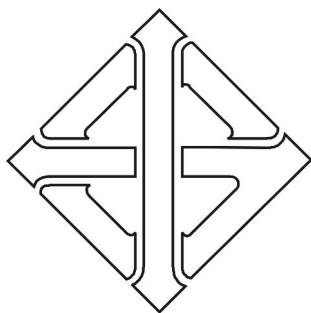




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2536-2555

ข้อกำหนดการประเมินการสัมผัสสารเคมีอันตราย ในสิ่งแวดล้อมของสถานที่ทำงาน

REQUIREMENT : CHEMICAL HAZARD EXPOSURE ASSESSMENT IN
WORKPLACE ENVIRONMENT

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 13.100

ISBN 978-616-231-417-9

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ข้อกำหนดการประเมินการสัมผัสสารเคมีอันตราย
ในสิ่งแวดล้อมของสถานที่ทำงาน

มอก. 2536-2555

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 129 ตอนพิเศษ 168 ง
วันที่ 5 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2555

คณะผู้จัดทำร่างมาตรฐาน
ข้อกำหนดการประเมินการสัมผัสสารอันตรายในสิ่งแวดล้อมการทำงาน

ประธานกรรมการ

รศ.วันทนีย์ พันธุ์ประสิทธิ์

สมาคมอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงาน

กรรมการ

นางสาวบุตรี เทพทอง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

นางเพ็ญศรี วัฒนฉนวน

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

นางสลิษฐ์ เทพตระการพร

นางสาวศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตสุข

คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

รศ.ดุสิต สุจิรัตน์

ภาควิชาสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

นางสาวนุจรีย์ แซ่จิว

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

นายอำนาจ ภูระหงษ์

สำนักความปลอดภัยแรงงาน

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน

นางศิริรัตน์ ทอนฮามแก้ว

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

นางสาวรัตนารักษ์ตระกูล

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม

นางสาวเพ็ญศรี อนันตกุลนธิ

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม

กรมควบคุมโรค

นางอรุณี ถัทธิธรรม

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

นางสาววิภาดา แสงแก้ว

บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด มหาชน

นายสุรพัฒน์ รุ่งเรือง

บริษัท เซฟรอน ประเทศไทยสำรวจและผลิต จำกัด

นางสาวอิสยา ดำรงเกียรติสกุล

บริษัท เซลล์แห่งประเทศไทย จำกัด

นายสุทธิศักดิ์ จตุรภัทรพิสุทธิ

บริษัท เอสจีเอส (ประเทศไทย) จำกัด

นายธีรศักดิ์ ชมพบุตร

บริษัท เอสโซ่ (ศรีราชา) จำกัด มหาชน

กรรมการและเลขานุการ

นางสาวพิรัชญา มุสิกะพงศ์

สมาคมอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงาน

กฎกระทรวง เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสอบสุขภาพของลูกจ้างและส่งผลการตรวจแก่พนักงานตรวจแรงงาน พ.ศ. 2547 ออกตามพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541 กำหนดให้มีการตรวจสอบสุขภาพของลูกจ้างที่ทำงานเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยง เพื่อประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้น เพื่อให้มีมาตรฐานการตรวจวัดปัจจัยเสี่ยงที่ยึดเป็นหลักในการทำงานแก่บุคลากรเหล่านี้และสอดคล้องกับมาตรฐานการตรวจวัดของ NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมข้อกำหนดการประเมินการสัมผัสสารเคมีอันตรายในสิ่งแวดล้อมของสถานที่ทำงาน ขึ้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ จัดทำขึ้นตามความร่วมมือด้านการมาตรฐานระหว่างสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกับสมาคมอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงาน และใช้ข้อมูลจากผู้ทำ ผู้ใช้ และเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

Industrial Hygiene Evaluation Methods, Bisesi, M.S. and Kohn J.P., CRC Press. Florida, USA 1995.

Center of Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health,
NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM)

Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants. Cohen BS, and McCammon CS, editors. 9th ed. Cincinnati (OH) : Kemper Woods 2001.

A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures. John R. Mulhausen and Joseph Damiano. 2nd Edition 1998

Occupational Exposure Sampling Strategy Manual National Institute for Occupational Safety and Health, Leidel, N.A.; Busch, K.A.; Lynch, J.R; Cincinnati, OH 1977

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม
ฉบับที่ 4441 (พ.ศ. 2555)
ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ข้อกำหนดการประเมินการสัมผัสสารเคมีอันตรายในสิ่งแวดล้อมของสถานที่ทำงาน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมข้อกำหนดการประเมินการสัมผัสสารเคมีอันตรายในสิ่งแวดล้อมของสถานที่ทำงาน มาตรฐานเลขที่ มอก. 2536-2555 ไว้ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2555

หม่อมราชวงศ์พงษ์สวัสดิ์ สวัสดิวัตน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ข้อกำหนดการประเมินการสัมผัสสารเคมีอันตราย

ในสิ่งแวดล้อมของสถานที่ทำงาน

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดการประเมินการสัมผัสสารเคมีอันตราย จัดลำดับความสำคัญในการเก็บตัวอย่างอากาศ การแปลผลข้อมูล การจัดทำรายงาน การกำหนดเวลาการประเมินซ้ำ และพิจารณาแนวทางในการคุ้มครองสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน
- 1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เป็นแนวทางการปฏิบัติสำหรับนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรม หรือผู้ที่มีความรู้ ความเข้าใจในวิทยาการด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรม

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ให้เป็นไปตาม มอก. 2535-2555 และมีดังต่อไปนี้

- 2.1 การเก็บตัวอย่างอากาศบริเวณที่ทำงาน (area sampling) หมายถึง การเก็บตัวอย่างอากาศโดยการตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างไว้ ที่จุดใดจุดหนึ่งในบริเวณที่ทำงาน
- 2.2 การเก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคล (personal sampling) หมายถึง การเก็บตัวอย่างอากาศโดยติดตั้งอุปกรณ์ที่บุคคล ให้อุปกรณ์ดังกล่าวอยู่ในระดับหายใจในรัศมี 30 cm รอบจมูก
- 2.3 การสุ่มตัวอย่าง (random sampling) หมายถึง การเลือกเก็บตัวอย่างอากาศจากกลุ่มประชากร โดยที่แต่ละตัวอย่างมีโอกาสที่จะถูกเลือกเท่าเทียมกันเป็นกระบวนการที่ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ
 - (1) กำหนดกลุ่มประชากรของตัวอย่างที่เกี่ยวข้อง
 - (2) สุ่มตัวอย่างจากกลุ่มประชากร
 - (3) ยืนยันว่าตัวอย่างเหล่านั้นได้มาจากกลุ่มผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัสสารอันตรายคล้ายกัน (similar exposure group, SEG)
- 2.4 ความเป็นพิษ (toxicity) หมายถึง สมบัติของสารเคมีอันตรายที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

- 2.5 เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง (direct reading) หมายถึง เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ และแสดงค่าความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายหรือกลุ่มสารเคมีอันตรายนั้น โดยอาจอ่านค่าในขณะนั้น ๆ (real time) หรือค่าเฉลี่ยที่เวลาใดเวลาหนึ่ง แสดงผลเป็นตัวเลข หรือเข็มชี้ หรือการเปลี่ยนแปลงสีของสารตรวจวัด เช่น ความยาวของแถบสีหรือความเข้มของสีที่เปลี่ยนไป ตามหลักการและสมรรถนะของเครื่องมือ นั้น ๆ
- 2.6 ตัวอย่างที่ระดับหายใจ (breathing zone sample) หมายถึง ตัวอย่างที่เก็บในรัศมีห่างจากจมูกของผู้ถูกเก็บ ตัวอย่าง 30 cm และในการเก็บตัวอย่างนี้ไม่คำนึงว่าผู้ปฏิบัติงานจะสวมอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ หรือไม่
- 2.7 เบรกทรู (breakthrough) หมายถึง การชะหรือพัดพาตัวอย่างซึ่งถูกดักเก็บไว้โดยสารดูดซับในหลอดเก็บ ตัวอย่างออกไปจากหลอดในขณะเก็บตัวอย่าง ระบุโดยการพบสารเคมีอันตรายในส่วนหลังของหลอดเก็บ ตัวอย่างมากกว่าหรือเท่ากับ 5% ของสารเคมีอันตรายที่พบในส่วนหน้าของหลอดเก็บตัวอย่าง
- 2.8 โปรแกรมการตรวจติดตาม (monitoring program) หมายถึง การตรวจประเมินในช่วงระหว่างรอบ เพื่อให้ เกิดความเชื่อมั่นว่าระบบนั้นยังคงดำเนินไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้
- 2.9 แผนกลยุทธ์ในการเก็บตัวอย่างอากาศ (air sampling strategy) หมายถึง แผนการใช้ทรัพยากรการเก็บ ตัวอย่างอากาศที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อประมาณความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในอากาศ และการสัมผัสสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงาน
- 2.10 ระดับปฏิบัติการ (action level, AL) หมายถึง ระดับที่ผู้ที่ทำหน้าที่รับผิดชอบต้องเริ่มดำเนินการอย่างใด อย่างหนึ่ง เพื่อควบคุมและป้องกันการสัมผัสสารอันตรายของผู้ปฏิบัติงาน ในที่นี้เสนอให้ AL คือ 50% ของ ระดับการสัมผัสกับสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงานที่ยอมรับได้ ทั้งนี้ เนื่องจากความแตกต่างระหว่าง บุคคล ในสถานที่ทำงานใด ๆ อาจมีคนส่วนน้อยที่ไวต่อสารเคมีอันตรายนั้น ๆ มากกว่าคนอื่น ๆ ฉะนั้นเพื่อ ปกป้องคนส่วนน้อยนี้จึงควรกำหนดแนวทางป้องกันและดำเนินการเมื่อมีสารอันตรายในระดับ AL
- 2.11 อันตรายเฉียบพลันต่อชีวิตและสุขภาพ (immediately dangerous to life and health, IDLH) หมายถึง ระดับ ความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในอากาศซึ่งอยู่ในระดับที่ทำให้เกิดอันตรายรุนแรงเฉียบพลันถึงขั้น เสียชีวิตหรือพิการถาวรได้
- 2.12 ค่าขอบเขตล่างของช่วงความเชื่อมั่น (lower confidential limit, LCL) หมายถึง ขอบเขตล่างของช่วงความ เชื่อมั่น 95%
- 2.13 ค่าขอบเขตบนของช่วงความเชื่อมั่น (upper confidential limit, UCL) หมายถึง ขอบเขตบนของช่วงความ เชื่อมั่น 95%

3. ข้อกำหนด

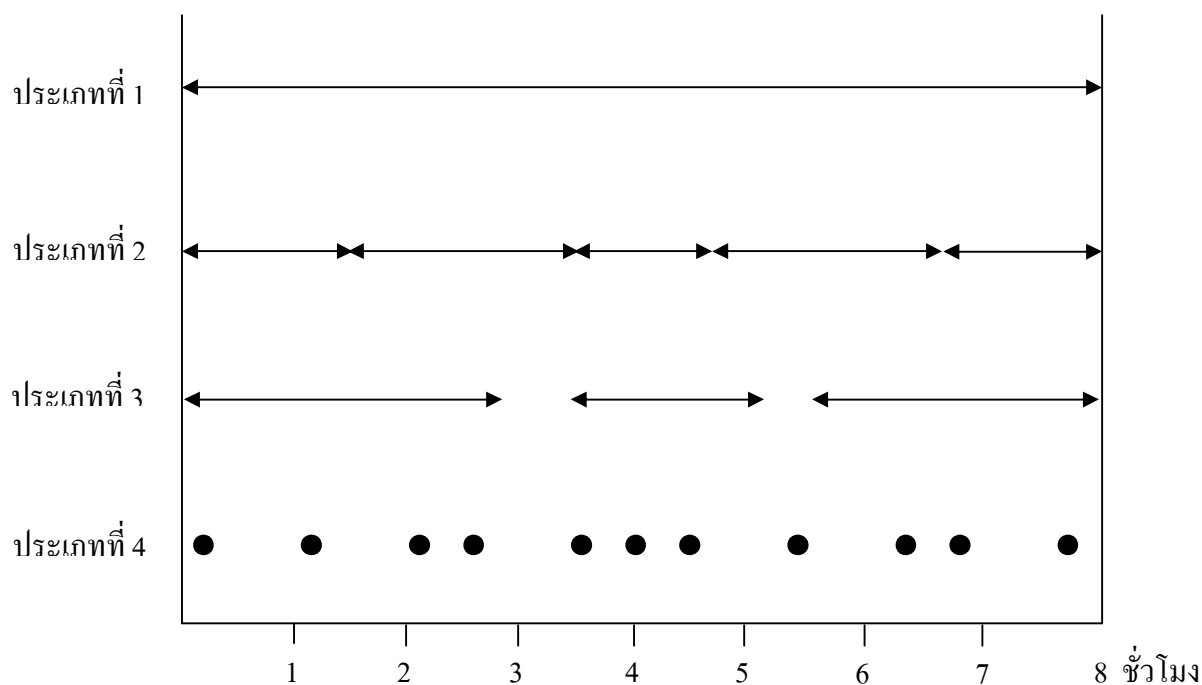
3.1 หลักการ

- 3.1.1 การสำรวจขั้นต้น (preliminary survey หรือ walk-through survey) ผู้ประเมินการสัมผัสสารเคมีอันตรายในสิ่งแวดล้อมของสถานที่ทำงานต้องสำรวจสถานที่ เก็บรวบรวมข้อมูลและสังเกตการทำงาน ค้นหาปัจจัยเสี่ยงที่แฝงอยู่ในสิ่งแวดล้อมของสถานที่ทำงาน เพื่อวางแผนการเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือ เทคนิค และวิธีการเก็บตัวอย่าง
- 3.1.2 การวิเคราะห์กระบวนการผลิตและการทำงาน (process analysis and operation) เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการสัมผัสสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งอาจเป็นวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ ผลผลิต ผลพลอยได้จากการผลิต และกากของเสีย ที่อาจฟุ้งกระจายหรือถูกปลดปล่อยออกสู่อากาศในขณะที่มีการใช้ การขนย้าย การจัดเก็บ หรือการกำจัด กิจกรรมในขณะซ่อมบำรุงเครื่องจักร การหกรั่วไหลและการเกิดอุบัติเหตุ ความถี่ในการซ่อมบำรุง สถิติการหกรั่วไหลของสารเคมีอันตรายและอุบัติเหตุ ลักษณะการสัมผัสและสถานะของสารเคมีอันตราย รวมทั้งรวบรวมรายชื่อสารเคมีอันตรายและวัตถุดิบที่ใช้ในโรงงาน ปัจจัยเสริมเกี่ยวกับทางเข้าสู่ร่างกายของสารเคมีอันตรายที่ควรพิจารณา รายชื่อของผลผลิตและผลพลอยได้ วิธีและมาตรการในการควบคุมที่มีอยู่จำนวนผู้ปฏิบัติงานในแต่ละแผนก
- 3.1.3 การศึกษาทางระบาดวิทยา (epidemiologic study) เป็นการนำข้อมูลทางสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัสกับสารเคมีอันตรายในระดับต่าง ๆ มาวิเคราะห์หาความรุนแรงของผลกระทบต่อสุขภาพ เพื่อให้ทราบถึงกลุ่มเสี่ยงซึ่งอาจเป็นกลุ่มผู้ปฏิบัติงานจำนวนเพียงไม่กี่คน ทั้งนี้ เนื่องจากความแตกต่างของแต่ละบุคคลในการตอบสนองต่อสารเคมีอันตราย ข้อมูลปริมาณการสัมผัสอย่างเดียวยังอาจไม่เพียงพอที่จะบอกถึงอันตรายในผู้ปฏิบัติงานทุกคนได้ แหล่งของข้อมูลที่น่าสนใจ ได้แก่ ข้อมูลจากฝ่ายการแพทย์ของโรงงาน ซึ่งรวมถึงประวัติสุขภาพ ประวัติการทำงาน รายงานการตรวจร่างกาย และจากการสอบถามพนักงาน ส่วนข้อมูลที่ต้องพิจารณาคือ ลักษณะงาน สภาพแวดล้อมในการทำงาน การเปลี่ยนแปลงการทำงาน สถานที่พักอาศัย และสิ่งแวดล้อม
- 3.1.4 การประเมินความเสี่ยงและจัดลำดับการเก็บตัวอย่าง ให้ดำเนินการตาม มอก. 2535-2555
- 3.1.5 เครื่องมือ วิธีการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง ให้พิจารณาดำเนินการตามมาตรฐานต่อไปนี้
 - (1) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการเก็บและวิเคราะห์อนุภาคแขวนลอยในอากาศในสิ่งแวดล้อมการทำงาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม NIOSH Manual of Analytical Methods : method number 0500 และ method number 0600)

- (2) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการเก็บและวิเคราะห์ไอระเหยในสิ่งแวดล้อมการทำงาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม NIOSH Manual of Analytical Methods : method number 1501)
- 3.1.6 แบบบันทึกข้อมูลการตรวจวัด การเก็บตัวอย่างอากาศ และการส่งตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดูภาคผนวก ข.
- 3.1.7 การเก็บตัวอย่างและการตรวจวัดมี 3 ลักษณะ คือ
- 3.1.7.1 การเก็บตัวอย่างอากาศและการตรวจวัดอากาศบริเวณสถานที่ทำงาน
- 3.1.7.2 การเก็บตัวอย่างอากาศและการตรวจวัดอากาศที่ตัวบุคคล
- 3.1.7.3 การเก็บตัวอย่างอากาศที่ระดับหายใจ (breathing zone sampling)
- 3.1.8 กลยุทธ์ในการเก็บตัวอย่าง (sampling strategy) มี 6 ขั้นตอน คือ
- (1) การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ทำงาน
- (2) การประเมินความเสี่ยงและจัดลำดับความสำคัญในการเก็บตัวอย่างอากาศ
- (3) การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง
- (4) การแปลผลข้อมูล
- (5) การเสนอแนะและจัดทำรายงาน
- (6) การกำหนดเวลาการประเมินซ้ำ
- 3.1.8.1 ปัจจัยที่ใช้กำหนดแผนกลยุทธ์ในการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อประเมินการสัมผัสสารเคมีอันตรายจากการประกอบอาชีพ ได้แก่
- (1) วิธีในการเก็บตัวอย่างและการตรวจวัดอากาศ แบ่งตามวัตถุประสงค์มี 4 ประเภท (ดูรูปที่ 1) ได้แก่
- (1.1) เก็บหนึ่งตัวอย่างตลอด 8 h หรือตลอดเวลาการทำงาน (single sample for full period) ความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายที่วัดได้จากการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้จะสะท้อนถึงความเข้มข้นเฉลี่ยของสารเคมีอันตรายที่ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสหรือหายใจเข้าไปตลอดเวลาการทำงาน
- (1.2) การเก็บหลายตัวอย่างต่อเนื่อง 8 h หรือตลอดเวลาการทำงาน (consecutive samples for full period) วิธีนี้ช่วยแก้ปัญหาการอุดตันของฝุ่นบนกระดวยกรอง หรือการเบรกดวงของสารในสถานะก๊าซเมื่อเก็บตัวอย่างด้วยหลอดเก็บตัวอย่าง หากสารเคมี

อันตรายในอากาศมีความเข้มข้นสูง ซึ่งปัญหานี้อาจเกิดขึ้นกับการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีในข้อ 3.1.8.1(1.1) และยังทำให้ทราบถึงความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในแต่ละช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างด้วย ขณะเดียวกันยังคงข้อดี คือ สะท้อนความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายที่ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสหรือหายใจเข้าไปตลอดเวลาการทำงาน

- (1.3) การเก็บตัวอย่างต่อเนื่องมากกว่าหนึ่งตัวอย่าง โดยระยะเวลาการเก็บตัวอย่างทั้งหมดน้อยกว่า 8 h (consecutive samples for partial period) แม้ว่าการเก็บตัวอย่างอากาศตามข้อ 3.1.8.1(1.2) จะเหมาะสมที่สุด แต่ค่าใช้จ่ายสูง จึงอาจสุ่มเก็บตัวอย่างในบางช่วงของการทำงานได้ ทั้งนี้ ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างรวมต้องไม่น้อยกว่า 70% ของเวลาที่ผู้ปฏิบัติงานทำงานสัมผัสกับสารเคมีอันตรายนั้น
- (1.4) การเก็บตัวอย่างในระยะเวลานั้นหลายตัวอย่าง (grab sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างอากาศในระยะเวลานั้น ๆ ซึ่งอาจใช้เวลาไม่กี่วินาทีและไม่เกินตัวอย่างละ 15 min เพื่อประเมินการสัมผัสสารในช่วงเวลานั้น ๆ โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่า OEL (short-term exposure limit, STEL)



รูปที่ 1 วิธีการเก็บตัวอย่าง 4 ประเภท

(ข้อ 3.1.8.1)

- (2) ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (sampling duration) ควรเก็บตัวอย่างนานพอที่จะรวบรวมสารเคมีอันตรายสำหรับวิเคราะห์แต่ต้องไม่มากจนเกิดการเบรคทูล สำหรับหลอดเก็บตัวอย่างหรือเกิดการอุดตันกระดาศกรอง ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างให้พิจารณาปัจจัยต่อไปนี้

- (2.1) ความไว (sensitivity) เป็นปริมาณน้อยที่สุดของสารอันตรายที่วิธีวิเคราะห์หรือเครื่องมือตรวจพบสารได้อย่างถูกต้อง
 - (2.2) ความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย ถ้าความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในอากาศสูง ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างจะสั้นกว่าเมื่อความเข้มข้นของสารในอากาศต่ำ
 - (2.3) ค่ามาตรฐานที่ต้องการเปรียบเทียบ เช่น ค่า OEL-TWA OEL-STEL OEL-C และ IDLH
- (3) ช่วงเวลาของวัน ให้พิจารณาการทำงานโดยคำนึงถึงปริมาณการผลิตในแต่ละกะการทำงาน และอุณหภูมิในช่วงเวลาของวัน เนื่องจากมีผลต่อระดับความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในอากาศแตกต่างกัน
 - (4) ฤดูกาล ในแต่ละฤดูกาลปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นสารเคมีอันตรายในอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และกระแสลม อาจมีความแตกต่างกัน
 - (5) ความต้องการของตลาด ในช่วงที่ความต้องการของตลาดสูง ปริมาณการผลิตจะเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงการเพิ่มปริมาณของวัตถุดิบ และอาจส่งผลให้สารเคมีอันตรายในอากาศเพิ่มสูงขึ้นด้วย
- 3.1.9 จำนวนคนที่ต้องเก็บตัวอย่าง เมื่อกำหนด SEG แล้วให้พิจารณากลุ่มผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัสกับสารเคมีอันตรายมากกว่าหรือสูงที่สุดในกลุ่ม โดยพิจารณาจากลักษณะการทำงาน เช่น การใช้สารเคมีอันตรายในปริมาณมาก อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดสารเคมีอันตราย ทำหน้าที่พิเศษแตกต่างจากผู้ปฏิบัติงานอื่น สถานที่ทำงานและจุดที่ทำงาน เช่น อยู่เหนือลม อยู่ใต้ลม มุมอับอากาศ หากระบุไม่ได้ว่าใครเป็นผู้มีความเสี่ยงเนื่องจากมีลักษณะงานและวิธีการทำงานเหมือนกันทั้งหมด ให้ใช้วิธีการสุ่มเลือกผู้ปฏิบัติงานใน SEG ตามจำนวนดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งคำนวณด้วยวิธีทางสถิติที่ให้ความเชื่อมั่น 90% ว่า ในกลุ่มคนงานที่สุ่มมานี้ อย่างน้อยหนึ่งคนเป็นคนที่อยู่ในกลุ่ม 10% ของผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัสสารเคมีอันตรายสูงสุด

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ปฏิบัติงานที่ต้องสุ่มเลือกจากแต่ละ SEG

(ข้อ 3.1.9)

จำนวนคนงานในกลุ่มงาน (คน)	จำนวนคนงานสุ่มเลือก (คน)	จำนวนคนงานในกลุ่มงาน (คน)	จำนวนคนงาน สุ่มเลือก (คน)
7	7	18 ถึง 20	13
8	7	21 ถึง 24	14
9	8	25 ถึง 29	15
10	9	30 ถึง 37	16
11 ถึง 12	10	38 ถึง 49	17
13 ถึง 14	11	50	18
15 ถึง 17	12		

3.1.10 การแปลผล แบ่งลักษณะของการสัมผัสเป็น 3 ลักษณะ คือ

3.1.10.1 การสัมผัสอยู่ในระดับยอมรับได้ (ต่ำกว่า OEL)

3.1.10.2 การสัมผัสอยู่ในระดับยอมรับไม่ได้ (สูงกว่า OEL)

3.1.10.3 ข้อมูลไม่เพียงพอสำหรับการตัดสินใจ เนื่องจาก ข้อมูลการสัมผัสหรือข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพ ให้ค้นคว้าหรือเก็บตัวอย่างอากาศเพิ่มเติมเพื่อสรุปผลตามข้อ 3.1.10.1 หรือ ข้อ 3.1.10.2

3.2 การคำนวณความเข้มข้นเฉลี่ย

การคำนวณความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในอากาศของแต่ละตัวอย่าง โดยดำเนินการตาม

- (1) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการเก็บและวิเคราะห์อนุภาคแขวนลอยในอากาศในสิ่งแวดล้อมการทำงาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ในกรณียังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม NIOSH Manual of Analytical Method : method number 0500 และ method number 0600)
- (2) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการเก็บและวิเคราะห์ไอระเหยในสิ่งแวดล้อมการทำงานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ในกรณียังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม NIOSH Manual of Analytical Method : method number 1501)

หลังจากนั้นนำค่าความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในอากาศมาคำนวณค่าขอบเขตบนของช่วงความเชื่อมั่น และค่าขอบเขตล่างของช่วงความเชื่อมั่น ตามลักษณะของการเก็บตัวอย่าง ดังภาคผนวก ก.

3.3 ความถี่ในการประเมินการสัมผัสสาร

ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารเคมีอันตรายในอากาศซึ่งสะท้อนระดับการสัมผัสสารของผู้ปฏิบัติงาน เป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานตาม มอก. 2535-2555 จากผลการประเมินความเสี่ยงดังกล่าว นำมาสู่การประเมินซ้ำ เพื่อการเฝ้าระวังการสัมผัสสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงานซึ่งมีเกณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความถี่ในการประเมินซ้ำ พิจารณาจากความเสี่ยง
(ข้อ 3.3)

ระดับความเสี่ยง	ความถี่ในการประเมินซ้ำ
สูงมาก	ติดตามตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง
สูง	ทุก 1-3 เดือน
ปานกลาง	ทุก 3-12 เดือน
ต่ำ	1-3 ปี
ไม่สำคัญ	3-5 ปี

ภาคผนวก ก.

การคำนวณความเข้มข้นเฉลี่ยและตัวอย่าง

(ข้อ 3.1.6 และข้อ 3.2)

ก.1 ขอบเขตช่วงความเชื่อมั่น (confidence interval limits)

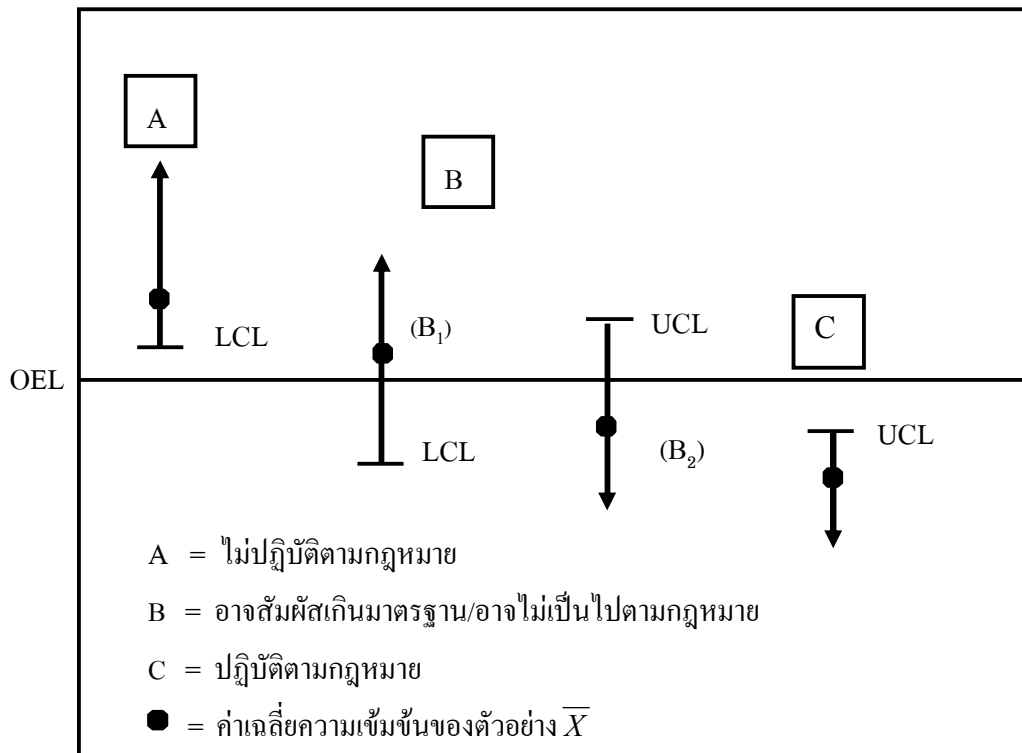
การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศมีโอกาสดคลเคลื่อนไปจากการสัมผัสจริงของผู้ปฏิบัติงาน เนื่องจากความแปรปรวน (variation) ของเครื่องมือและอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ความผิดพลาดในการสุ่มเก็บตัวอย่าง การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างและความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อมในการทำงานแต่ละกะ จึงต้องใช้วิธีการทางสถิติช่วยเพื่อประมาณการสัมผัสที่ของผู้ปฏิบัติงานในช่วงความเชื่อมั่นที่กำหนด นั่นคือ ค่าการสัมผัสเฉลี่ยที่แท้จริงของผู้ปฏิบัติงานอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นซึ่งคำนวณจาก $\bar{X} \pm S.E.$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสาร

S.E. คือ ค่าผิดพลาดมาตรฐาน (standard error)

การคำนวณทางสถิติเพื่อหาช่วงของค่าที่เชื่อว่าครอบคลุมค่าการสัมผัสที่แท้จริง ซึ่งในที่นี้กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ช่วงค่าดังกล่าวเรียกว่า ช่วงความเชื่อมั่น โดยค่าขอบเขตบนของช่วงความเชื่อมั่น คือ UCL และค่าขอบเขตล่างของช่วงความเชื่อมั่น คือ LCL การคำนวณช่วงความเชื่อมั่น ในที่นี้เป็นแบบปลายเดียว (one-tail interval) ซึ่งอาจเป็น UCL หรือ LCL อย่างใดอย่างหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ คือ การสัมผัสสารของผู้ปฏิบัติงานสูงเกินมาตรฐานหรือไม่ หรือการสัมผัสสารของผู้ปฏิบัติงานอยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่ ทั้งนี้ เจ้าหน้าที่ของรัฐทดสอบการไม่ปฏิบัติตามกฎหมาย ขณะที่เจ้าของสถานประกอบการ หรือผู้มีหน้าที่รับผิดชอบทดสอบการปฏิบัติตามกฎหมาย ซึ่งจัดประเภทของผลการทดสอบได้ดังนี้ (ดูรูปที่ ก.1)

- ก.1.1 กรณี A; LCL สูงกว่า OEL หมายความว่า ด้วยความเชื่อมั่น 95% ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายที่ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสสูงกว่าค่า OEL นั่นคือ การสัมผัสสารของผู้ปฏิบัติงานไม่เป็นไปตามกฎหมาย
- ก.1.2 กรณี C; UCL ต่ำกว่า OEL หมายความว่า ด้วยความเชื่อมั่น 95% ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายที่ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสต่ำกว่า OEL นั่นคือ การสัมผัสสารของผู้ปฏิบัติงานเป็นไปตามกฎหมาย
- ก.1.3 กรณี B₁ และ B₂; UCL สูงกว่ามาตรฐานแต่ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสารต่ำกว่าค่ามาตรฐาน หรือ LCL ต่ำกว่ามาตรฐานแต่ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสารสูงกว่ามาตรฐาน นั่นคือ ผู้ปฏิบัติงานอาจสัมผัสสารเคมีอันตรายสูงหรือต่ำกว่าค่า OEL



รูปที่ ก.1 UCL_{95%} และ LCL_{95%}

(ข้อ ก.1)

ก.2 การคำนวณเพื่อจัดประเภทการสัมผัสสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงาน

เนื่องจากการสัมผัสสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงานแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

- (1) สูงกว่ามาตรฐาน
- (2) ต่ำกว่ามาตรฐาน
- (3) อาจสูงหรือต่ำกว่ามาตรฐาน

เพื่อให้มั่นใจในการจัดประเภทดังกล่าว จึงได้นำวิธีการทางสถิติมาใช้ในการตัดสินใจ ซึ่งมีวิธีการคำนวณแตกต่างกันตามประเภทของค่า OEL ดังต่อไปนี้

ก.2.1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่า OEL สำหรับการสัมผัสสารเฉลี่ย 8 h OEL (TWA) จากวิธีในการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานสำหรับการทำงาน 8 h/d มี 4 วิธี ตามที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 3.1.8.1 (1) สามารถคำนวณเพื่อจัดประเภทการสัมผัสสำหรับแต่ละวิธีเหล่านี้แตกต่างกัน ดังนี้

ก.2.1.1 การเก็บหนึ่งตัวอย่างตลอด 8 h หรือตลอดเวลาการทำงาน มีขั้นตอนการคำนวณดังแสดงด้วยตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 จากการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาอัลฟาคลอโรอะซิโตฟีโนน (alpha - chloroacetophenone) ด้วยหลอดเก็บตัวอย่างชนิดบรรจุผงถ่าน (charcoal tube) โดยเก็บตัวอย่างอากาศด้วยอัตราการไหลของอากาศ $100 \text{ cm}^3/\text{min}$ หนึ่งตัวอย่างต่อเนื่องนาน 8 h ผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการพบว่าสารมีความเข้มข้น 0.2 mg/m^3 และค่าประมาณความถูกต้องเที่ยงตรงรวม (estimate of overall precision, Sr_t) ซึ่งได้รวมความคลาดเคลื่อนของเครื่องดูดอากาศไว้ด้วยแล้ว เท่ากับ 0.09 และ ค่า OEL-TWA = 0.3 mg/m^3 การสัมผัสสารของผู้ปฏิบัติงานจัดอยู่ในประเภทใด

ขั้นตอนการคำนวณ

(ก) เมื่อ X หมายถึง ความเข้มข้นของสารในตัวอย่างอากาศ

Std. หมายถึง ค่ามาตรฐาน (OEL-TWA)

Sr_t หมายถึง ความถูกต้องเที่ยงตรงรวม คำนวณจากสัมประสิทธิ์ความ

แปรปรวนของการเก็บตัวอย่าง/วิธีวิเคราะห์ ซึ่งได้จากข้อมูลในอดีต หรือการทดลอง หรือจากวิธีการวิเคราะห์ เช่น วิธีการของ NIOSH method

(ข) หาค่าความเข้มข้นสารเคมีอันตรายในตัวอย่างอากาศ (X) ด้วยค่ามาตรฐาน (Std.) เพื่อให้ได้ค่า x นั่นคือ $x = X/\text{Std.}$ ทำให้ x เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย ในการเปรียบเทียบกับ LCL และ UCL จึงเปรียบเทียบกับ 1 เสมอ ไม่ว่าค่ามาตรฐานจะเป็นเท่าใดหรือหน่วยใด นั่นคือ

$$x = \frac{0.2 \text{ mg/m}^3}{0.3 \text{ mg/m}^3} = 0.67$$

(ค) คำนวณหา LCL และ UCL

สำหรับเจ้าหน้าที่ทดสอบการไม่ปฏิบัติตามกฎหมาย คำนวณ LCL (95%)

$$\text{LCL (95\%)} = x - (1.645) \times (Sr_t)$$

$$\text{LCL} = 0.67 - (1.645) \times (0.09) = 0.52$$

สำหรับนายจ้างทดสอบการปฏิบัติตามกฎหมาย คำนวณ UCL (95%)

$$\text{UCL (95\%)} = x + (1.645) \times (Sr_t)$$

$$\text{UCL} = 0.67 + (1.645) \times (0.09) = 0.82$$

(ง) การจัดประเภทของการสัมผัส

(ง.1) สำหรับเจ้าหน้าที่ทดสอบโดยคำนวณ LCL ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ คือ

ถ้า $\text{LCL} > 1$ หมายถึง การสัมผัสสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงานไม่เป็นไปตามกฎหมาย

ถ้า $x > 1$ และ $\text{LCL} \leq 1$ หมายถึง การสัมผัสสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงานอาจไม่เป็นไปตามกฎหมาย

ถ้า $x \leq 1$ หมายถึง ไม่ต้องทดสอบทางสถิติเพราะค่า LCL ย่อมต่ำกว่า 1
การสัมผัสสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงานจึงเป็นไปตาม
ตามกฎหมาย

ดังนั้น เมื่อ $x = 0.67$ การสัมผัสสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงานจึงเป็นไปตาม
กฎหมาย ด้วยความเชื่อมั่น 95%

(ง.2) สำหรับนายจ้าง ทดสอบโดยคำนวณ UCL ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ คือ

ถ้า $UCL \leq 1$ หมายถึง การสัมผัสเป็นไปตามกฎหมาย

ถ้า $UCL > 1$ หมายถึง อาจสัมผัสเกินค่ามาตรฐาน

ถ้า $x > 1$ หมายถึง ไม่ต้องทดสอบทางสถิติ เพราะ UCL ย่อมมากกว่า 1

ดังนั้น เมื่อ $UCL = 0.82$ การสัมผัสสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงานจึงเป็นไปตาม
กฎหมายด้วยความเชื่อมั่น 95%

ก.2.1.2 การเก็บหลายตัวอย่างต่อเนื่อง 8 h หรือตลอดเวลาการทำงาน เนื่องจากความเข้มข้นใน 8 h
การทำงานอาจมีความแปรปรวนมากน้อยต่างกัน ซึ่งความแตกต่างมากน้อยดังกล่าวนี้นี้มีอิทธิพลต่อ
ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าที่วิเคราะห์ได้จากค่าที่แท้จริง ดังนั้น เพื่อให้การจัดประเภทการสัมผัส
ถูกต้องที่สุด จึงแบ่งการสัมผัสออกเป็น การเก็บตัวอย่างเต็มเวลาเมื่อการสัมผัสสารเคมีอันตรายของ
ผู้ปฏิบัติงานคงที่ (uniform exposure) ตลอดเวลาการทำงาน นั่นคือกรณีที่ความเข้มข้นของสารเคมี
อันตรายตลอด 8 h คงที่ ถ้าการสัมผัสสารเคมีอันตรายแปรผันมากในวันหนึ่งๆ จัดเป็นการ
เก็บตัวอย่างเต็มเวลาเมื่อการสัมผัสสารเคมีอันตรายไม่คงที่ เพราะการจัดแบบแรกจะทำให้
ค่าประมาณการสัมผัสต่ำกว่าค่าที่แท้จริง เพราะค่าผิดพลาดมาตรฐานของค่าเฉลี่ย มีขนาดเล็กกว่า
ซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสที่เจ้าหน้าที่จะตัดสินใจว่านายจ้างไม่ปฏิบัติตามกฎหมาย และสำหรับนายจ้างอาจ
ตัดสินใจว่าการสัมผัสสารเคมีอันตรายของลูกจ้างต่ำกว่าค่ามาตรฐานหรือค่าเสนอแนะได้ ในขณะที่
วิธีการสัมผัสสารเคมีอันตรายไม่คงที่ ค่า LCL ต่ำกว่าและ UCL สูงกว่าที่คำนวณโดยวิธีการสัมผัส
สารเคมีอันตรายของคงที่

(1) การเก็บตัวอย่างเต็มเวลาเมื่อมีการสัมผัสสารเคมีอันตรายที่มีขั้นตอนการคำนวณดังตัวอย่าง ดังนี้

ตัวอย่างที่ 2 เก็บตัวอย่างอากาศโดยตลอดเก็บตัวอย่างชนิดบรรจุผงถ่าน 3 ตัวอย่างต่อเนื่อง
ด้วยอัตราการไหลของอากาศ $50 \text{ cm}^3/\text{min}$ เพื่อวิเคราะห์หาสารไอโซเอมิล แอลกอฮอล์
(isoamyl alcohol) พบว่าการสัมผัสสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงานคงที่ เนื่องจากมีผลการ
วิเคราะห์ ดังนี้ $X_1 = 325 \text{ mg/m}^3$ $X_2 = 505 \text{ mg/m}^3$ $X_3 = 397 \text{ mg/m}^3$ จากการเก็บตัวอย่างนาน T_1
 $= 150 \text{ min}$ $T_2 = 100 \text{ min}$ $T_3 = 230 \text{ min}$ ทั้งนี้ วิธีเก็บและวิเคราะห์มาตรฐานของสารระบุค่า
 $Sr_i = 0.08$ และค่ามาตรฐาน (Std. TWA) $= 360 \text{ mg/m}^3$

ขั้นตอนการคำนวณ

(ก) เมื่อ $X_1, X_2, \dots, X_n$ หมายถึง ความเข้มข้นของตัวอย่างที่เก็บได้ในกะหนึ่ง

$T_1, T_2, \dots, T_n$ หมายถึง ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง

Sr_i หมายถึง ความถูกต้องเที่ยงตรงรวม

(ข) คำนวณหา TWA จากสูตร $TWA = \sum X_i T_i / 480$

$$\begin{aligned} \text{นั่นคือ } TWA &= ((150 \times 325) + (100 \times 505) + (230 \times 397)) / 480 \\ &= 397 \text{ mg/m}^3 \end{aligned}$$

(ค) หาค่าความเข้มข้นสารในตัวอย่างอากาศ (X) ด้วยค่ามาตรฐาน (Std.) เพื่อให้ได้ค่า x
นั่นคือ $x = X/\text{Std.}$ ทำให้ x เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย ในการเปรียบเทียบกับ LCL และ UCL
จึงเปรียบเทียบกับ 1 เสมอไม่ว่าค่ามาตรฐานจะเป็นเท่าใดหรือหน่วยใด นั่นคือ

$$\begin{aligned} x &= \frac{397}{360} \\ x &= 1.10 \end{aligned}$$

(ง) คำนวณ LCL หรือ UCL จาก

$$\text{LCL (95\%)} = x - 1.645(S_{rt}) \left(\frac{\sqrt{\sum T_i^2}}{\sum T} \right) \quad \text{และ}$$

$$\text{UCL (95\%)} = x + 1.645(S_{rt}) \left(\frac{\sqrt{\sum T_i^2}}{\sum T} \right)$$

ถ้าระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างเท่ากันทั้งหมด สามารถใช้สูตร

$$\text{LCL (95\%)} = x - 1.645 \frac{(S_{rt})}{\sqrt{n}}$$

$$\text{UCL (95\%)} = x + 1.645 \frac{(S_{rt})}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่าง

นั่นคือ LCL (95%) สำหรับเจ้าหน้าที่

$$\begin{aligned} \text{LCL} &= 1.10 - (1.645)(0.08) \frac{(\sqrt{(150)^2 + (100)^2 + (230)^2})}{150 + 100 + 250} \\ &= 1.10 - 0.08 = 1.02 \end{aligned}$$

ในขณะที่ UCL สำหรับนายจ้างไม่จำเป็นต้องทดสอบเพราะ $x > 1$

(จ) จัดประเภทการสัมผัส

(จ.1) สำหรับเจ้าหน้าที่

$\text{LCL} > 1$ หมายถึง ไม่ปฏิบัติตามกฎหมาย

$x > 1$ และ $LCL \leq 1$ หมายถึง อาจสัมผัสสารมากกว่ามาตรฐาน
 $x \leq 1$ หมายถึง ไม่ต้องทดสอบทางสถิติเพื่อดูว่าปฏิบัติตาม
 กฎหมายหรือไม่

เนื่องจาก $LCL = 1.02$ จึงจัดอยู่ในกลุ่มไม่ปฏิบัติตามกฎหมายที่ระดับความ
 เชื่อมั่น 95%

(จ.2) สำหรับนายจ้าง

$UCL \leq 1$ หมายถึง เป็นไปตามกฎหมาย
 $UCL > 1$ หมายถึง อาจสัมผัสสารมากกว่ามาตรฐาน
 $x > 1$ หมายถึง ไม่ต้องทดสอบ เพราะ UCL ย่อมมากกว่า 1

- (2) การเก็บตัวอย่างเต็มเวลาเมื่อการสัมผัสสารไม่คงที่ในกรณีที่มีความแปรปรวนในสิ่งแวดล้อม
 สูงเป็นเหตุให้ความเข้มข้นของสารหรือการสัมผัสสารของผู้ปฏิบัติงานแปรปรวนสูงขึ้น
 การคำนวณค่า LCL และ UCL เพื่อจัดประเภทควรใช้วิธีการคำนวณต่อไปนี้ ซึ่งจะทำให้ได้ค่า
 คลาดเคลื่อนใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่า

ตัวอย่างที่ 3 เก็บตัวอย่างอากาศเพื่อประเมินการสัมผัสไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ของ
 ผู้ปฏิบัติงานด้วยหลอดเก็บตัวอย่างชนิดบรรจุผงถ่าน 2 ตัวอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการไหล
 ของอากาศ $50 \text{ cm}^3/\text{min}$ เมื่อส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการพบว่ามีความเข้มข้นของสาร ดังนี้
 $X_1 = 108 \text{ mg/m}^3$ และ $X_2 = 505 \text{ mg/m}^3$ จากการเก็บตัวอย่างนาน $T_1 = 300 \text{ min}$ และ $T_2 = 180$
 min ตามลำดับ ค่า $Sr_i = 0.08$ และค่ามาตรฐาน Std. (OEL-TWA) = 360 mg/m^3 การสัมผัสสาร
 ของผู้ปฏิบัติงานจัดอยู่ในประเภทใด

ขั้นตอนการคำนวณ

- (ก) เมื่อ $X_1, X_2, \dots, X_n$ หมายถึง ความเข้มข้นของสารในตัวอย่าง
 $T_1, T_2, \dots, T_n$ หมายถึง ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง
 Sr_i หมายถึง ความถูกต้องเที่ยงตรงรวม

- (ข) คำนวณหาค่า TWA จากสูตร $TWA = \frac{(\sum T_i X_i)}{\sum T_i}$

$$\begin{aligned} TWA &= \frac{(300 \times 108) + (180 \times 505)}{300 + 180} \\ &= 257 \text{ mg/m}^3 \end{aligned}$$

- (ค) หาค่าความเข้มข้นสารในตัวอย่างอากาศ (X) ด้วยค่ามาตรฐาน (Std) เพื่อให้ได้ค่า x นั่นคือ $x = X/Std$. ทำให้ x เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย ในการเปรียบเทียบกับ LCL และ UCL จึงเปรียบเทียบกับ 1 เสมอไม่ว่าค่ามาตรฐานจะเป็นเท่าใดหรือหน่วยใด นั่นคือ

$$x = \frac{TWA}{Std}$$

$$x = \frac{257}{360}$$

$$x = 0.71$$

- (ง) คำนวณหา LCL และ UCL

- (ง.1) สำหรับเจ้าหน้าที่

$$LCL(95\%) = x - (1.645)(S_n) \left(\frac{\sqrt{\sum T_i^2 X_i^2}}{Std(\sum T_i) \sqrt{1 + S_{rt}^2}} \right)$$

เนื่องจาก $x < 1$ ไม่จำเป็นต้องทดสอบ LCL

- (ง.2) สำหรับนายจ้าง

$$UCL(95\%) = x + (1.645)(S_n) \left(\frac{\sqrt{\sum T_i^2 X_i^2}}{Std(\sum T_i) \sqrt{1 + S_{rt}^2}} \right)$$

$$UCL(95\%) = 0.71 + (1.645)(0.08) \left(\frac{\sqrt{300^2 * 30^2 + 180^2 * 140^2}}{100(300 + 180) * \sqrt{1 + 0.08^2}} \right)$$

$$UCL(95\%) = 0.71 + 0.07 = 0.78$$

ถ้าระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างเท่ากันทั้งหมด สามารถใช้สูตร

$$LCL(95\%) = x - (1.645)(S_n) \left(\frac{\sqrt{\sum X_i^2}}{Std(n) \sqrt{1 + S_{rt}^2}} \right)$$

$$UCL(95\%) = x + (1.645)(S_n) \left(\frac{\sqrt{\sum X_i^2}}{Std(n) \sqrt{1 + S_{rt}^2}} \right)$$

- (จ) จัดประเภทการสัมผัส

- (จ.1) สำหรับเจ้าหน้าที่

$LCL > 1$ หมายถึง ไม่ปฏิบัติตามกฎหมาย

$x > 1$ และ $LCL \leq 1$ หมายถึง อาจสัมผัสสารเกินมาตรฐาน

$x \leq 1$ หมายถึง ไม่ต้องทดสอบทางสถิติ

เนื่องจาก $x = 0.71$ เจ้าหน้าที่ไม่ต้องทดสอบทางสถิติ

(จ.2) สำหรับนายจ้าง

$$UCL \leq 1$$

หมายถึง ปฏิบัติตามกฎหมาย

$$UCL > 1$$

หมายถึง อาจสัมผัสสารมากกว่ามาตรฐาน

$$x > 1$$

หมายถึง ไม่ต้องทดสอบทางสถิติ

เนื่องจาก $UCL = 0.78$ ค่า TWA จึงน้อยกว่ามาตรฐาน ฉะนั้น การสัมผัสจึงเป็นไปตามมาตรฐาน

ก.2.1.3 การเก็บตัวอย่างต่อเนื่องมากกว่าหนึ่งตัวอย่างโดยระยะเวลาการเก็บตัวอย่างทั้งหมดน้อยกว่า 8 h สำหรับเจ้าหน้าที่ประเมินการปฏิบัติตามกฎหมายเท่านั้น ซึ่งอาจไม่สามารถทำการเก็บตัวอย่างตลอดระยะเวลา 8 h หรือตลอดกะนั้น ๆ ได้ วิธีการคำนวณมีหลักการเช่นเดียวกับข้อ ก.2.1.2 แต่สำหรับวิธีนี้ ในการคำนวณหาค่าการสัมผัสเฉลี่ยให้สมมติว่า ในช่วงเวลาที่ไม่ได้เก็บตัวอย่างอากาศนั้น การสัมผัสสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงานเท่ากับศูนย์ ดังนั้น จึงต้องปรับค่ามาตรฐานหรือขีดจำกัดให้เหมาะสมสำหรับเงื่อนไขดังกล่าวโดยการคำนวณหาขีดจำกัดสำหรับบางช่วงเวลา (partial period limit, PPL) จากสูตรต่อไปนี้

$$PPL = \frac{\text{ระยะเวลาสำหรับ Std. (OEL-TWA 8 ชั่วโมง)}}{\text{ระยะเวลาทั้งหมดที่เก็บตัวอย่าง}}$$

ตัวอย่างที่ 4 เจ้าหน้าที่จากกระทรวงแรงงานเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อประเมินการสัมผัสไอโซเอมิดแอลกอฮอล์ของผู้ปฏิบัติงานด้วยหลอดเก็บตัวอย่างชนิดบรรจุผงถ่าน 3 ตัวอย่าง ต่อเนื่องด้วย อัตราการไหลของอากาศ $50 \text{ cm}^3/\text{min}$ เมื่อส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีความเข้มข้นของสารก่อนข้างคงที่ นั่นคือ มีความเข้มข้นของสาร ดังนี้ $X_1 = 325$ $X_2 = 505$ $X_3 = 397 \text{ mg/m}^3$ จากการเก็บตัวอย่างนาน $T_1 = 100$ $T_2 = 100$ $T_3 = 200 \text{ min}$ ตามลำดับ ค่า $Sr_t = 0.08$ และค่ามาตรฐาน Std. (OEL-TWA) = 360 mg/m^3 การสัมผัสสารเคมีอันตรายของผู้ปฏิบัติงานจัดอยู่ในประเภทใด

ขั้นตอนการคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{(ก) } \text{คำนวณหา PPL} &= \frac{480 \text{ min}}{400 \text{ min}} \\ &= 1.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ข) } \text{คำนวณหาค่าเฉลี่ยการสัมผัสสาร (TWA)} &= \sum X_i T_i / 480 \\ \text{นั่นคือ TWA} &= \frac{((325 \times 100) + (505 \times 100) + (397 \times 200))}{480} \\ &= 338 \text{ mg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } x &= \frac{\text{TWA}}{\text{Std.}} \end{aligned}$$

$$= \frac{338}{360}$$

$$x = 0.9375$$

- (ค) คำนวณหาค่า LCL และ UCL โดยใช้สูตรเดียวกับข้อ ก.2.1.2 โดยพิจารณาว่าความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายที่คนงานสัมผัสนั้นแปรปรวนมากหรือค่อนข้างคงที่แล้วเลือกวิธีการคำนวณให้เหมาะสม ซึ่งในตัวอย่างนี้ความเข้มข้นค่อนข้างคงที่ดังนั้น

$$LCL (95\%) = x - 1.645(S_r) \left(\frac{\sqrt{\sum T_i^2}}{\sum T_i} \right)$$

- (ง) จากนั้นพิจารณาว่าค่าการสัมผัสเฉลี่ยที่คำนวณได้เป็นไปตามกฎหมายหรือไม่ ให้พิจารณาจาก

$LCL > PPL$ หมายถึง ไม่เป็นไปตามกฎหมาย

$x > PPL$ และ $LCL \leq PPL$ หมายถึง อาจสัมผัสสารเกินมาตรฐาน

$x \leq PPL$ หมายถึง ไม่จำเป็นต้องทดสอบทางสถิติ

เนื่องจาก $x = 0.9375$ น้อยกว่า PPL ซึ่งเท่ากับ 1.2 จึงไม่จำเป็นต้องคำนวณหา LCL อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เข้าใจขั้นตอนการคำนวณ ในที่นี้จึงได้แสดงวิธีการคำนวณหา LCL ดังนี้

$$LCL = 0.9375 - \frac{[1.645(0.08)(100^2+100^2+200^2)^{1/2}]}{400}$$

$$LCL = 0.9375 - 0.08 = 0.86$$

และเนื่องจากการเก็บตัวอย่างอากาศในลักษณะนี้เป็นวิธีการสำหรับเจ้าหน้าที่เท่านั้น จึงไม่จำเป็นต้องคำนวณหา UCL สำหรับนายจ้างเพื่อทดสอบการปฏิบัติตามกฎหมาย

- ก.2.1.4 การเก็บตัวอย่างในระยะเวลาสั้นหลายตัวอย่าง ไม่ควรเก็บตัวอย่างให้กระจุกอยู่ในชั่วโมงสั้น ๆ เช่น 2 h สุดท้ายของกะแต่ควรเก็บตัวอย่างหลายตัวอย่างกระจายตลอด 8 h การทำงาน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างและไม่ลำเอียงในการเลือกเวลาเก็บ วิธีการนี้ใช้กับข้อมูลที่มีค่า = 0 ไม่ได้ เนื่องจากจำนวนตัวอย่างมีผลต่อค่าผิดพลาดมาตรฐาน จึงแบ่งการคำนวณเพื่อจัดประเภทการสัมผัสเป็น 2 วิธีตามขนาดของตัวอย่าง คือ

- (1) จำนวนตัวอย่างน้อยกว่า 30 ตัวอย่าง แสดงวิธีการคำนวณจากตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 5 เก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) โดยใช้หลอดเก็บตัวอย่างชนิดบรรจุผงถ่านด้วยอัตราการไหลอากาศ 25 cm³/min เก็บตัวอย่างอากาศทั้งสิ้น 8 ตัวอย่าง นาน 20 min ต่อตัวอย่าง ค่า OEL-TWA (Std.) = 1 900 mg/m³ S_{PT} = 0.06 ผลการวิเคราะห์ คือ X₁ = 2 315 mg/m³ X₂ = 1 512 mg/m³ X₃ = 2 117 mg/m³ X₄ = 2 759 mg/m³ X₅ = 1 843 mg/m³ X₆ = 1 852 mg/m³ X₇ = 992 mg/m³ และ X₈ = 2 438 mg/m³

ขั้นตอนการคำนวณ

- (ก) หาค่าความเข้มข้นสารในตัวอย่างอากาศ (X) ด้วยค่ามาตรฐาน (Std) เพื่อให้ได้ค่า x นั่นคือ $x = X/Std$. ทำให้ x เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย ในการเปรียบเทียบกับ LCL และ UCL จึงเปรียบเทียบกับ 1 เสมอไม่ว่าค่ามาตรฐานจะเป็นเท่าใดหรือหน่วยใด นั่นคือ

$$x = \frac{X_i}{Std.}$$

ทำให้ x เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย จากนั้น คำนวณค่า $y_i = \log x_i$

X_i (mg/m ³)	x_i	y_i
2 328	1.23	0.0881
1 520	0.80	-0.0969
2 128	1.12	0.0492
2 774	1.46	0.1644
1 853	0.98	-0.0110
1 862	0.98	-0.0088
998	0.53	-0.2798
2 451	1.29	0.1106

- (ข) คำนวณค่าตัวแปรที่ใช้ในการจัดประเภทการสัมผัส (classification variables)

$$\bar{y} = \text{ค่าเฉลี่ยของ } \sum y_i = (\sum y_i)/n$$

$$= 0.002$$

$$s = \text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ } y_i$$

$$= \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

$$= 0.140$$

$$n = \text{จำนวนตัวอย่าง}$$

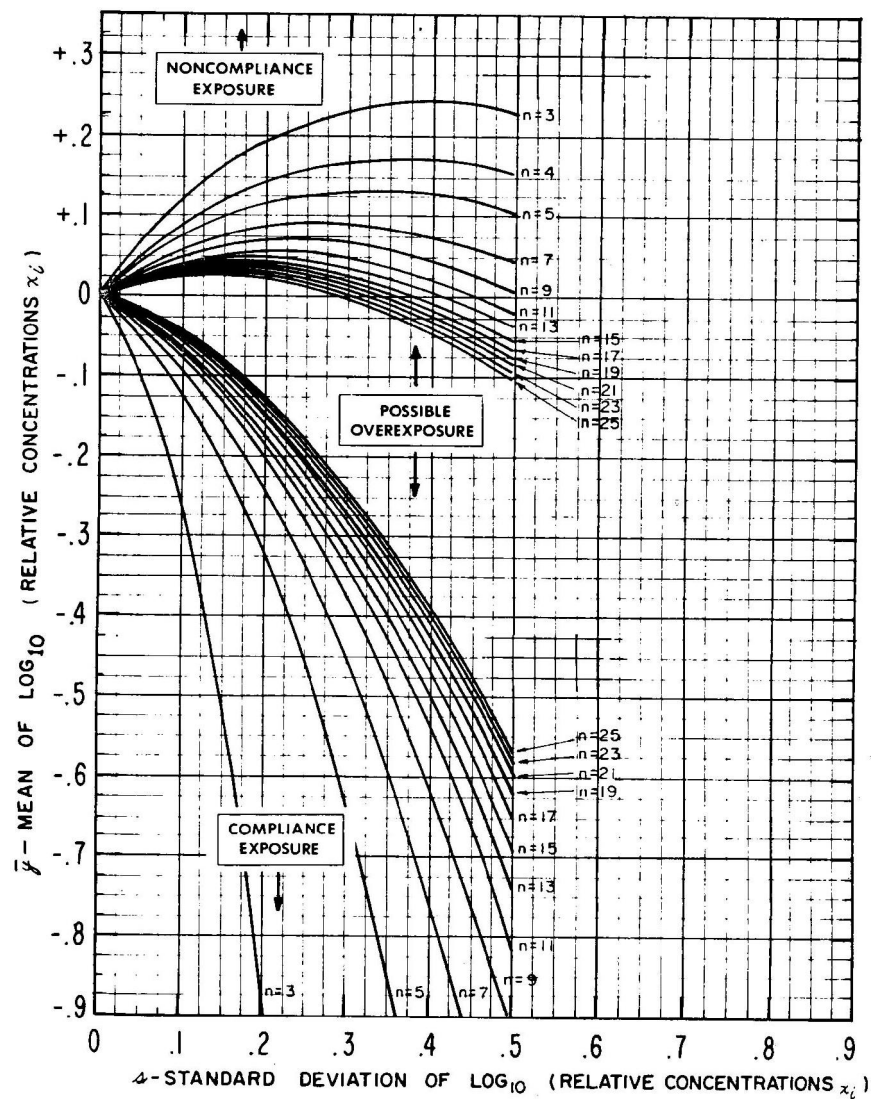
$$= 8$$

- (ค) เขียนจุด (plot) $\bar{y}$ และ s บนแผนภูมิจำแนกประเภท (classification chart) ดังรูปที่ ก.2 เส้นกราฟแต่ละเส้นสำหรับ n แต่ละค่า ซึ่งในแผนภูมิจำแนกประเภท มีค่า n เท่ากับ 3 ถึง 25 ดังนี้

(ค.1) เขียนจุด $\bar{y}$ และ s บนแผนภูมิจำแนกประเภทดังรูปที่ ก.2

(ค.2) ถ้าจุดที่ได้อยู่บนหรือเหนือเส้นโค้งบน (upper curve) ซึ่งแสดงจำนวน n หมายความว่า การสัมผัสของผู้ปฏิบัติงานไม่เป็นไปตามกฎหมาย

- (ค.3) ถ้าจุดที่ได้ต่ำกว่าเส้นโค้งล่าง (lower curve) ซึ่งแสดงจำนวน n หมายความว่า การสัมผัสของผู้ปฏิบัติงานเป็นไปตามกฎหมาย
- (ค.4) ถ้าจุดที่ได้อยู่ระหว่างเส้นโค้งบนและเส้นโค้งล่างหมายความว่า อาจสัมผัสเกินมาตรฐาน
- (ค.5) ถ้าค่า $s > 0.5$ แปลว่า มี x_i หนึ่งค่าหรือมากกว่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยมาก ฉะนั้น ต้องเก็บตัวอย่างเพิ่มสำหรับผู้ปฏิบัติงานกลุ่มนั้น ๆ ในกรณีนี้ค่า $\bar{y} = 0.002$ $s = 0.140$ $n = 8$ อยู่ระหว่างเส้นโค้งบนและเส้นโค้งล่าง ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานทั้งกลุ่ม อาจสัมผัสสารเคมีอันตรายเกินมาตรฐาน



รูปที่ ก.2 แผนภูมิจำแนกประเภท

(ข้อ ก.2.1.4 (ค))

- (ง) การคำนวณเพื่อประมาณค่าการสัมผัสเฉลี่ยที่ดีที่สุด ($\bar{X}^*$) ค่าตัวแปรและ s ถูกนำมาใช้
การคำนวณค่าการสัมผัสที่ดีที่สุด จากรูปที่ ก.3 จาก ($\bar{X}^*$) โดยการ

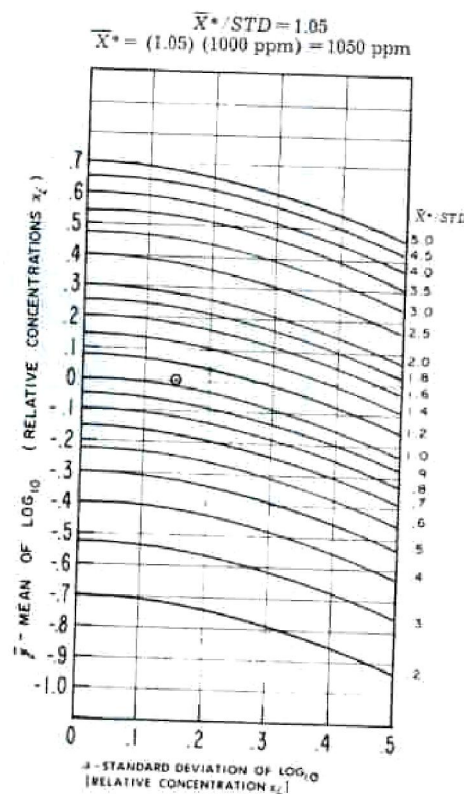
เขียนค่า $\bar{y}$ และ s ลงบนแผ่นกราฟ มีขั้นตอน คือ

(ง.1) เขียนจุด $\bar{y}$ และ s

(ง.2) ลากเส้นตามกราฟไปหาแกน $\frac{\bar{X}^*}{Std.}$

(ง.3) คูณค่า $\frac{\bar{X}^*}{Std.}$ ด้วย Std. ก็จะได้ค่า $\bar{X}^*$

ถ้าค่า s อยู่นอกช่วงของค่าที่ระบุในรูปที่ 3 ให้ใช้สูตร $\frac{\bar{X}^*}{Std.} = \frac{1}{n} \left(\sum x_i \right)$ ในการคำนวณ



รูปที่ ก.3 แผนภูมิจำแนกประเภท

(ข้อ ก.2.1.4 (ง))

- (2) จำนวนตัวอย่างมากกว่า 30 ตัวอย่าง เมื่อเก็บตัวอย่างจำนวนมากขึ้น ทำให้การกระจายของ
ค่าเฉลี่ยการสัมผัสเป็นแบบปกติ (normal distribution) มากกว่า ดังนั้น จึงสามารถใช้ค่าเฉลี่ย
เลขคณิตประมาณการสัมผัสสารเคมีอันตรายเฉลี่ยได้ ดังแสดงในตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 6 ใช้เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงตรวจวัดไอโอโซนและบันทึกผลการตรวจวัดค่า 8 h – TWA ของไอโอโซน = 0.2 mg/m^3 และค่าที่สุ่มเลือกจากบันทึกผลการอ่านค่าของเครื่องมือตรวจวัด 35 ค่า คือ

0.165	0.122	0.249	0.112	0.198	0.141	0.151
0.284	0.165	0.198	0.206	0.245	0.149	0.084
0.155	0.153	0.131	0.143	0.135	0.165	0.120
0.129	0.172	0.157	0.139	0.202	0.147	0.137
0.094	0.180	0.129	0.214	0.216	1.117	0.210

(ก) $X_1, \dots, X_n$ ซึ่ง $n > 30$ (X เป็นค่าความเข้มข้นที่เก็บแบบสุ่มตลอดเวลาตามความเหมาะสมว่าจะเปรียบเทียบกับ OEL ชนิดใด วิธีการนี้สามารถใช้ได้ แม้ว่ามีข้อมูลที่มีค่า = 0)

(ข) หารค่าความเข้มข้นสารในตัวอย่างอากาศ (X) ด้วยค่ามาตรฐาน (Std) เพื่อให้ได้ค่า x นั่นคือ $x = X/\text{Std}$. ทำให้ x เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย ในการเปรียบเทียบกับ LCL และ UCL จึงเปรียบเทียบกับ 1 เสมอไม่ว่าค่ามาตรฐานจะเป็นเท่าใดหรือหน่วยใด ผลการคำนวณดังนี้

0.84	0.62	1.27	0.57	1.01	0.72	0.77	1.45	0.84	1.01
1.05	1.25	0.76	0.43	0.79	0.78	0.67	0.73	0.69	0.84
0.61	0.66	0.85	0.80	0.71	1.03	0.75	0.70	0.48	0.92
0.66	1.09	1.10	0.57	1.07					

(ค) คำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic mean, $\bar{x}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, s) ของค่าตัวอย่างดังต่อไปนี้

$$\bar{x} = 0.831$$

$$s = 0.230$$

$$n = 35$$

(ง) คำนวณ LCL และ UCL

(ง.1) สำหรับเจ้าหน้าที่ LCL (95%)

$$\text{LCL} = \bar{x} - \frac{1.645(s)}{\sqrt{n}}$$

(ง.2) สำหรับนายจ้าง UCL (95%)

$$\text{UCL} = \bar{x} + \frac{1.645(s)}{\sqrt{n}}$$

เนื่องจาก $\bar{x} < 1$ ไม่ต้องทดสอบ ($\bar{x}$ คือ mean ของ X_i)
Std.

$$UCL = 0.831 + \frac{(1.645)(0.230)}{\sqrt{35}} = 0.89$$

(จ) จัดกลุ่มค่า TWA ว่าอยู่ประเภทใด

(จ.1) สำหรับเจ้าหน้าที่

$LCL > 1$	หมายถึง ไม่เป็นไปตามกฎหมาย
$\bar{x} > 1$ และ $LCL \leq$	หมายถึง ผู้ปฏิบัติงานอาจสัมผัสเกินมาตรฐาน
$\bar{x} \leq 1$	หมายถึง ไม่ต้องทดสอบทางสถิติ

(จ.2) สำหรับนายจ้าง

$UCL \leq 1$	หมายถึง ปฏิบัติตามกฎหมาย
$UCL > 1$	หมายถึง อาจสัมผัสสารเกินมาตรฐาน
$\bar{x} > 1$	หมายถึง ไม่ต้องทดสอบทางสถิติ

เนื่องจาก $UCL=0.89$ ซึ่งน้อยกว่า 1 จัดอยู่ในประเภทการสัมผัสสารเป็นไปตามกฎหมายด้วยความเชื่อมั่น 95%

ก.2.2 การคำนวณเพื่อจัดประเภทการสัมผัสสารของผู้ปฏิบัติงานเมื่อเปรียบเทียบการสัมผัสสารกับ OEL-C ในกรณีนี้มีหลักการจัดการข้อมูลเช่นเดียวกับการเปรียบเทียบค่ามาตรฐาน OEL-TWA อย่างไรก็ตาม การเก็บตัวอย่างในสองลักษณะนี้แตกต่างกัน คือ การเก็บตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบ OEL-C นั้นเก็บในช่วงเวลาสั้นกว่ามาก และมักเลือกเก็บในช่วงเวลาที่คาดว่าผู้ปฏิบัติงานสัมผัสสารสูงสุด การคำนวณเพื่อจัดประเภทการสัมผัสนี้ แบ่งออกเป็น 2 วิธีดังต่อไปนี้

ก.2.2.1 จัดประเภทการสัมผัสบนพื้นฐานของการตรวจวัดในระหว่างที่คาดว่าจะมีความเข้มข้นสูง

ตัวอย่างที่ 7 ผู้ปฏิบัติงานต้องสัมผัสกับไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นช่วงเวลาสั้น ๆ 16 ครั้งต่อ 1 กะ OEL-C ของ $H_2S = 30 \text{ mg/m}^3$ เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้มิทเจทอิมพิงเจอร์ (midjet impinge) ด้วยอัตราการไหลของอากาศ 0.2 l/min เป็นเวลา 10 min ต่อตัวอย่าง ค่า Sr_i ของวิธีเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างนี้ $= 0.12$ ได้ทำการเก็บตัวอย่าง 5 ตัวอย่าง โดยการสุ่มเลือกจากการสัมผัส 16 ครั้ง ความเข้มข้น $X_1 = 17 \text{ mg/m}^3$ $X_2 = 20 \text{ mg/m}^3$ $X_3 = 18 \text{ mg/m}^3$ $X_4 = 22 \text{ mg/m}^3$ และ $X_5 = 21 \text{ mg/m}^3$ การสัมผัสจัดอยู่ในประเภทใด

ขั้นตอนการคำนวณ

(1) $X_1 X_2 \dots X_n$ เป็นการตรวจวัดค่าความเข้มข้นสูงสุด ซึ่งอาจมีมากกว่า 1 ตัวอย่าง เลือกความเข้มข้นสูงสุดและกำหนดให้เป็น X ซึ่งได้แก่ $X = 22 \text{ mg/m}^3$

- (2) คำนวณหาค่า x คือ OEL-C นั่นคือ $= 22/30 = 0.80$
- (3) การคำนวณหา LCL, UCL จัดประเภทในลักษณะเดียวกับข้อ ก.2.1.1 หรือ ข้อ ก.2.1.2 และถ้าการจัดประเภทอยู่ในกลุ่มการสัมผัสเป็นไปตามกฎหมาย ให้คำนวณตามข้อ ก.2.1.2 ต่อไปเพื่อยืนยันผล แต่ถ้าจัดเป็นประเภทไม่ปฏิบัติตามกฎหมายให้ถือว่าการจัดประเภทเสร็จสิ้นแล้ว

$UCL(95\%) = 0.80 + (1.645)(0.12) = 0.997$ และ $0.997 < 1$ จัดเป็นการสัมผัสที่เป็นไปตามกฎหมาย ดังนั้นจึงต้องคำนวณตามข้อ ก.2.1.2 ต่อไป เพื่อให้มั่นใจว่าการสัมผัสเป็นไปตามกฎหมายจริง

คำนวณช่วงเวลาที่ไม่ได้ตรวจวัด ซึ่งคาดว่าจะมีการสัมผัสสารสูง วิธีนี้ใช้สำหรับกรณีที่ไม่ได้เก็บตัวอย่างบางช่วงเวลาและมีแนวโน้มว่าในช่วงดังกล่าวผู้ปฏิบัติงานอาจสัมผัสสารเกินมาตรฐานเป็นการใช้สถิติในการวิจัยเพื่อปกป้องผู้ปฏิบัติงาน มีวิธีการดังนี้

ตัวอย่างที่ 8 โจทย์เดียวกับตัวอย่างที่ 7

ขั้นตอนการคำนวณ

- (ก) คำนวณหาค่า x จาก $x_i = X_i / \text{Std-C}$ และ $y_i = \log_{(10)} x_i$ ได้ดังนี้

X_i (mg/m ³)	x_i	y_i
12	0.600	-0.2218
14	0.700	-0.1549
13	0.650	-0.1871
16	0.800	-0.0969
15	0.750	-0.1249

- (ข) คำนวณหาค่าเฉลี่ยของ $y_i = \bar{y}$ และค่า s ของ y_i ซึ่งอาจใช้สมการ

$$\begin{aligned}\bar{y} &= \frac{\sum y_i}{n} = \frac{(y_1 + y_2 + \dots + y_n)}{n} \\ &= -0.1571 \\ s &= \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \\ &= 0.0494\end{aligned}$$

- (ค) คำนวณหาค่าความเป็นไปได้ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่ไม่ได้เก็บตัวอย่าง คนงานอาจสัมผัสสารสูงกว่ามาตรฐาน (β) โดยใช้สูตรจาก $z_y = \frac{|\bar{y}|}{s}$ และคำนวณ β โดยหา Prop z

หาได้จาก ตารางที่ ก.1 ถ้า $\bar{y} < 0$; $\beta = 1 - (\text{prop } z \text{ จากตารางที่ ก.1})$ ถ้า $\bar{y} \geq 0$; $\beta =$ ค่าที่ได้จากตารางที่ 2

$$\text{นั่นคือ } Z_y = \frac{|-0.1517|}{0.0494} = 3.18$$

จากตารางที่ ก.1 เมื่อ $z_y = 3.18$ ค่าความเป็นไปได้ = 0.9993

- (ง) นำค่าความเป็นไปได้นี้มาคำนวณหา β เนื่องจาก $\bar{y} < 0$ ดังนั้น

$$\beta = 1 - 0.9993 = 0.0007$$

ซึ่งหมายความว่า มีความเป็นไปได้เพียง 0.07% ที่ ณ เวลาใด ๆ ที่ไม่ได้เก็บตัวอย่างความเข้มข้นของสารจะสูงเกิน Std-C

- (จ) จัดประเภทการสัมผัสของคนงาน สำหรับช่วงเวลาที่ไม่ได้เก็บตัวอย่างเมื่อเป็นค่าความเป็นไปได้ที่การสัมผัส ณ เวลาใด ๆ ที่ไม่ได้เก็บตัวอย่างนั้นจะเกินค่ามาตรฐาน นั่นคือ β คือ ความเป็นไปได้ที่การสัมผัสไม่เป็นไปตามกฎหมาย ฉะนั้น $(1 - \beta)$ คือ ความเป็นไปได้สำหรับการสัมผัสที่เป็นไปตามกฎหมายในช่วงเวลาใด ๆ ที่ไม่ได้เก็บตัวอย่างอากาศความเป็นไปได้นี้จะเป็นไปตามกฎหมายสำหรับทุกช่วง K ที่ไม่ได้เก็บตัวอย่างในช่วงที่คาดว่าสัมผัสสูง คำนวณจาก

$$P_c = (1 - \beta)^K$$

ในกรณีที่ไม่ทราบว่าช่วงที่อาจมีการสัมผัสสูงๆ และไม่ได้ตรวจวัดนั้นมีกี่ครั้ง ให้ถือว่าเวลาที่เหลือแบ่งเป็นช่วงเท่า ๆ กันของเวลาทำงาน 8 h ช่วงเก็บตัวอย่าง 15 min (คิดเป็น 480 min / 15 min = 32 ช่วง) ถ้าตรวจวัด 5 ช่วง เวลาที่เหลือคือ 32-5 = 27 ช่วง ฉะนั้นค่า K = 27 จากตัวอย่างที่ 8

$$(1 - \beta) = 1 - 0.0007 = 0.9993$$

$$K = 16 - 5 = 11$$

$$P_c = (0.9993)^{11} = 0.992$$

นั่นคือ ความเป็นไปได้ในช่วงเวลาที่ไม่ได้เก็บตัวอย่างทั้งหมด 11 ช่วงนั้น การสัมผัสจะเป็นไปตามกฎหมาย คือ 99.2%

การจัดประเภทได้เป็น

$P_c > 0.9$ หมายถึง การสัมผัสเป็นไปตามกฎหมาย

$P_c < 0.1$ หมายถึง การสัมผัสไม่เป็นไปตามกฎหมาย

$0.1 \leq P_c \leq 0.9$ หมายถึง อาจสัมผัสเกินมาตรฐาน

ฉะนั้น ในที่นี้ $P_c = 0.992$ ถือว่าเป็นไปตามกฎหมาย

ตารางที่ ก.1 ตารางความน่าจะเป็นแซด (Z-table)

(ข้อ ก.2.2.1)

z_p	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการตรวจวัด การเก็บตัวอย่างอากาศ และการส่งตัวอย่างอากาศ
เพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

(ข้อ 3.1.6)

ข.1 แบบบันทึกข้อมูลการตรวจวัด การเก็บตัวอย่างอากาศ

แบบบันทึกข้อมูลการตรวจวัดและการเก็บตัวอย่างอากาศ

1. ชื่อสถานประกอบการ.....
 2. ที่อยู่.....โทรศัพท์.....
แฟกซ์.....วันที่เก็บตัวอย่าง.....ตัวอย่างเลขที่.....
 3. หมายเลขเครื่องวัดอากาศ.....สอบเทียบวันที่.....
อัตราการไหลอากาศ.....l/min ผู้ปรับเทียบความถูกต้อง.....
 4. อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ☐ กระดาษกรองชนิด.....Lot No.....
☐ หลอดเก็บตัวอย่างชนิด.....Lot No.....
 5. เก็บตัวอย่างแบบ ☐ พื้นที่ ☐ บุคคล ชื่อ-สกุล.....
หน้าที่.....อายุงาน.....ปี
 6. ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง ภาคเช้าเริ่มเวลา.....หยุดเวลา.....รวมเวลา.....min
ภาคบ่ายเริ่มเวลา.....หยุดเวลา.....รวมเวลา.....min
 7. สภาพแวดล้อมการทำงาน อุณหภูมิ.....°C ความชื้น.....%RH
ความดันบรรยากาศ.....Pa
 8. หมายเหตุ มาตรการการควบคุมการสัมผัสที่ใช้อยู่.....
.....
.....
.....
- ลงชื่อ.....ผู้เก็บตัวอย่าง

ข.2 แบบการส่งตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

แบบการส่งตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง.....

ที่อยู่.....

โทรศัพท์.....ชื่อผู้ที่สามารถติดต่อได้.....

ชื่อสถานประกอบการที่เก็บตัวอย่าง.....

อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ☐ กระดาษกรอง จำนวน.....ตัวอย่าง☐ หลอดเก็บตัวอย่างชนิด.....

จำนวน.....ตัวอย่าง

ตัวอย่างเลขที่	ชนิดอุปกรณ์เก็บ	ปริมาตรอากาศ	สารที่ต้องการวิเคราะห์			

วันที่ส่งตัวอย่าง.....

ผู้รับตัวอย่าง.....