ปี อาการที่พบมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ แสบจมูก แสบคอ/คอแห้ง และแสบตา

2. ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายหลังเหตุเพลิงไหม้

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายหลังเหตุเพลิงไหม้ โรงงานเพอร์นิเจอร์ พบสารมลพิษทางอากาศหลายชนิด ได้แก่ สไตรีน โทลูอีน เมทานอล ไฮโดรเจนไซยาไนด์ พอร์มาลดีไฮด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละออง PM_{10} และ $PM_{2.5}$ รวมถึงสารอินทรีย์ระเหยง่ายรวม

ผลการตรวจวัดเบื้องต้นของกรุงเทพมหานครบริเวณพื้นที่

เกิดเหตุเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2568 พบสไตรีนในช่วง 1-20 ppm โดยค่าสูงสุดเท่ากับ 20 ppm ถือเป็นระดับที่ควรเฝ้าระวัง เนื่องจากใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานระดับการสัมผัสสารเคมีแบบเฉียบพลันระดับที่ 1 (Acute Exposure Guideline Level 1; AEGL-1)⁽¹¹⁾ ที่กำหนดไว้ 20 ppm นอกจากนี้ยังพบ $PM_{2.5}$ สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน (109.1-146.1 $\mu g/m^3$)

ข้อมูลดังกล่าวจึงนำไปสู่การตรวจวัดเพิ่มเติมโดยกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ในพื้นที่เป้าหมายที่คาดว่าอาจมีเจ้าหน้าที่และประชาชนได้รับสัมผัส ได้แก่ ศูนย์อพยพ และโรงเรียนในพื้นที่ ผลการตรวจวัดเพิ่มเติมโดยกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม พบว่าสไตรีนในอากาศบริเวณศูนย์อพยพ เมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2568 เวลา 18.50 น. มีความเข้มข้น 3.35 ppm และลดลงเหลือ 0.90 ppm ในวันที่ 13 พฤษภาคม 2568 เวลา 07.50 น. จากนั้นไม่พบสไตรีนในช่วงเวลาตรวจวัดถัดมา ทั้งบริเวณศูนย์อพยพ และโรงเรียนในพื้นที่ ขณะที่โทลูอีนและเมทานอลตรวจพบในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบทุกช่วงเวลา นอกจากนี้ พบไฮโดรเจนไซยาไนด์ในช่วงเวลาของการตรวจวัดโดยค่าที่ตรวจพบสูงสุดเท่ากับ 2.47 ppm ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐาน AEGL-1 ที่กำหนดไว้ 2.0 ppm เป็นเวลา 10 นาที⁽¹¹⁾

ส่วนฝุ่นละออง PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ที่ตรวจวัดในวันที่ 13 พฤษภาคม 2568 เวลา 07.50 น. มีค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดสูงกว่าค่าแนะนำของกรมอนามัย⁽¹²⁾ รายละเอียดดังตารางที่ 1 ส่วนตำแหน่งจุดเกิดเหตุ ศูนย์อพยพ โรงเรียน และจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศแสดงดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายหลังเหตุเพลิงไหม้และค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบ

รายการตรวจวัด	12 พ.ค. 68 ^a	12 พ.ค. 68 ^b 18.50 น. ศูนย์อพยพ	13 พ.ค. 68 ^b 07.50 น. ศูนย์อพยพ	3 พ.ค. 68 ^b 10.45 น. ศูนย์อพยพ	13 พ.ค. 68 ^b 12.00 น. โรงเรียนในพื้นที่	ค่ามาตรฐาน AEGL-1 (คพ., 2564)
สไตรีน	1-20 ppm	3.35 ppm	0.90 ppm	0.00 ppm	0.00 ppm	20 ppm
โทลูอิน	-	1.94 ppm	1.63 ppm	3.02 ppm	1.97 ppm	67 ppm
เมทานอล	-	1.39 ppm	0.13 ppm	0.68 ppm	1.09 ppm	530 ppm
ไฮโดรเจนไซยาไนด์	-	N/A	2.47 ppm	0.49 ppm	1.42 ppm	2.0 ppm
ฟอร์มาลดีไฮด์	0-0.23 ppm	-	-	-	-	0.90 ppm
คาร์บอนมอนอกไซด์	1-3 ppm	-	-	-	-	75 ppm
PM ₁₀	-	-	Mean = 128 ug/m ³ Max = 151 ug/m ³	-	-	<50 ug/m ³ ; กรมอนามัย
PM _{2.5}	109.1 – 146.1 ug/m ³	-	Mean = 118 ug/m ³ Max = 141 ug/m ³	-	-	<30 ug/m ³ ; กรมอนามัย
สารอินทรีย์ระเหย ง่าย	N/A	0.00 ppm (5.9 ppm ที่ โรงงาน)	-	-	-	ไม่มีค่ามาตรฐาน ต้องแยกตรวจ รายการ

หมายเหตุ: - = ไม่มีการตรวจวัด, N/A = ไม่สามารถรายงานผลได้; AEGL-1 = Acute Exposure Guideline Level 1 หรือระดับความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศที่ประชาชนทั่วไป รวมถึงบุคคลที่ไวต่อการสัมผัส อาจมีอาการไม่สบาย การระคายเคือง หรือผลกระทบที่ไม่ทำให้ทุพพลภาพและหายได้เมื่อหยุดการสัมผัส ทั้งนี้ ค่า AEGL-1 ต้องพิจารณาตามระยะเวลาสัมผัสที่กำหนด

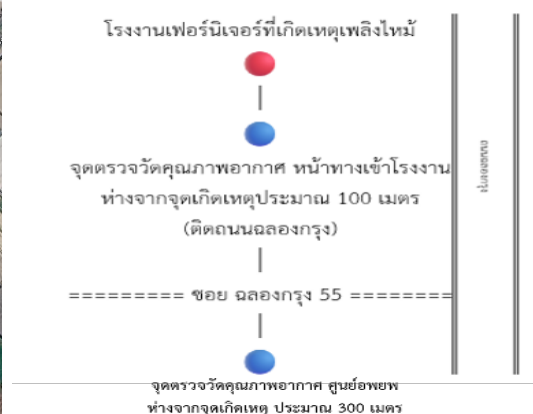
^a ข้อมูลตรวจวัดโดยกรุงเทพมหานคร

^b ข้อมูลตรวจวัดโดยกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม

ขณะตรวจวัดวันที่ 13 พฤษภาคม 2568 เวลา 07.50 น. มีฝนตก ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80-90 และความเร็วลม 11.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



ภาพที่ 1 ตำแหน่งจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศ



3. ระดับความเข้มข้นของ MA+PGA ในปัสสาวะ

พบว่าในช่วงภายใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดเหตุ จำนวน 94 ราย พบผู้ที่มีระดับ MA+PGA ≥ 150 mg/g Cr จำนวน 48 ราย (ร้อยละ 51.06) เมื่อจำแนกตามประเภทกลุ่มตัวอย่าง พบกลุ่มครู

มีสัดส่วนผู้ที่มีระดับ MA+PGA เกินเกณฑ์อ้างอิงทางชีวภาพ สูงที่สุด ร้อยละ 81.25 รองลงมาคือพนักงานดับเพลิง ร้อยละ 60.00 และประชาชนทั่วไป ร้อยละ 43.84 ตามลำดับ เมื่อติดตามผลหลังเหตุการณ์ 2 เดือน พบว่ากลุ่มครูและประชาชนทั่วไปมี

สัดส่วนผู้ที่มีระดับ MA+PGA เกินเกณฑ์อ้างอิงทางชีวภาพ ร้อยละ 7.69 และ ร้อยละ 30.77 ตามลำดับ ขณะที่พนักงานดับเพลิง

ติดตามได้ 1 ราย ซึ่งมีระดับ MA+PGA เกินเกณฑ์อ้างอิงทางชีวภาพ รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของผู้เข้าร่วม จำแนกตามระดับ MA+PGA ในปัสสาวะและช่วงเวลาการตรวจ

ประเภท กลุ่มตัวอย่าง	ระดับ MA+PGA ¹	ภายใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดเหตุ n (ร้อยละ)	หลังเหตุการณ์ 2 เดือน n (ร้อยละ)
ครู	<150 mg/g Cr	3 (18.75)	12 (92.31)
	≥150 mg/g Cr	13 (81.25)	1 (7.69)
	รวม	16 (100.0)	13 (100.00)
พนักงานดับเพลิง	<150 mg/g Cr	2 (40.00)	0 (0.00)
	≥150 mg/g Cr	3 (60.00)	1 (100.00)
	รวม	5 (100.00)	1 (100.00)
ประชาชนทั่วไป	<150 mg/g Cr	41 (56.16)	9 (69.23)
	≥150 mg/g Cr	32 (43.84)	4 (30.77)
	รวม	73 (100.00)	13 (100.00)
รวมทั้งหมด	<150 mg/g Cr	46 (48.94)	21 (77.78)
	≥150 mg/g Cr	48 (51.06)	6 (22.22)
	รวม	94 (100.00)	27 (100.00)

หมายเหตุ: ¹ เกณฑ์อ้างอิงทางชีวภาพของ MA+PGA เท่ากับ 150 mg/g Crตามค่า Biological Exposure Index (BEI) ของ American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)⁽¹⁰⁾

ผลการเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ MA+PGA ในปัสสาวะ จำแนกตามช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงภายใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดเหตุ วันที่ 13 พฤษภาคม 2568 (เก็บตัวอย่าง 101 ราย แปลผลได้ 94 ราย) และ ช่วงตรวจซ้ำหลังเหตุการณ์สัมผัสเป็นระยะเวลา 2 เดือน วันที่ 13 กรกฎาคม 2568 (เก็บตัวอย่าง 27 ราย) พบว่าระดับความเข้มข้นของ MA+PGA ในปัสสาวะลดลงในช่วงตรวจซ้ำเมื่อเทียบกับช่วง

ภายใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดเหตุ โดยค่ามัธยฐาน (Median) ลดลงจาก 327.27 เป็น 12.60 mg/g Cr ขณะที่ช่วงการกระจายของข้อมูลช่วงพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (IQR) แคบลงในช่วงตรวจซ้ำ หลังเหตุการณ์ 2 เดือน เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสองช่วงเวลาด้วยสถิติ Wilcoxon signed-ranks test พบว่าระดับความเข้มข้นของ MA+PGA ในปัสสาวะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) รายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของ MA+PGA ในปัสสาวะ ในผู้ที่มีผลตรวจครบทั้งสองครั้ง จำนวน 27 ราย

ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ	n	MA+PGA, Median (IQR), mg/g Cr	p-value ¹
ภายใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดเหตุ	27	327.27 ¹ (233.76-518.36)	<0.001
ตรวจซ้ำหลังเหตุการณ์ 2 เดือน	27	12.60 (2.50-119.23)	

หมายเหตุ: ¹ $p < 0.001$ เมื่อวิเคราะห์ด้วย Wilcoxon signed-ranks test

4. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ MA+PGA ในปัสสาวะ กับระยะห่างจากจุดเกิดเหตุและการสวมใส่ PPE

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของ MA+PGA ในปัสสาวะตามระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ พบว่ากลุ่มที่

อยู่ห่างจากจุดเกิดเหตุ <300 เมตร และ ≥300 เมตร มีค่ามัธยฐานของ MA+PGA เท่ากับ 188.11 และ 108.39 mg/g Cr ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mann-Whitney U test, $p = 0.799$) เช่นเดียวกับสัดส่วนผู้ที่มีระดับ MA+PGA

เกินเกณฑ์อ้างอิงของ ACGIH (150 mg/g Cr) ซึ่ง พบสัดส่วนใกล้เคียงกันทั้งสองกลุ่ม (ร้อยละ 52.00 และ 47.37 ตามลำดับ) และ ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Chi-square test, $p = 0.718$) นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของ MA+PGA ในปัสสาวะกับการใช้ PPE พบว่าค่ามัธยฐานของความเข้มข้น MA+PGA ในกลุ่มที่สวมใส่และไม่สวมใส่ PPE

มีค่า 378.54 และ 299.41 mg/g Cr ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mann-Whitney U test, $p = 0.623$) และเมื่อจำแนกตามสัดส่วนผู้ที่มีระดับ MA+PGA เกินเกณฑ์อ้างอิงก็ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (Fisher's Exact Test, $p = 0.586$) รายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น MA+PGA ในปัสสาวะกับระยะห่างจากจุดเกิดเหตุและการสวมใส่ PPE

ปัจจัย	กลุ่ม	n	MA+PGA, Median (IQR), mg/g Cr	p-value ¹	MA+PGA		p-value ²
					<150 mg/g Cr	≥150 mg/g Cr	
					n (ร้อยละ)	n (ร้อยละ)	
ระยะห่างจากจุด เกิดเหตุ	<300 เมตร	75	188.11 (2.50–430.22)	0.799	36 (48.00)	39 (52.00)	0.718
	≥300 เมตร	19	108.39 (2.50–405.82)		10 (52.63)	9 (47.37)	
การสวมใส่ PPE ³	สวมใส่	26	378.54 (239.60–515.58)	0.623	20 (76.92)	6 (23.08)	0.586
	ไม่สวมใส่	1	299.41 (ไม่สามารถ คำนวณ IQR ได้)		0 (0.00)	1 (100.00)	

หมายเหตุ: ¹ Mann-Whitney U test; ² Chi-square test สำหรับระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ และ Fisher's exact test สำหรับการสวมใส่ PPE; กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

³ จำนวนกลุ่มตัวอย่างของการสวมใส่ PPE เท่ากับ 27 ราย เนื่องจากคัดเลือกเฉพาะรายที่มีข้อมูลสมบูรณ์ทั้งการสวมใส่ PPE และผลการตรวจ MA+PGA ในปัสสาวะ เท่านั้น

อภิปรายผล

การศึกษานี้เป็นการสอบสวนและเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารสไตรีน ภายหลังเหตุเพลิงไหม้โรงงาน เฟอร์นิเจอร์ โดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมร่วมกับการเฝ้าระวังสุขภาพ ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายหลังเหตุการณ์พบสารมลพิษหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้ได้แก่ สไตรีน โทลูอิน เมทานอล ไฮโดรเจนไซยาไนด์ พอร์มาลดีไฮด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก และสารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยเฉพาะสไตรีนซึ่งตรวจพบในช่วงแรกของเหตุการณ์ และการตรวจวัดเพิ่มเติมโดยกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ซึ่งตรวจพบสไตรีน 3.35 ppm และลดลงเหลือ 0.90 ppm ในเช้าวันถัดมา ก่อนจะไม่พบในช่วงเวลาตรวจวัดต่อมา ผลดังกล่าวสะท้อนว่าการปนเปื้อนสไตรีนในบรรยากาศมีแนวโน้มสูงในระยะแรกหลังเกิดเหตุ และลดลงตามเวลา อย่างไรก็ตาม

การตรวจวัดสารสไตรีนในอากาศเป็นการตรวจเฉพาะบางจุดและบางช่วงเวลา จึงอาจไม่ครอบคลุมช่วงที่มีความเข้มข้นสูงสุด หรือช่วงที่เจ้าหน้าที่และประชาชนได้รับสัมผัสจริง สอดคล้องกับการศึกษาผลกระทบต่อชุมชนภายหลังเหตุเพลิงไหม้ถึงเก็บสารปิโตรเลียมที่ Deer Park มลรัฐเท็กซัส แม้ผู้อยู่อาศัยส่วนใหญ่มีอาการทางระบบทางเดินหายใจ แต่ค่าเฉลี่ยเบนซินที่ตรวจพบในบ้านพักภายหลังเหตุการณ์กลับอยู่ในระดับต่ำ (0.13 ± 0.10 ppb) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายหลังเหตุการณ์มักไม่สามารถสะท้อนถึงช่วงความเข้มข้นสูงสุด (peak exposure) ในขณะเกิดเหตุการณ์ได้⁽¹³⁾

เมื่อพิจารณาร่วมกับผลการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในผู้ที่มีการตรวจครบทั้งสองช่วงเวลา จำนวน 27 ราย พบว่าระดับความเข้มข้นของ MA+PGA ในปัสสาวะภายใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดเหตุมีค่าค่อนข้างสูง โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 327.27 mg/g Cr

ซึ่งสูงเกินกว่าค่าดัชนีชี้วัดการรับสัมผัสทางชีวภาพ (Biological Exposure Indices: BEI) ตามเกณฑ์อ้างอิงของ ACGIH (2025) ที่กำหนดไว้ 150 mg/g Cr⁽¹⁰⁾ แม้ว่าค่าสไตรีนในอากาศที่ตรวจวัดได้บริเวณศูนย์อพยพจะต่ำกว่าค่ามาตรฐาน AEGL-1 ที่ใช้เปรียบเทียบก็ตาม ความแตกต่างระหว่างผลตรวจวัดสิ่งแวดล้อมและผลตรวจทางชีวภาพนี้ชี้ให้เห็นว่าการตรวจวัดคุณภาพอากาศเพียงช่วงเวลาเดียวหรือเพียงบางตำแหน่งอาจไม่สามารถสะท้อนการรับสัมผัสที่แท้จริงของบุคคลได้ เนื่องจากกลุ่มประชากรอาจได้รับสัมผัสก่อนช่วงเวลาการตรวจวัด หรือได้รับสัมผัสจากสภาพแวดล้อมที่มีความผันแปรของความเข้มข้นตามเวลาและทิศทางลม ดังนั้น การเฝ้าระวังทางชีวภาพสามารถช่วยประเมินการรับสัมผัสที่เกิดขึ้นจริงได้ดีกว่าการใช้ข้อมูลการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมเพียงอย่างเดียว เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานเหตุไฟไหม้โรงงานสารเคมีในอำเภอบางพลีที่พบระดับ MA+PGA ในกลุ่มเจ้าหน้าที่กู้ภัยไม่เกินค่าอ้างอิง⁽¹⁴⁾ การศึกษาครั้งนี้พบค่ามัธยฐานของ MA+PGA ในภายใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดเหตุสูงกว่าเกณฑ์อ้างอิงทางชีวภาพ ทั้งนี้ ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับลักษณะเหตุการณ์ กลุ่มประชากร ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง และมาตรการป้องกันตนเองที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาแยกตามประเภทกลุ่มตัวอย่าง พบว่าระดับความเข้มข้นของ MA+PGA ในปัสสาวะภายใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดเหตุกลุ่มอาชีพครูมีสัดส่วนของระดับ MA+PGA ในปัสสาวะเกินค่าอ้างอิงร้อยละ 81.25 สูงชัดเจนกว่ากลุ่มอื่น ในขณะที่กลุ่มประชาชนทั่วไปมีสัดส่วนเกินเกณฑ์ร้อยละ 43.84 ส่วนกลุ่มพนักงานดับเพลิงแม้จะมีสัดส่วนเกินเกณฑ์ร้อยละ 60.00 แต่ยังไม่สามารถสรุปผลได้ เนื่องจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อยเกินไป ในขณะที่ภายหลังเหตุการณ์สัมผัสเป็นระยะเวลา 2 เดือน พบว่า กลุ่มครูและกลุ่มประชาชนทั่วไป มีสัดส่วนผู้ที่ระดับ MA+PGA ในปัสสาวะเกินเกณฑ์อ้างอิงลดลงเป็นร้อยละ 7.69 และ 30.77 ตามลำดับ การลดลงดังกล่าวสอดคล้องกับคุณสมบัติทางพิษจลนศาสตร์ของสไตรีนซึ่งถูกเมตาบอไลต์และขับออกทางปัสสาวะค่อนข้างเร็ว โดย MA มีค่าครึ่งชีวิตการขับออกประมาณ 4–30 ชั่วโมง และ PGA มีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 11 ชั่วโมงส่งผลให้ระดับตัวบ่งชี้ลดลงภายหลังเหตุการณ์สัมผัส อย่างไรก็ตาม ในช่วงระยะติดตามผลอาจยังคงตรวจพบตัวบ่งชี้ได้บ้าง เนื่องจากปัจจัยรบกวนจากสิ่งแวดล้อมทั่วไป เช่น ควันบุหรี่ ไอเสียรถยนต์ หรือสารกลุ่มเอทิลเบนซีน ซึ่งสามารถเปลี่ยนสภาพเป็นสารเมตาบอไลต์เดียวกันได้⁽⁵⁾ โดย Capella และคณะรายงานว่าสามารถตรวจพบ MA และ PGA ได้อย่างแพร่หลายในประชากรทั่วไป และพบระดับสูงกว่าในผู้สูบบุหรี่เมื่อเทียบกับผู้ไม่สูบบุหรี่ จึงอาจเป็นปัจจัยกวนต่อการแปลผล MA+PGA ในช่วงติดตามของการศึกษานี้⁽¹⁵⁾ ความสำคัญของการเฝ้าระวังทางสุขภาพโดยการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ ยังเห็นได้ชัดเจนในกรณีกลุ่มอาชีพครู

ที่พบระดับ MA+PGA ในช่วงภายใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดเหตุสูงกว่าช่วงติดตามผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มครูมีการรับสัมผัสสารสไตรีนในระดับสูงในช่วงเกิดเหตุ และระดับการรับสัมผัสลดลงอย่างชัดเจนภายหลังเหตุการณ์ 2 เดือน แม้ว่า การตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงเรียนในช่วงหลังจะไม่พบสไตรีนแล้วก็ตาม สอดคล้องกับหลักการที่ใช้ในงาน logbook method ของ Jensen และคณะ ซึ่งเสนอว่าการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพเพียงอย่างเดียวอาจไม่สะท้อนวันที่มีการรับสัมผัสจริงได้ครบถ้วน จึงควรใช้ข้อมูลบันทึกพฤติกรรมประกอบ เพื่อยืนยันว่าการตรวจช่วงเวลานึงเป็นตัวแทนของการรับสัมผัสในบริบทนั้นจริง⁽¹⁶⁾ ข้อมูลนี้สนับสนุนความสำคัญของการประยุกต์ใช้การเฝ้าระวังทางสุขภาพควบคู่กับการตรวจวัดสิ่งแวดล้อม เนื่องจากตัวบ่งชี้ทางชีวภาพสามารถสะท้อนการรับสัมผัสของบุคคลได้ดีกว่าการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมเพียงอย่างเดียว รวมทั้งครอบคลุมความแปรผันของพฤติกรรมและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละบุคคล ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสอบสวนโรคและประเมินผลกระทบด้านสุขภาพภายหลังเหตุฉุกเฉินทางสารเคมี

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ MA+PGA ในปัสสาวะกับระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ จากการศึกษาไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.799$ และ $p = 0.718$) ซึ่งสะท้อนว่าระยะห่างเพียงอย่างเดียวอาจไม่ใช่ตัวกำหนดระดับการรับสัมผัส เนื่องจากอิทธิพลจากปัจจัยแวดล้อมส่งผลต่อการแพร่กระจายของควันและไอระเหย เช่น ทิศทางลม สภาพอากาศ ลักษณะพื้นที่ และระยะเวลาที่บุคคลอยู่ในพื้นที่เสี่ยง ทำให้ผู้ที่อยู่ห่างจากจุดเกิดเหตุอาจได้รับสัมผัสได้เช่นกัน หากอยู่ในทิศทางการแพร่กระจายของมลพิษ เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ MA+PGA ในปัสสาวะกับการสวมใส่ PPE ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.623$ และ $p = 0.586$) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกลุ่มที่ไม่สวมใส่ PPE ในการศึกษานี้มีเพียง 1 ราย เทียบกับกลุ่มที่สวมใส่ 26 ราย ขนาดตัวอย่างที่ไม่สมดุลทำให้การแปลผลทางสถิติไม่สามารถสรุปได้ว่าการสวมใส่ PPE ไม่มีผลต่อระดับการสัมผัส นอกจากนี้ผลอาจมีความเกี่ยวข้องกับชนิด ความเหมาะสม และวิธีการใช้อุปกรณ์ป้องกัน เนื่องจากหน้ากากทั่วไปหรือหน้ากากอนามัยอาจไม่สามารถป้องกันไอระเหยสารอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่ากับอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจที่มีตัวกรองสารอินทรีย์โดยเฉพาะ อีกทั้งประสิทธิภาพของ PPE ยังขึ้นกับความถูกต้องของการสวมใส่ ระยะเวลาการใช้งาน และความเหมาะสมกับชนิดของสารเคมี จึงอาจทำให้ยังคงมีโอกาสรับสัมผัสได้แม้มีการใช้อุปกรณ์ป้องกัน ดังนั้น ข้อมูลการใช้ PPE เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอในการสะท้อนระดับการรับสัมผัสที่แท้จริง และยังจำเป็นต้องใช้การเฝ้าระวังทางสุขภาพโดยการตรวจตัวบ่งชี้

ทางชีวภาพร่วมในการประเมินการรับสัมผัสสารสไตรีน^(7, 17)

ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากเหตุเพลิงไหม้สารเคมีควรดำเนินการแบบบูรณาการ โดยใช้ข้อมูลทั้งการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมและการเฝ้าระวังทางชีวภาพร่วมกัน เพื่อให้สามารถประเมินระดับการรับสัมผัสและความเสี่ยงต่อสุขภาพได้อย่างแม่นยำมากขึ้น รวมทั้งใช้ประกอบการวางแผนเฝ้าระวังสุขภาพ การกำหนดพื้นที่ปลอดภัยสำหรับการอพยพ การติดตามสุขภาพกลุ่มเสี่ยง และการสื่อสารความเสี่ยงด้านการป้องกันตนเองที่เหมาะสม

นอกจากนี้ ผลการศึกษานี้พบวาระยะห่างจากจุดเกิดเหตุและการสวมใส่ PPE ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับความเข้มข้นของ MA+PGA ในปัสสาวะ ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการประเมินการรับสัมผัสสารเคมีจากเหตุเพลิงไหม้ควรดำเนินการอย่างเป็นระบบโดยใช้ผลการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมเป็นข้อมูลสำหรับการประเมินอันตรายเบื้องต้น (Hazard Surveillance) เพื่อระบุพื้นที่และประชากรกลุ่มเสี่ยง ก่อนพิจารณาการเฝ้าระวังทางสุขภาพ (Health Surveillance) และการตรวจวัดทางชีวภาพตามความเหมาะสมของชนิดสารเคมี ทั้งนี้ ในการพิจารณาเลือกตรวจวัดทางชีวภาพ ควรคำนึงถึงการมีค่าดัชนีชี้วัดการรับสัมผัสทางชีวภาพ หรือค่าอ้างอิงที่เกี่ยวข้องสำหรับการแปลผล ตลอดจนคุณสมบัติของสารเคมีแต่ละชนิด และปัจจัยแวดล้อมในพื้นที่เกิดเหตุ เช่น ทิศทางลม สภาพอากาศ ลักษณะพื้นที่ และระยะเวลาที่บุคคลอยู่ในพื้นที่เสี่ยง เพื่อให้การเฝ้าระวังสุขภาพและการกำหนดมาตรการป้องกันอันตรายจากการสัมผัสสารเคมีภายหลังเหตุเพลิงไหม้ สอดคล้องกับระดับความเสี่ยงของผู้ได้รับสัมผัส มีความเหมาะสมมีประสิทธิภาพ และใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

ข้อจำกัด

การศึกษานี้มีข้อจำกัดจากจำนวนตัวอย่างในช่วงติดตามผลที่ค่อนข้างน้อย อีกทั้งแม้ MA+PGA ในปัสสาวะเป็นตัวบ่งชี้การรับสัมผัสสารสไตรีนที่ได้รับการยอมรับ แต่อาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยรบกวนหรือการรับสัมผัสจากแหล่งอื่น ขณะเดียวกัน การตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ดำเนินการเฉพาะบางช่วงเวลาและบางพื้นที่ อาจไม่สะท้อนระดับการรับสัมผัสสูงสุดที่เกิดขึ้นจริง อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษายังคงให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากเหตุฉุกเฉินด้านสารเคมีและสนับสนุนการใช้การเฝ้าระวังทางสุขภาพควบคู่กับการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมในการประเมินการรับสัมผัสและความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาระบบเฝ้าระวังสุขภาพภายหลังเหตุฉุกเฉินด้าน

สารเคมี โดยหน่วยงานสาธารณสุขในพื้นที่ร่วมกับกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ควรจัดทำมีการติดตามสุขภาพเจ้าหน้าที่และประชาชนในพื้นที่เสี่ยงอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ระยะเฉียบพลันจนถึงระยะติดตามผล เพื่อเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นภายหลัง และให้การดูแลรักษาได้อย่างเหมาะสม

2. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารเคมีควรเริ่มจากการประเมินระดับความเข้มข้นของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยงและกลุ่มเป้าหมาย ก่อนพิจารณาการตรวจวัดทางชีวภาพ ทั้งนี้ การเลือกตรวจวัดทางชีวภาพควรพิจารณาความเหมาะสมของคุณสมบัติสารเคมี เช่น ค่าครึ่งชีวิตสั้น ขับออกจากร่างกายได้รวดเร็ว และไม่สะสมในร่างกาย เป็นต้น รวมถึงการมีค่าอ้างอิงหรือค่าดัชนีชี้วัดการรับสัมผัสทางชีวภาพสำหรับการแปลผล และศักยภาพของห้องปฏิบัติการ รวมทั้งควรนำผลการตรวจมาพิจารณาร่วมกับข้อมูลการสัมผัสและข้อมูลทางคลินิก เพื่อสนับสนุนการประเมินการรับสัมผัสและการแปลผลได้อย่างเหมาะสม

3. หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการเฝ้าระวังสุขภาพและประเมินการรับสัมผัสสารเคมีในเหตุฉุกเฉิน เช่น กรมควบคุมโรค หรือหน่วยงานอาชีวเวชศาสตร์ในพื้นที่ ควรบูรณาการข้อมูลการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมร่วมกับข้อมูลการตรวจวัดทางชีวภาพ เพื่อเพิ่มความครอบคลุมและความแม่นยำในการประเมินการรับสัมผัสระดับบุคคล โดยเฉพาะในสถานการณ์ฉุกเฉินที่ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอาจเปลี่ยนแปลงตามเวลาและสภาพแวดล้อม

4. หน่วยงานสาธารณสุขในพื้นที่ควรเสริมสร้างการสื่อสารความเสี่ยงแก่เจ้าหน้าที่ ประชาชน และกลุ่มเปราะบาง รวมถึงให้ความรู้เรื่องการป้องกันอันตรายจากสารเคมี การอพยพอย่างปลอดภัย และการเลือกใช้หรือสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลอย่างถูกต้องและเหมาะสม

สรุปผล

การสอบสวนและเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากเหตุเพลิงไหม้โรงงานเฟอร์นิเจอร์ครั้งนี้ พบว่าสารสไตรีนเป็นมลพิษสำคัญที่ตรวจพบในอากาศช่วงแรกของเหตุการณ์ ก่อนลดลงจนไม่พบในช่วงเวลาต่อมา อย่างไรก็ตาม ผลการเฝ้าระวังทางชีวภาพพบว่าเจ้าหน้าที่และประชาชนในพื้นที่เสี่ยงมีระดับตัวบ่งชี้ MA+PGA ในปัสสาวะช่วงเกิดเหตุสูงกว่าเกณฑ์อ้างอิงทางชีวภาพ และลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายหลังเหตุการณ์ 2 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค ที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือตรวจวัด การตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ และการดำเนินงานด้าน

การตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม รวมทั้งขอขอบพระคุณสถาบัน
ราชประชาสมาสัยที่ร่วมดำเนินการตรวจสอบสุขภาพ เก็บตัวอย่าง
ปัสสาวะ และตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมภาคสนาม ซึ่งมีส่วน
สำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของการสอบสวนและเฝ้าระวังผลกระทบ
ต่อสุขภาพจากเหตุการณ์ครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Department of Disease Control, Division of Occupational and Environmental Diseases. Chemical accident situation 2025 [Internet]. 2025 [cited 2025 Dec 14]. Available from: <https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/b63cd1a8-d48f-4582-ac5c-c95ae2e321b5/page/eEs4C>
2. Department of Disease Control , Division of Occupational and Environmental Diseases. After-action review report on health surveillance operations for environmental pollution impacts: a case study of the explosion and fire at Ming Dih Chemical Co., Ltd., Samut Prakan Province [Internet]. Nonthaburi: Ministry of Public Health; 2021 [cited 2025 Dec 14]. Available from: <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1314920220913051839.pdf> (in Thai)
3. National Center for Biotechnology Information. PubChem compound summary for CID 7501: styrene [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine; 2023 [cited 2025 Dec 22]. Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Styrene>
4. International Agency for Research on Cancer. Styrene, styrene-7,8-oxide. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans [Internet]. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2019 [cited 2025 Dec 22]. Available from: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications/>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for styrene [Internet]. Atlanta (GA): U.S. Department of Health and Human Services; 2010 [cited 2025 Dec 22]. Available from: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp53.pdf>
6. Guillemin MP, Berode M. Biological monitoring of styrene: a review. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1988;49:497-505.
7. Kwon OH, Kim KY. Occupational exposure to styrene and acute health effects among fiberglass-reinforced plastic workers: an integrated environmental and biological monitoring study. *PLoS One*. 2025;20(11):e0334962.
8. Röder-Stolinski C, Fischäder G, Oostingh GJ, Feltens R, Kohse F, von Bergen M, et al. Styrene induces an inflammatory response in human lung epithelial cells via oxidative stress and NF-KB activation. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2008;231:241-7.
9. Transport Canada, U.S. Department of Transportation, Secretariat of Infrastructures, Communications and Transport. 2024 Emergency Response Guidebook (ERG2024) [Internet]. Washington (DC): U.S. Department of Transportation, Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration; 2024 [cited 2025 Dec 22]. Available from: <https://www.phmsa.dot.gov/training/hazmat/erg/emergency-response-guidebook-erg>
10. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLVs and BEIs: threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati (OH): American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2025.
11. Pollution Control Department. Manual for protecting the public from chemical spill emergencies. 3rd ed. Bangkok: Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment; 2021. (in Thai)
12. Department of Health. Notification of the Department of Health on surveillance values for indoor air quality in public buildings, B.E. 2565 (2022). Nonthaburi: Department of Health, Ministry of Public Health; 2022. (in Thai)
13. Craft E, Wilson G, Ferrer B, Grimm K, Karrer G, Mena K, et al. The Intercontinental Terminals Company (ITC) Chemical Fire Health Effects and Air Quality Investigation: A Rapid Response to Address Community Concerns. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(3):986.
14. Witoonsut C. Health effects of rescue workers after chemical factory explosion, Samut Prakan Province,

- Thailand. *J Prev Med Assoc Thail.* 2023;13(1): 46-57.
15. Capella KM, Roland K, Geldner N, Rey deCastro B, De Jesús VR, van Bemmelen D, et al. Ethylbenzene and styrene exposure in the United States based on urinary mandelic acid and phenylglyoxylic acid: NHANES 2005–2006 and 2011–2012. *Environ Res.* 2019;171:101-10.
 16. Jensen B, Mürer AJL, Olsen E, Christensen JM. Assessment of long-term styrene exposure: a comparative study of a logbook method and biological monitoring. *Int Arch Occup Environ Health.* 1995;66(6):399-405.
 17. Bonanni RC, Gatto MP, Paci E, Gordiani A, Gherardi M, Tranfo G. Biomonitoring for exposure assessment to styrene in the fibreglass reinforced plastic industry: determinants and interferents. *Ann Occup Hyg.* 2015;59(8):1000-11.
-