การตรวจวัดทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม

สุขศาสตร์อุตสาหกรรม (Industrial Hygiene) เป็นศาสตร์และศิลป์ที่เกี่ยวข้องกับการดูแล ตรวจสอบ และปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงาน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน โดยครอบคลุม 3 ขั้นตอน คือ การตระหนัก การประเมิน และการควบคุมปัจจัยเสี่ยงทั้งด้านสิ่งแวดล้อม ลักษณะการทำงาน หรืออื่นๆที่อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความไม่สบายหรือลดประสิทธิภาพในการทำงาน รวมทั้งอาจส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่บริเวณโดยรอบ

ขอบเขตของงานสุขศาสตร์อุตสาหกรรม

1. การตระหนัก (Recognition) เป็นการค้นหาหรือบ่งชี้อันตรายจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่อาจคุกคามต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน และยังส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานด้วย ซึ่งนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมจะเป็นผู้ดำเนินการในเรื่องนี้ โดยตัวนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมเองนั้น ต้องเป็นผู้ที่มีความรู้และความเข้าใจในกระบวนการผลิตต่าง ๆ ในโรงงานหรือสถานประกอบการ นอกจากนี้ยังจะต้องศึกษาเกี่ยวกับสารเคมีที่ใช้และผลิตขึ้น ซึ่งข้อมูลในการชี้บ่งอันตรายนั้นอาจรวบรวมมาจากการสำรวจโรงงาน การสังเกต หรือการสอบถามผู้ปฏิบัติงานและผู้บริหารระหว่างการสำรวจ รวมถึงศึกษาจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ซึ่งปกติแล้วจะอยู่ในคู่มือหรือตำราทางวิชาการเกี่ยวกับการผลิตเฉพาะเรื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งรายชื่อสารเคมีและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทั้งหมดควรที่จะมีไว้เพื่อใช้อ้างอิงในระหว่างการประเมินระดับปัญหาสิ่งแวดล้อมในสถานที่ปฏิบัติงาน ในขั้นตอนนี้จะทำให้เราทราบถึงแหล่งกำเนิดมลพิษในสถานประกอบการ ความเป็นพิษของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต กระบวนการผลิตที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต รวมถึงมาตรการควบคุมที่ใช้อยู่

โดยในขั้นตอนนี้สามารถทำได้โดยการทบทวนรายงาน (Record review) เช่น รายงานอุบัติเหตุ การบาดเจ็บและการเจ็บป่วยจากการทำงาน ซึ่งจะทำให้สามารถระบุได้ว่ามีสภาพแวดล้อมที่อาจก่อให้เกิดอันตรายอยู่ในส่วนใดของกระบวนการผลิต และจากการเดินสำรวจเบื้องต้น (Walk through survey) ซึ่งเป็นกิจกรรมหนึ่งในกระบวนการค้นหาสิ่งคุกคามต่อสุขภาพและประเมินความเสี่ยง โดยการเข้าไปในสถานที่ทำงานเพื่อดูว่าผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องทำอะไรและทำอย่างไร มีสภาพแวดล้อมในการทำงานอย่างไร โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 พร้อมด้วยกล้องถ่ายรูป และอุปกรณ์ที่ช่วยในการจดบันทึก หรืออาจมีการใช้เครื่องมืออย่างง่ายที่สามารถอ่านค่าโดยตรงร่วมด้วย เพื่อประเมินสภาพปัญหาเบื้องต้น ข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนนี้จะนำมาใช้ในการวางแผนการเก็บตัวอย่างอย่างละเอียดต่อไป

2. การประเมิน (Evaluation) เมื่อได้ข้อมูลที่รวบรวมจากขั้นตอนการตระหนักถึงอันตรายจากสิ่งแวดล้อมในการทำงาน โดยอาศัยการศึกษาหรือการสำรวจเบื้องต้นในสถานที่ปฏิบัติงาน เพื่อค้นหาหรือชี้บ่งอันตรายจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่อาจคุกคามต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานแล้ว ก็มาสู่ขั้นตอนการประเมินอันตรายจากสิ่งแวดล้อมในการทำงานเพื่อประเมินระดับของปัญหาที่พบนั้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ตัวผู้ดำเนินการควรมีความเข้าใจในกระบวนการผลิตของโรงงานเป็นอย่างดี เพื่อที่จะได้ทราบถึงแหล่งและต้นตอของปัญหาได้อย่างถูกต้อง รวมถึงยังต้องมีการศึกษาและทำความเข้าใจในประเด็นสำคัญต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบการพิจารณา เช่น ข้อกำหนดทางกฎหมาย ค่ามาตรฐานต่างๆ จำนวนผู้ปฏิบัติงาน ระยะเวลาการสัมผัสกับปัจจัยเสี่ยงของผู้ปฏิบัติงาน เป็นต้น

จากนั้นจึงทำการพิจารณาเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับประเมินอันตรายจากสิ่งแวดล้อมในการทำงาน โดยทั่วไปแล้วเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินเพื่อให้ทราบระดับอันตรายจากการทำงาน จะมีอยู่ 3 ประเภท คือ เครื่องมือชนิดอ่านค่าโดยตรง (Direct Reading Instrument) เครื่องมือวิเคราะห์แบบต่อเนื่อง (Continuous Monitoring Devices) และเครื่องมือเก็บตัวอย่างเพื่อการส่งวิเคราะห์ใน

ห้องปฏิบัติการ (Sample Collection Devices) โดยในการพิจารณาเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการประเมินอันตรายจากสิ่งแวดล้อมในการทำงานนั้น ควรคำนึงถึงความเหมาะสมกับชนิดการวิเคราะห์และข้อมูลที่ต้องการ รวมถึงวิธีการใช้งาน ซึ่งจะต้องง่าย สะดวก มีประสิทธิภาพสูง และเชื่อถือได้ในสภาวะต่างๆ

ก่อนการนำเครื่องมือและอุปกรณ์ในการประเมินอันตรายจากสิ่งแวดล้อมในการทำงานไปใช้ตรวจวัดนั้นต้องทำการสอบเทียบ (Calibration) เครื่องมือก่อนทุกครั้ง เพื่อให้ผลการตรวจวัดและวิเคราะห์มีความถูกต้องแม่นยำซึ่งทำให้ได้ข้อมูลที่ชี้ได้ถึงระดับความเข้มข้นที่แท้จริงของปัจจัยเสี่ยงที่สัมผัส เช่น กรณีการเก็บตัวอย่างก็ต้องทราบอัตราการไหลของอากาศที่เก็บและระยะเวลาที่เก็บ ซึ่งต้องมีการปรับความถูกต้อง แม่นยำของเครื่องมือตรวจหรือเก็บตัวอย่าง โดยการใช้อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ (Flow–rate Meter) แบบมาตรฐานทั้งก่อนและหลังการใช้ภาคสนามเสมอ ส่วนเครื่องมือแบบอ่านค่าโดยตรงและหลอดตรวจวัดก๊าซต่าง ๆ ก็จะต้องสอบเทียบโดยเทียบกับค่าความเข้มข้นของสารที่เตรียมขึ้นนั้น เป็นต้น

สำหรับปัจจัยเสี่ยงบางประเภทไม่สามารถทำการวิเคราะห์ผลได้ทันที จำเป็นต้องมีการส่งตัวอย่างที่ทำการเก็บไว้ไปวิเคราะห์ต่อยังห้องปฏิบัติการ ดังนั้นผู้ทำการตรวจวัดและเก็บตัวอย่างต้องมั่นใจว่าได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างอย่างถูกต้องและมีปริมาณตัวอย่างที่เพียงพอ พร้อมทั้งสามารถรักษาสภาพของตัวอย่างที่เก็บได้อย่างเหมาะสมก่อนที่จะส่งให้นักวิเคราะห์ต่อไป เพื่อให้ผลการตรวจวิเคราะห์มีความถูกต้องแม่นยำที่สุด

หลังจากที่ทราบค่าของปัจจัยเสี่ยงในสภาพแวดล้อมการทำงานแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำค่าที่ตรวจวิเคราะห์ได้นั้นไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามกฎหมายเพื่อประเมินว่าปัจจัยเสี่ยงในสภาพแวดล้อมในการทำงานนั้นเกินค่ามาตรฐานหรือไม่ เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานหรือไม่ โดยต้องนำข้อมูลของบุคคลร่วมพิจารณาด้วย เช่น เพศ อายุ น้ำหนัก อายุงาน ระยะเวลาการทำงาน การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) เป็นต้น และอาจนำไปเปรียบเทียบกับผลการตรวจวิเคราะห์ของครั้งที่ผ่านมาเพื่อประเมินระบบ

การควบคุมและป้องกันว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่เพื่อนำไปสู่การแก้ไขและปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป

3. การควบคุม (Control) ถ้าผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ที่ได้จากขั้นตอนการประเมินเกินค่ามาตรฐานหรือมีค่าสูงเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ต้องมีการจัดมาตรการเพื่อลดหรือกำจัดอันตรายเหล่านั้น โดยการจัดทำเป็นแผนงานสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและจัดทำโครงการย่อยต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานที่มีปัจจัยเสี่ยงเกินค่ามาตรฐานนั้น เช่น โครงการอนุรักษ์การได้ยิน การจัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลให้กับพนักงานสวมใส่ขณะปฏิบัติงาน การอบรบให้ความรู้ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับอันตรายจากการทำงาน หรืออาจจัดทำป้ายหรือสัญลักษณ์สื่อสารความเป็นอันตรายให้ผู้ปฏิบัติงานทราบ เป็นต้น

การควบคุมอันตรายจากสิ่งแวดล้อมในการทำงานมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ผลจากการเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมจะเป็นการช่วยลดโอกาสที่จะเกิดปัญหาจากอันตรายที่จะคุกคามสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานลงได้ โดยทั่วไปแล้ว มาตรการหลักๆ ที่ใช้ควบคุมอันตรายจากสิ่งแวดล้อมในการทำงานคือการควบคุมที่แหล่งกำเนิด การควบคุมที่ทางผ่าน และการควบคุมที่ตัวผู้ปฏิบัติงาน ดังนี้

(1) การควบคุมที่แหล่งกำเนิด (Source Controls) เป็นการควบคุมไม่ให้สารที่เป็นพิษหรือสิ่งคุกคามต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานแพร่กระจายออก ไปสู่บรรยากาศการทำงาน

- การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือขั้นตอนการทำงาน เช่น ในการชุบสีแทนการพ่นสีเพื่อลดการฟุ้งกระจายของสารเคมีในบรรยากาศ การใช้กระบวนการผลิตแบบระบบเปียกเพื่อลดการเกิดฝุ่นฟุ้งกระจายในอากาศ

- การติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ อาศัยหลักการดูดระบายมลพิษ พร้อมทั้งอากาศที่ถูกปนเปื้อนออกจากบริเวณที่เป็นจุดกำเนิดโดยตรง ก่อนที่มลพิษนั้นจะเข้าปนเปื้อนกับอากาศส่วนใหญ่ของห้อง ทั้งนี้ด้วยการทำงานของระบบระบายอากาศ ซึ่งประกอบไปด้วย

องค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ ท่อดูดอากาศ ท่อลม และพัดลมระบายอากาศ

- การใช้สารที่มีความเป็นพิษน้อยกว่า เป็นวิธีการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ โดยการใช้สารที่ไม่เป็นพิษหรือสารที่มีพิษน้อยกว่าแทนสารที่มีพิษมาก เช่น ใช้ Xylene แทน Benzene การใช้ Calcium Silicate และ Mineral Wool แทนแอสเบสตอส รวมถึงการเปลี่ยนตัวทำละลายสำหรับล้างไขมัน คาร์บอนเตททระคลอไรด์ ซึ่งมีพิษมากไปเป็นเปอร์คลอโรเอททิลีนและไตรคลอโรเอททิลีน เป็นต้น

- การแยกหรือการปิดคลุมกระบวนการผลิต เช่น การแยกกระบวนการผลิตที่มีอันตรายมากออกจากบริเวณที่มีผู้ปฏิบัติงาน การสร้างห้องปิดกั้นเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตที่มีอันตราย การติดตั้งฉากกั้น แผ่นดูดซับเสียง ม่านน้ำ การติดตั้งแผ่นรองเพื่อลดความสั่นสะเทือนที่ฐานเครื่องจักรที่มีความสั่นสะเทือน

- การใช้เครื่องจักรอัตโนมัติแทนการใช้แรงงานจากผู้ปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันการสัมผัสปัจจัยเสี่ยงของผู้ปฏิบัติการเหล่านั้น

(2) การควบคุมที่ทางผ่าน (Path Controls)

- การระบายอากาศแบบทั่วไป (General Ventilation) หรือแบบเจือจาง (Dilution Ventilation) เป็นการระบายอากาศเพื่อลดความเข้มข้นของมลพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศภายในสถานที่ปฏิบัติงาน โดยการทำให้เจือจางลงด้วยอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก จนกระทั่งมลพิษดังกล่าวมีความเข้มข้นให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หรือไม่ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ เช่น กลิ่นอันไม่พึงประสงค์ นอกจากนี้ การระบายอากาศแบบทั่วไปหรือแบบเจือจางยังใช้ได้ดีในการป้องกันและควบคุมปัญหาเกี่ยวกับความชื้น ความร้อนและอันตรายจากการระเบิดเนื่องจากสารเคมีบางประเภทอีกด้วย

- การเพิ่มระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดกับผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้สิ่งปนเปื้อนหรืออันตรายนั้นเจือจางลงไปก่อนที่จะมาถึงตัวผู้ปฏิบัติงาน

- การตรวจวัดสภาพแวดล้อมในการทำงาน เพื่อเป็นการเฝ้าระวังไม่ให้สิ่งปนเปื้อนในบรรยากาศสูงเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

- การติดตั้งสัญญาณเตือนภัย เพื่อแจ้งเตือนในกรณีที่มีสิ่งปนเปื้อนในบรรยากาศสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

(3) การควบคุมที่ตัวผู้ปฏิบัติงาน (Receiver Controls) เป็นการควบคุมไม่ให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับอันตรายจากการสัมผัสกับสารที่เป็นพิษจนเกิดความเจ็บป่วย

- การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment: PPE) เพื่อลดการรับสัมผัสกับปัจจัยเสี่ยง
- การอบรมให้ความรู้ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับอันตรายจากปัจจัยเสี่ยงนั้น เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความตระหนักถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นทำให้ผู้ปฏิบัติงานให้ความสำคัญกับการทำงานอย่างปลอดภัย สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลทุกครั้งตลอดระยะเวลาการทำงาน
- การตรวจสุขภาพผู้ปฏิบัติงาน เพื่อเป็นการเฝ้าระวังภาวะสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน โดยต้องทำการตรวจเป็นประจำและต่อเนื่อง
- การบริหารจัดการด้านการทำงาน เช่น การหมุนเวียนการทำงาน การลดระยะเวลาการทำงาน เพื่อลดระยะเวลาในการสัมผัสกับปัจจัยเสี่ยงนั้น

สำหรับนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมยุคใหม่อาจมีการเพิ่มอีกหนึ่งขั้นตอน คือ ขั้นตอน**การคาดเดาปัญหา (Anticipation)** เป็นการคาดเดาเพื่อประเมินปัญหาปัญญหาเบื้องต้นก่อนที่จะเกิดปัญหานั้นขึ้น โดยใช้ประสบการณ์ส่วนตัวของผู้คาดเดา ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นก่อนขั้นตอนการตระหนัก จึงอาจกล่าวได้ว่าขั้นตอนในการดำเนินการทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมสำหรับนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมยุคใหม่ คือ AREC

ประเภทของสิ่งคุกคามทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม

1. สิ่งคุกคามทางกายภาพ (Physical hazards) คือ สิ่งคุกคามที่เป็นพลังงานทางฟิสิกส์ ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้เกิดโรคในคนได้ เช่น อุณหภูมิ (ความร้อน+ความเย็น) ความดันบรรยากาศ ความสั่นสะเทือน เสียงดัง แสง รังสี เป็นต้น

2. สิ่งคุกคามทางเคมี (Chemical hazards) คือ สิ่งคุกคามที่เป็นสารเคมีทุกชนิดซึ่งมีสมบัติเป็นพิษต่อคนได้ ไม่ว่าจะอยู่ในสถานะแก๊ส ของเหลว หรือของแข็งก็ตาม ทั้งที่เป็นธาตุและที่เป็นสารประกอบ ทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ตัวอย่างเช่น สารตะกั่ว สารปรอท สารหนู ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าหญ้า แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไข่เน่า แก๊สคลอรีน เป็นต้น รวมไปถึงฝุ่นและเส้นใย

- **ฝุ่น (Dust)** ประกอบด้วยสารที่เป็นของแข็งที่ฟุ้งกระจายในอากาศ เกิดจากการตัด การกด การบด การทุบ การระเบิดหิน ในทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมฝุ่นแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน คือ ฝุ่นรวมทุกขนาด (Total dust) ซึ่งมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 10 ไมครอนขึ้นไป โดยส่วนใหญ่จะติดค้างอยู่ที่ทางเดินหายใจส่วนต้นด้วยการกรองจากขนจมูก และฝุ่นขนาดเล็กที่สามารถเข้าไปสะสมอยู่ในถุงลมปอดได้ (Respirable dust) ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงไป ซึ่งจะสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนปลายและสะสมอยู่ภายในถุงลมปอด

- **ฟูม (Fume)** เป็นอนุภาคของแข็งที่เกิดจากการควบแน่นของสารที่อยู่ในสถานะที่เป็นก๊าซ โดยทั่วไปสารนั้นๆ จะอยู่ในสถานะของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เมื่อได้รับความร้อนก็จะระเหยและจะควบแน่นทันที ตัวอย่างฟูมที่พบในการทำงาน ได้แก่ ฟูมของตะกั่วออกไซด์ ฟูมของเหล็กออกไซด์

- **ละออง (Mist)** เป็นหยดของเหลวที่แขวนลอยในอากาศ เกิดจากการควบแน่นของสารจากสถานะที่เป็นก๊าซ มาเป็นสถานะที่เป็นของเหลว ตัวอย่างเช่น ละอองของสารฆ่าแมลงที่เกิดจากการฉีดพ่น

- **ก๊าซ (Gas)** เป็นสสารที่มีรูปร่างไม่แน่นอน เมื่อสสารอยู่ในภาชนะใดอนุภาคของสสารจะฟุ้งกระจายเต็มภาชนะ สามารถเปลี่ยนสถานะได้จากการเพิ่มความดันและลดอุณหภูมิ

- **ไอระเหย (Vapor)** หมายถึง สถานะที่เป็นก๊าซของสารที่เป็นของแข็งหรือของเหลวที่อุณหภูมิและความดันปกติ เปลี่ยนสถานะได้โดยการเพิ่มความดันหรือลดอุณหภูมิ

- เส้นใย (Fiber) อนุภาคของแข็งที่มีรูปร่างยาวและบาง ตัวอย่างเช่น แร่ใยหินหรือแอสเบสตอสและฝุ่นหินที่มีซิลิก้าปนอยู่

- หมอกควัน (Smog) เป็นคำที่มาจากคำว่า ควัน (Smoke) และหมอก (Fog) รวมกัน ใช้ในการอธิบายสภาวะมลพิษทางอากาศที่เกิดจากสภาวะอากาศเย็นที่มีหมอก เกิดการปนเปื้อนกับกลุ่มควันที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ

3. สิ่งคุกคามทางชีวภาพ (Biological hazards) คือ สิ่งคุกคามที่เป็นสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นเชื้อจุลินทรีย์ แมลง หรือสัตว์ก่อโรค รวมทั้งเนื้อเยื่อหรือสารคัดหลั่งของสิ่งมีชีวิต ที่สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อและเจ็บป่วยได้ เช่น เชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่ เชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้า เชื้อวัณโรค เชื้อโรคบิด เชื้ออหิวาห์ เชื้อมาลาเรีย เป็นต้น

4. สิ่งคุกคามทางการยศาสตร์ (Ergonomics hazards) คือ สิ่งคุกคามที่เกิดจากสภาพการทำงานไม่เหมาะสม เช่น ทำงานที่ซ้ำซากจำเจ ทำงานอย่างเร่งรีบ การทำงานเป็นกะ อุปกรณ์ เครื่องจักร เครื่องมือต่างๆมีขนาดไม่เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนของร่างกายผู้ปฏิบัติงาน ลักษณะงานที่ทำด้วยท่าทางอิริยาบถที่ฝืนธรรมชาติ เช่น งานที่ต้องมีการบิดโค้งงอของข้อมือ งอแขน การงอศอก การจับ โดยเฉพาะนิ้วมือซ้ำๆ งานที่ต้องก้มศีรษะ ก้มหลัง บิดเอี้ยวตัว เอื้อมหรือยกสิ่งของขึ้นสุดแขน การยกของหนัก นอกจากนี้สิ่งคุกคามประเภทนี้ยังรวมไปถึงสิ่งคุกคามด้านจิตสังคม เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงาน ความสัมพันธ์กับหัวหน้างาน ความเครียดจากการทำงาน ความเมื่อยล้าจากการทำงาน บทบาทหน้าที่ในการทำงานไม่ชัดเจน มีภาระงานให้รับผิดชอบมากเกินไป ไม่มีความก้าวหน้าทางหน้าที่การงาน เป็นต้น

การเก็บตัวอย่างทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม

หมายถึง การใช้เครื่องมือทางสุขศาสตร์ฯในการเก็บตัวอย่างสภาพแวดล้อมในการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นทางด้านกายภาพ เคมี หรือชีวภาพ โดยเครื่องมือที่ใช้อาจเป็นเครื่องมือที่สามารถอ่านวิเคราะห์ค่า

ได้โดยตรง หรือเครื่องมือที่ต้องเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ การเก็บตัวอย่างเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากทำให้ทราบถึงแหล่ง ปริมาณ และระดับความรุนแรงของมลพิษในสิ่งแวดล้อมการทำงาน ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดมาตรการควบคุมต่อไป

ประเภทของการเก็บตัวอย่างทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม สามารถแบ่งได้หลายแบบ โดยในที่นี้จะกล่าวถึง 2 แบบ คือ

1. แบ่งตามลักษณะของการเก็บตัวอย่าง มี 3 ประเภท คือ

1.1 การเก็บตัวอย่างในพื้นที่ทั่วไป (General area sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างโดยไม่เจาะจงบริเวณ เช่น ทำการตรวจวัดปริมาณของสิ่งแวดล้อมที่อาจเป็นอันตรายในสภาพแวดล้อมการทำงานทั่วไป หรือใช้ในการตรวจวัดเพื่อทำการสำรวจเบื้องต้น

1.2 การเก็บตัวอย่างที่ตัวผู้ปฏิบัติงาน (Personal sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือที่สามารถติดกับคนงานที่สัมผัสกับมลพิษหรือใช้เครื่องมือแบบเก็บตัวอย่างในพื้นที่แต่ติดตั้งในบริเวณที่มีผู้ปฏิบัติงาน โดยความสูงในการติดตั้งเครื่องมืออยู่ในระดับเดียวกับอวัยวะที่อาจได้รับผลกระทบจากมลพิษ (Target organ)

2. แบ่งตามระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง แบ่งได้ 4 ประเภท คือ

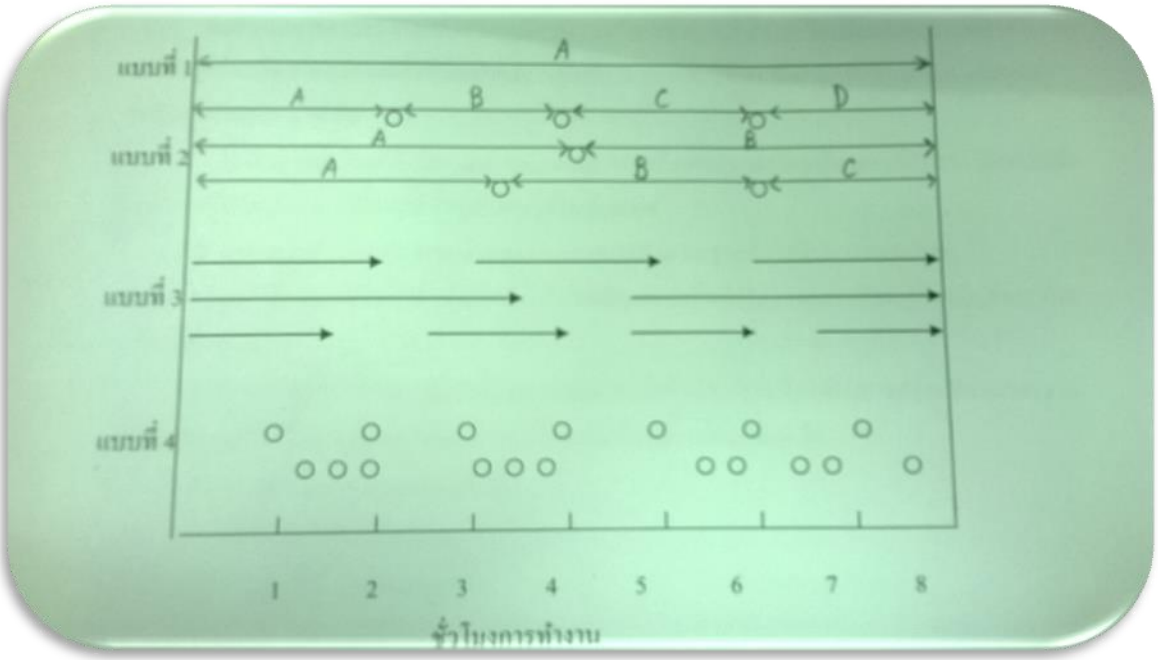
2.1 การเก็บตัวอย่างเดียวตลอดระยะเวลาทำงาน (Simple sample for full period) การเก็บตัวอย่างแบบนี้ทำให้ได้ปริมาณของมลพิษที่ผู้ปฏิบัติงานรับสัมผัสจริงตลอดระยะเวลาการทำงาน แต่อาจเกิดความผิดพลาดได้ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานมีช่วงพักซึ่งไม่มีการรับสัมผัสกับมลพิษ ทั้งยังเป็นการสิ้นเปลืองงบประมาณและเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

2.2 การเก็บตัวอย่างแบบหลายตัวอย่างเก็บตลอดระยะเวลาทำงาน (Consecutive sample for full period) เป็นการแบ่งการเก็บ

ตัวอย่างออกเป็นหลายช่วง แต่เก็บตัวอย่างตลอดระยะเวลาทำงานของผู้ปฏิบัติงาน มีข้อดีคือลดความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นหากผู้ปฏิบัติงานมีช่วงพักเพราะการเก็บแบบนี้สามารถกำหนดช่วงการเก็บเพื่อหลีกเลี่ยงช่วงเวลาพักของผู้ปฏิบัติงานได้ แต่ก็ยังมีข้อเสียคือต้องใช้งบประมาณและระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (เป็นการเก็บตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด)

2.3 การเก็บตัวอย่างแบบหลายตัวอย่างโดยแบ่งระยะเวลาเก็บออกเป็นช่วง (Consecutive sample for partial period) เป็นการเก็บตัวอย่างโดยใช้หลักการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นวิธีที่นักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมส่วนใหญ่นิยมเลือกใช้ สามารถยอมรับในเชิงวิชาการได้ แต่ระยะเวลาการในการสุ่มเก็บตัวอย่างไม่ควรต่ำกว่าร้อยละ 70 ของระยะเวลาการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน

2.4 การเก็บตัวอย่างแบบจุด (Grab sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างที่ใช้งบประมาณและระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้อยที่สุด เนื่องจากในการเก็บตัวอย่างแต่ละจุดจะไม่เกินจุดละ 5 นาที ซึ่งทำให้ผลการวิเคราะห์มีโอกาสผิดพลาดได้มากที่สุด ดังนั้นจึงต้องควบคุมให้เกิดความผิดพลาดให้น้อยที่สุด เลือกช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างให้เหมาะสมที่สุด การเก็บตัวอย่างแบบนี้เหมาะสำหรับการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการค้นหาและประเมินอันตรายเบื้องต้นก่อนที่ทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีอื่นต่อไป



ในการเก็บตัวอย่างแต่ละแบบมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการเลือกใช้จึงต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดต่างๆ เช่น ความสามารถของเครื่องมือที่ใช้ ลักษณะการกระจายของมลพิษ ระยะเวลาในการสัมผัสมลพิษ งบประมาณ เป็นต้น

การสอบเทียบเครื่องมือ (Calibration)

หมายถึง การดำเนินการเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่เครื่องมือวัดบอก หรือระบบการวัด หรือค่าที่แสดงโดยเครื่องวัดกับค่าจริงที่ยอมรับร่วมกัน (Conventional True Value) ว่าคลาดเคลื่อนไปมากเท่าใด เมื่อเสร็จสิ้นการสอบเทียบจะมีการออกใบรายงานผลการสอบเทียบที่รายงานค่าความบ่ายเบนหรือค่าความไม่แน่นอนของการวัด

การสอบเทียบเป็นขั้นตอนที่สำคัญก่อนที่จะนำเครื่องมือออกไปเก็บตัวอย่างเพราะเครื่องมือวัดอาจมีความคลาดเคลื่อน หากไม่มีการสอบเทียบเครื่องมืออาจทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้ไม่เป็นไปตามความเป็นจริง การสอบเทียบเครื่องมือทำให้สามารถประมาณค่าความคลาดเคลื่อนในการชี้บอกของเครื่องมือวัด

ในการสอบเทียบและปรับความถูกต้องของเครื่องมือวัดจะทำการอ้างอิงเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงในการสอบเทียบ ซึ่งมีหลายระดับดังนี้

1. มาตรฐานระดับชาติ (National standards) เป็นมาตรฐานความเที่ยงตรงที่รับรองโดยสถาบันระดับชาติ หรือนานาชาติที่สามารถรับบริการได้ในประเทศ

2. มาตรฐานอ้างอิง (Reference standards) เป็นมาตรฐานซึ่งได้รับการสอบเทียบและสอบกลับได้ถึงมาตรฐานระดับชาติ และนำไปใช้เป็นแหล่งอ้างอิงในการสอบเทียบเครื่องมือต่างๆที่จะนำไปใช้งานต่อไป

3. มาตรฐานการใช้งาน (Working standards) เป็นมาตรฐานซึ่งได้รับการสอบเทียบมาตรฐานอ้างอิงแล้ว และมีไว้ใชช้งานในการปฏิบัติงานประจำวัน

หน่วยงานที่รับสอบเทียบเครื่องมือทางด้านการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม เช่น สถาบันมาตรวิทยาแห่งประเทศไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) กองปรับมาตรฐานเครื่องมือวัด บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ศูนย์สอบบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เป็นต้น

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเก็บตัวอย่างทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม

1. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (Sampling duration) ในการกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น ความไวของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง โดยเครื่องมือที่มีความไวสูงสามารถวัดหาระดับของมลพิษที่มีปริมาณน้อยๆได้ดี ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างก็จะสั้นกว่า

2. ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากระดับของมลพิษที่เกิดจากกระบวนการผลิตมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน เช่น การเก็บตัวอย่างแสงสว่าง ในเวลากลางคืนผู้ปฏิบัติงานอาจมี

โอกาสได้รับผลกระทบมากกว่าเวลากลางวันเนื่องจากไม่มีแสงจากธรรมชาติ ดังนั้นนอกจากจะทำการตรวจวัดแสงสว่างในช่วงเวลากลางวันแล้ว ยังควรต้องดำเนินการตรวจวัดแสงสว่างในช่วงเวลากลางคืนด้วย

3. ลักษณะ สภาพ การกระจาย และความเข้มข้นของมลพิษ ในกระบวนการผลิตที่ไม่มีความต่อเนื่องจะมีลักษณะการกระจายของมลพิษไม่คงที่ จึงต้องกำหนดรูปแบบของการเก็บตัวอย่างให้สอดคล้องเหมาะสม

4. งบประมาณ เป็นส่วนสำคัญในการตัดสินใจกำหนดรูปแบบการเก็บตัวอย่าง เช่น จำนวนของตัวอย่าง ประเภทของการเก็บตัวอย่าง ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง เป็นต้น

5. มาตรฐานที่เลือกใช้ในการประเมินข้อมูล โดยมีทั้งมาตรฐานของประเทศไทยและมาตรฐานของต่างประเทศ ซึ่งมลพิษบางประเภทก็ยังไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐานสำหรับประเทศไทย เช่น ความเย็น แต่เพื่อเป็นแนวทางในการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานจึงอาจต้องใช้มาตรฐานของต่างประเทศด้วย

การวิเคราะห์ตัวอย่างทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม

หมายถึง การแปลผลข้อมูลที่ได้มาจากการอ่านค่าจากเครื่องมือ เป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้ทราบว่ามีปัญหาหรือไม่ โดยข้อมูลที่จำเป็นต้องทราบเพื่อประกอบการวิเคราะห์ คือ ธรรมชาติของตัวอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติทางฟิสิกส์ ความเข้มข้นของตัวอย่าง ระยะเวลาในการสัมผัส

การแปลผลข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับความชำนาญและวิธีการของแต่ละบุคคล แต่ส่วนมากนิยมแปลผลโดย

1. เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ผลการศึกษาสภาพแวดล้อมทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานและคำแนะนำซึ่งหน่วยงานต่างๆกำหนดขึ้นมา โดยปกติมักจะยึกแนวทางของหน่วยงานภายในประเทศ เช่น กระทรวงแรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม เป็นต้น

2. เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ผ่านมา เพื่อทราบถึงคุณภาพของสภาพแวดล้อมทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมว่าดีขึ้นหรือแย่ลง โดยนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ หรืออาจนำไปเปรียบเทียบกับหน่วยงานอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน นอกจากนี้ยังใช้เพื่อประเมินมาตรการด้านความปลอดภัยว่ามีประสิทธิภาพดีพอหรือไม่กับการจัดการกับปัญหาดังกล่าว

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างเสียง

เสียง (Sound) หมายถึง พลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของตัวกลางในลักษณะของการอัดและขยายของโมเลกุลตัวกลางเป็นผลให้มีการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของเสียงในลักษณะของคลื่น โดยช่วงความถี่เสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินอยู่ที่ 20 – 20,000 Hz

Sound คือ เสียงโดยทั่วไป

Noise คือ เสียงที่มนุษย์ไม่ต้องการได้ยินหรือไม่พึงประสงค์จะรับรู้ เช่น เสียงดัง เสียงรบกวน เสียงที่ทำให้เกิดความรำคาญ

1. ชนิดและแหล่งกำเนิดเสียง

1.1 เสียงดังต่อเนื่องแบบคงที่ (Steady – state noise) เป็นเสียงที่มีความดังต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน มีระดับเสียงที่เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 3 เดซิเบล โดยมากจะพบในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วๆไป เช่น เสียงเครื่องจักร เครื่องทอผ้า หรือเสียงจากพัดลม เป็นต้น

1.2 เสียงดังต่อเนื่องแบบไม่คงที่ (Non-steady state noise) เป็นเสียงที่มีระดับความเข้มที่ไม่คงที่ สูงๆ ต่ำๆ มีการเปลี่ยนแปลงระดับเสียงที่เกินกว่า 3 เดซิเบล เช่น เสียงเลื่อยวงเดือน เสียงจากกบไสไม้ไฟฟ้า หรือเสียงไซเรน เป็นต้น

1.3 เสียงที่ดังเป็นระยะ (Intermittent noise) เป็นเสียงที่มีความดังไม่ต่อเนื่อง มีความดังหรือเบาสลับไปมาเป็นระยะๆ แตกต่างจากเสียงกระแทกในด้านที่มีระยะเวลานานกว่า และมีลักษณะที่ไม่แน่ชัด จะพบเสียงนี้จากเครื่องอัดลม เครื่องเป่าหรือระบายไอน้ำ เสียงจากการจราจร หรือเสียงจากเครื่องบิน

1.4 เสียงกระแทก (Impulse Noise or Impact Noise) เป็นเสียงที่เกิดขึ้นแล้วหายไป เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับเสียงอย่างน้อย 40 เดซิเบล ภายในเวลาน้อยกว่า 1 วินาที อาจเกิดติดๆกัน หรือเกิดขึ้นนานๆ ครั้งก็ได้ เช่น เสียงปืน เสียงระเบิด เสียงจากการตีหรือทุบโลหะ เสียงจากการตอกเสาเข็ม เป็นต้น

2. ผลกระทบจากเสียงดัง

2.1 มีผลกระทบต่อระบบการได้ยิน แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ การสูญเสียการได้ยินแบบชั่วคราวซึ่งสามารถฟื้นสภาพกลับมาเป็นปกติได้หากมีการพักสักระยะหนึ่ง และการสูญเสียการได้ยินแบบถาวรซึ่งจะไม่สามารถทำการรักษาให้การได้ยินกลับคืนสภาพเดิมได้

2.2 มีผลกระทบต่อสุขภาพทั่วไปและจิตใจ ทำให้การทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต ระบบประสาท ระบบต่อมไร้ท่อผิดปกติ ส่งผลให้สมดุลร่างกายเปลี่ยนแปลง เช่น ความดันโลหิตสูงขึ้นกว่าปกติ การเต้นของหัวใจผิดปกติ และการหดตัวของเส้นเลือดผิดปกติ เป็นต้น

2.3 รบกวนการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ปฏิบัติงาน อาจทำให้ไม่ได้ยินสัญญาณอันตรายที่ดังขึ้น หรือไม่ได้ยินเสียงตะโกนบอกให้ระวังอันตราย ทำให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงานได้

2.4 ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง ในงานที่ต้องใช้สมองหรือใช้ความคิด งานที่ยุ่งยากซับซ้อน งานที่มีรายละเอียดมาก และงานที่ต้องมีการรับส่งข่าวสาร นอกจากนี้ยังอาจทำให้เกิดความรำคาญหงุดหงิด เกิดความเครียด หรือเสียสมาธิ ซึ่งอาจมีผลให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงานได้

3. หลักการตรวจวัดระดับเสียง

การตรวจวัดระดับเสียง เป็นการประเมินค่าระดับความดังเสียงที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับสัมผัสในการปฏิบัติงาน เพื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับระดับเสียงดังที่ผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนได้รับสัมผัสขณะปฏิบัติงาน เพื่อระบุพื้นที่ในการเฝ้าระวัง

4. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเสียง

4.1 เครื่องวัดระดับเสียง (Sound Level Meter) ใช้ในการประเมินระดับเสียงในสถานประกอบการ โดยมีส่วนประกอบดังนี้

1. Microphone เป็นส่วนที่ใช้รับเสียง มีหน้าที่รับและส่งสัญญาณเสียงเข้าไปในเครื่องเพื่อแปลผลระดับเสียงต่อไป แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1.1 Condenser สามารถตอบสนองต่อความถี่เสียงต่างๆได้มากที่สุด แต่มีราคาแพง

1.2 Ceramic หรือ Piezoelectric Crystal สามารถทนต่อการสั่นสะเทือนได้ดี

1.3 Dynamic มีลักษณะเป็นขดลวด ราคาไม่แพง แต่มีการรบกวนจากสนามแม่เหล็ก**2.**

ประสิทธิภาพของไมโครโฟนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง ดังนี้

1. ขนาดของไมโครโฟน โดยไมโครโฟนขนาดเล็กจะสามารถแยกความถี่ได้ดีกว่า

2. ทิศทางและตำแหน่งของไมโครโฟนขณะทำการตรวจวัด

3. เสียงลม มีผลต่อการรับเสียงขิงไมโครโฟน ดังนั้นจึงต้องมีเครื่องป้องกัน (Wind screen) ครอบไมโครโฟนทุกครั้งที่ทำการตรวจวัด

4. อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

5. ความชื้น มีผลต่อไมโครโฟนชนิด Condenser เป็นพิเศษ เนื่องจากจะทำให้เสียงที่ได้รับแตกหรือซ่า สามารถแก้ไขได้โดยการอบกับหลอดไฟร้อนๆเพื่อไล่ความชื้นประมาณ 5-10 นาที

2. Pre-amplifier หรือ Attenuator จะช่วยลดขนาดของสัญญาณเสียงที่แตกต่างกันให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้เครื่องสามารถรับรู้เสียงที่ผ่านเข้ามาได้ทั้งหมด

3. Weighting network เป็นอุปกรณ์ที่สร้างวงจรที่ใช้ในการถ่วงน้ำหนัก ประกอบด้วย 4 สเกล คือ

3.1 Weighting A เป็นการกรองเสียงเพื่อให้ผลตรงกับความรู้สึกของคน จะใกล้เคียงกับคุณลักษณะการตอบสนองในการได้ยินของหูมนุษย์

3.2 Weighting B มีเหตุผลการกรองเช่นเดียวกันกับ A-weighted แต่ใช้กับเสียงความเข้มปานกลาง ปัจจุบันไม่ค่อยใช้ การวัดด้วย Scale B จะตอบสนองได้ดีในความถี่ระหว่าง 400–3000 Hz

3.3 Weighting C ไม่มีการกรองมากนัก การวัดจะใกล้เคียงกับความเป็นจริง จะใช้วัดเสียงของกลุ่มความถี่ต่ำเนื่องจาก A-weighted จะถูกกรองมากเกินไป

3.4 Weighting D ใช้วัดเสียงจากอากาศยาน

4. Amplifier เป็นส่วนที่ช่วยในการขยายเสียง โดยควรมีความสามารถในการขยายสัญญาณที่ช่วงความถี่ 20-20,000 Hz ได้ และต้องมีเสียงรบกวนต่ำ

5. RMS Detector เป็นตัวที่จะรับรู้เสียงที่ผ่านเข้ามาและทำการแปลผลระดับความดันที่เข้ามาทั้งบวกและลบให้เป็นค่ารากที่สองของค่ากำลังสองเฉลี่ยของความดันเสียง ซึ่งในการแปลผลนั้นสามารถตั้งเวลาให้ช้าหรือเร็วได้ ดังนี้

S : Slow = 1 วินาที นิยมใช้ในทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม

F : Fast = 125 มิลลิวินาที ใช้ในกรณีที่เสียงนั้นเป็นเสียงต่อเนื่องสม่ำเสมอ

I : Impact = 35 มิลลิวินาที ใช้สำหรับเสียงกระแทก

6. Display เป็นส่วนที่จะแสดงผลของระดับเสียง

4.2 เครื่องวิเคราะห์แยกความถี่ (Octave-band Analyzers) ในแต่ละแถบความถี่ ค่าสูงสุดของความถี่จะเป็น 2 เท่าของค่าต่ำสุดในแถบนั้น ในทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมนิยมวัดความถี่แบบ Preferred Frequency Bands ซึ่งหมายถึงการวัดระดับเสียงในความถี่ต่างๆนั้นจะใช้ค่ากึ่งกลางของแถบตามการเฉลี่ยทางเลขคณิตของค่าสูงสุดและต่ำสุด เช่น เมื่อทำการตรวจวัดระดับเสียงที่ความถี่ 1000 Hz แต่ในความเป็นจริงเป็นระดับเสียงในช่วงความถี่ตั้งแต่ 710 – 1420 Hz ในปัจจุบันเครื่องวัดเสียงส่วนใหญ่ได้รวมอุปกรณ์แยกวิเคราะห์ความถี่เอาไว้ในตัวเครื่องเดียวกันเพื่อสะดวกสำหรับผู้ใช้ในการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่าง

4.3 เครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม (Noise Dosimeter) มีส่วนประกอบที่คล้ายกับเครื่องวัดระดับเสียงทั่วไป แต่จะมีในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจับเวลาและคำนวณเพื่อคำนวณเปรียบเทียบระยะเวลาที่ได้รับสัมผัสกับระยะเวลาที่อนุญาตให้สัมผัสระดับเสียงนั้นและหน่วยความจำที่สามารถตรวจวัด เก็บรวบรวม และคำนวณข้อมูลได้ บันทึกข้อมูลทั้งหมดเพื่อนำไปสู่การสรุปการคำนวณผลออกมา

5. มาตรฐานของเครื่องมือ ในที่นี้ขอกล่าวถึงมาตรฐานของ ANSI S 1.4-1983 ซึ่งแบ่งชนิดของเครื่องมือวัดระดับเสียงดังนี้

1. Type 0 (Laboratory standard) เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูง มีการเปลี่ยนแปลงตอบสนองต่อความถี่และทิศทางน้อยมาก มีค่าความแม่นยำ ± 0.4 dB

2. Type 1 (Precision) เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำในการวัดเสียงรบกวน และสามารถนำไปใช้งานในการเก็บตัวอย่างเสียงในภาคสนามที่ต้องการความแม่นยำสูง มีค่าความแม่นยำ ± 0.7 dB

3. Type 2 (General) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในงานวัดระดับเสียงทั่วไปที่ไม่ต้องการความแม่นยำจากเครื่องมือมากนัก ถูกกำหนดให้ต้องมี A-frequency Weighting และมีค่าความแม่นยำ ± 1.0 dB

4. Type 3 เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำน้อยที่สุด คือ ± 1.5 dB แต่สามารถใช้งานได้ง่าย มักจะนิยมใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการสำรวจเสียงทั่วไป เพื่อพิจารณาปัญหาของเสียงขั้นต้น ถ้าพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นจึงจะเลือกใช้เครื่องวัดระดับเสียงที่มีความแม่นยำมากขึ้นเพื่อทำการวิเคราะห์อีกครั้ง

5. Type S (Special Purpose) เป็นเครื่องมือวัดระดับเสียงที่มีวัตถุประสงค์เป็นพิเศษ เช่น เครื่องมือวัดเสียงสะสม

6. การสอบเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์เกี่ยวกับการเก็บตัวอย่างเสียง

โดยส่วนใหญ่ห้องปฏิบัติการทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมมักจะส่งอุปกรณ์สอบเทียบระดับมาตรฐานการใช้งาน เช่น Acoustics Calibrator ไปทำการสอบเทียบในระดับมาตรฐานปฐมภูมิ อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง จากนั้นนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมจึงจะสามารถทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดกับเครื่องมือสอบเทียบระดับมาตรฐานการใช้งานได้ โดยในการสอบเทียบให้ทำการเลือกคำสั่งการสอบเทียบที่เครื่องมือวัดระดับเสียงที่ต้องการจะสอบเทียบแล้วเสียบส่วนของไมโครโฟนเข้ากับเครื่องมือสอบบเทียบ เสียงที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือวัดระดับเสียงต้องเท่ากับที่ระบุไว้บนเครื่องมือสอบเทียบ ถ้าค่าที่วัดได้ไม่ตรงกันให้ทำการปรับที่เครื่องมือตรวจวัดระดับเสียง

7. วิธีการเก็บและวิเคราะห์ระดับเสียง มีขั้นตอนดังนี้

1. การเดินสำรวจเบื้องต้น (Walk through survey) ควรดำเนินการในบบริเวณที่ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถสนทนาหรือสื่อสารกันได้ในระดับเสียงปกติ ในบริเวณที่มีผู้ปฏิบัติงานหูอื้อหลังเลิกงาน ในบริเวณที่มีการร้องเรียนจากผู้ปฏิบัติงาน หรือบริเวณที่สงสัยว่ามีระดับเสียงดังเกินค่ามาตรฐาน ข้อมูลนี้เป็นเพียงการระบุว่ามีปัญญหาเรื่องเสียงดังเกิดขึ้นในบริเวณนั้นหรือไม่

2. การศึกษาข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการตรวจวัดเสียง ซึ่งข้อมูลที่ควรทำการตรวจสอบมีดังนี้

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้ปฏิบัติงาน เช่น จำนวนผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัสกับเสียงดัง ระยะเวลาในการรับสัมผัสของผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน ระยะทางระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับแหล่งกำเนิดเสียง ปัญหาและสมรรถภาพเกี่ยวกับการได้ยินของผู้ปฏิบัติงาน อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่มีการใช้อยู่ เป็นต้น

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตและเครื่องจักร เช่น รายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการผลิต สภาพของเครื่องจักร (อายุการใช้งาน การบำรุงรักษา) กำลังในการใช้งานเครื่องจักร มาตรการป้องกันที่มีอยู่ เป็นต้น

2.3 ข้อมูลด้านโครงสร้างอาคาร เช่น ขนาดและรูปร่างของสถานที่ตั้งของบริเวณที่จะทำการตรวจวัดระดับเสียง แผนผังแสดงการติดตั้งเครื่องจักร วัสดุที่ใช้ในการสร้างในบริเวณนั้น เป็นต้น

3. การปฏิบัติเบื้องต้นก่อนการตรวจวัดระดับเสียง

1. ตรวจสอบมาตรฐานหรือกฎหมายที่จะใช้ในการประเมินระดับเสียง

2. ตรวจสอบแบตเตอรี่ของเครื่องมือตรวจวัดระดับเสียงและเครื่องมือสอบเทียบ

3. ทำการปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องมือตรวจวัดระดับเสียง

4. กำหนดจุดที่จะทำการตรวจวัดพร้อมวางแผนผังแสดงจุดตรวจวัด

5. กำหนดทิศทางและตำแหน่งของไมโครโฟนให้ถูกต้อง

6. เลือกตัวตอบสนองและ Weighting Network ให้ถูกต้องตามรูปแบบของการตรวจวัด

4. การดำเนินการเก็บตัวอย่างระดับเสียงในบริเวณที่ทำงาน

การใช้เครื่องวัดระดับความดังเสียง (Sound Level Meter) ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานทำงานในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งซึ่งมีระดับเสียงดังคงที่ มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการตั้งค่าต่างๆ ดังนี้

- Weighting Network A
- การตอบสนองแบบช้า (Slow)
- ช่วงการตรวจวัดสูง
- อัตราที่พลังงานเสียงเพิ่มเป็นสองเท่า (Energy Exchange Rate) ที่ 5

2. ทำการสวมฟองน้ำกันลม (Wind screen) ที่ไม่โครโฟน แล้วทำการตรวจวัดโดยให้ไมโครโฟนอยู่ที่ระดับหูของผู้ปฏิบัติงานรัศมีไม่เกิน 30 cm หากทำการถือให้ยื่นเครื่องมือตรวจวัดออกไปในลักษณะเฉียงให้ห่างจากตัวมากที่สุดเพื่อป้องกันการสะท้อนของเสียง

3. ทำการอ่านค่า TWA ที่ตรวจวัดได้ พร้อมทั้งบันทึกระยะเวลาที่ทำการตรวจวัด แล้วนำค่า TWA ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานหรือกฎหมาย

เวลาการทำงานที่ได้รับเสียง (ชั่วโมง)	ระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน (TWA) ที่อนุญาตให้สัมผัสได้ในแต่ละวัน
12	87
8	90
7	91
6	92
5	93
4	95
3	97
2	100
1 ½	102
1	105
½	110
¼ หรือน้อยกว่า	115

หรือหากไม่มีค่าในตารางให้ใช้สูตรคำนวณเพื่อหาระยะเวลาที่สามารถทำงานในพื้นที่ดังกล่าวได้

จากสูตร $T = \frac{8}{2^{\frac{(L-90)}{5}}}$ เมื่อ T = เวลาที่ยอมให้ได้รับเสียง (ชั่วโมง)

L = ระดับเสียง (เดซิเบลเอ)

การใช้เครื่องวัดระดับความดังเสียง (Sound Level Meter) ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานทำงานในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งซึ่งมีระดับเสียงดังไม่คงที่ มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการตั้งค่าต่างๆ ดังนี้

- Weighting Network A
- การตอบสนองแบบช้า (Slow)
- ช่วงการตรวจวัดสูง
- อัตราที่พลังงานเสียงเพิ่มเป็นสองเท่า (Energy Exchange Rate) ที่ 5

2. ทำการสวมฟองน้ำกันลม (Wind screen) ที่ไมโครโฟน แล้วทำการตรวจวัดโดยให้ไมโครโฟนอยู่ที่ระดับหูของผู้ปฏิบัติงานรัศมีไม่เกิน 30 cm หากทำการถือให้ยื่นเครื่องมือตรวจวัดออกไปในลักษณะเฉียงให้ห่างจากตัวมากที่สุดเพื่อป้องกันการสะท้อนของเสียง

3. ทำการอ่านค่าระดับความดังเสียง ณ ระดับเสียงต่างๆ และระยะเวลาทำงานที่สัมผัสกับเสียงที่ระดับความดังต่างๆ แล้วนำมาคำนวณเพื่อหาระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่ลูกจ้างได้รับตลอดเวลาการทำงาน จากสูตร $D = \left(\frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \dots + \frac{Cn}{Tn} \right) x\ 100$

เมื่อ D = ปริมาณเสียงสะสมที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ (% Dose)

Cn = ระยะเวลาที่สัมผัสเสียงระดับหนึ่งๆ

Tn = ระยะเวลาที่อนุญาตให้สัมผัสเสียงระดับหนึ่งๆ

4. คำนวณหาระดับเสียงดังเฉลี่ย (TWA) ที่คนงานสัมผัสตลอดระยะเวลาทำงานในแต่ละวัน

จากสูตร $TWA_{8\ hours} = 16.61 \log (D/100) + 90$

การใช้เครื่องวัดระดับความดังเสียง (Sound Level Meter) ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานทำงานในพื้นที่ต่างๆซึ่งมีระดับเสียงแตกต่างกัน มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการตั้งค่าต่างๆ ดังนี้

- Weighting Network A
- การตอบสนองแบบช้า (Slow)
- ช่วงการตรวจวัดสูง
- อัตราที่พลังงานเสียงเพิ่มเป็นสองเท่า (Energy Exchange Rate) ที่ 5

2. ทำการสวมฟองน้ำกันลม (Wind screen) ที่ไมโครโฟน แล้วทำการตรวจวัดโดยให้ไมโครโฟนอยู่ที่ระดับหูของผู้ปฏิบัติงานรัศมีไม่เกิน 30 cm หากทำการถือให้ยื่นเครื่องมือตรวจวัดออกไปในลักษณะเฉียงให้ห่างจากตัวมากที่สุดเพื่อป้องกันการสะท้อนของเสียง หากผู้ปฏิบัติงานมีการเปลี่ยนพื้นที่การทำงานให้ทำการเคลื่อนย้ายเครื่องมือตรวจวัดตามผู้ปฏิบัติงานด้วย

3. ทำการอ่านค่าระดับความดังเสียง ณ ระดับเสียงต่างๆ และระยะเวลาทำงานที่สัมผัสกับเสียงที่ระดับความดังต่างๆ ในพื้นที่ต่างๆ แล้วนำมาคำนวณเพื่อหาระดับความดังเสียงเฉลี่ยที่ลูกจ้างได้รับตลอดเวลาการทำงาน

จากสูตร $$D = \left(\frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \dots + \frac{Cn}{Tn} \right) x\ 100$$

เมื่อ D = ปริมาณเสียงสะสมที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ (% Dose)

Cn = ระยะเวลาที่สัมผัสเสียงระดับหนึ่งๆ

Tn = ระยะเวลาที่อนุญาตให้สัมผัสเสียงระดับหนึ่งๆ

4. คำนวณหาระดับเสียงดังเฉลี่ย (TWA) ที่คนงานสัมผัสตลอดระยะเวลาทำงานในแต่ละวัน

จากสูตร $TWA_{8\ hours} = 16.61 \log (D/100) + 90$

การใช้เครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม (Noise Dosimeter) ใช้เพื่อวัดปริมาณเสียงสะสมที่ผู้ปฏิบัติงานรับสัมผัสตลอดระยะเวลาการทำงาน มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการตั้งค่าต่างๆ ดังนี้

- ตั้งค่า Threshold Level ที่ 80 dB(A)
- ตั้งค่า Criteria Level ที่ 90 dB(A)
- อัตราที่พลังงานเสียงเพิ่มเป็นสองเท่า (Energy Exchange Rate) ที่ 5

2. นำเครื่องวัดปริมาณเสียงสะสมติดที่เข็มขัดหรือกระเป๋าของผู้ปฏิบัติงาน และติดตั้งไมโครโฟนไว้ที่บ่าหรือปกเสื้อของผู้ปฏิบัติงาน ไม่ให้หลุดหรือแกว่ง โดยมีรัศมีไม่เกิน 30 cm จากหูของผู้ปฏิบัติงาน

3. อธิบายข้อปฏิบัติและข้อห้ามต่างๆให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าใจ เช่น ไม่พูดหรือส่งเสียงใส่ไมโครโฟน และทำการเปิดเครื่องเพื่อเริ่มบันทึกค่าระดับเสียง

4. อ่านค่าปริมาณเสียงสะสมที่ตรวจวัดได้ (Dose) แล้วนำไปคำนวณหาค่า TWA

จากสูตร $TWA_{8\ hours} = 16.61 \log (D/100) + 90$
หรือใช้ผลจากตาราง

ปริมาณการสัมผัสเสียงสะสม (D)	TWA (dBA)	ปริมาณการสัมผัสเสียงสะสม (D)	TWA (dBA)	ปริมาณการสัมผัสเสียงสะสม (D)	TWA (dBA)
10%	73.4	95%	89.6	140%	92.4
15%	76.3	96%	89.7	145%	92..7
20%	78.4	97%	89.8	150%	92.9
25%	80.0	98%	89.9	155%	93.2
30%	81.3	99%	89.9	160%	93.4
35%	82.4	100%	90.0	165%	93.6
40%	83.4	101%	90.1	170%	93.8
45%	84.2	102%	90.1	175%	94.0

50%	85.0	103%	90.2	180%	94.2
55%	85.7	104%	90.3	185%	94.4
60%	86.3	105%	90.4	190%	94.6
65%	86.9	106%	90.4	195%	94.8
70%	87.4	107%	90.5	200%	95.0
75%	87.9	108%	90.6	210%	95.4
80%	88.4	109%	90.6	220%	95.7
81%	88.5	110%	90.7	230%	96.0
82%	88.6	111%	90.8	240%	96.3
83%	88.7	112%	90.8	250%	96.6
84%	88.7	113%	90.9	260%	96.9
85%	88.8	114%	90.9	270%	97.2
86%	88.9	115%	91.1	280%	97.4
87%	89.0	116%	91.1	290%	97.7
88%	89.1	117%	91.1	300%	97.9
89%	89.2	118%	91.2	320%	98.4
90%	89.2	119%	91.3	340%	98.8
91%	89.3	120%	91.3	360%	99.2
92%	89.4	125%	91.6	380%	99.6
93%	89.5	130%	91.9	400%	100.0
94%	89.6	135%	92.2	500%	101.6

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างปริมาณแสงสว่าง

แสงสว่าง เป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางจากดวงอาทิตย์มายังพื้นผิวโลก มีย่านความยาวคลื่นต่างๆ มากมาย ทั้งที่มองเห็นด้วยตาเปล่าและมองไม่เห็น ซึ่งแสงที่มองเห็นได้

ด้วยตาเปล่า (Visible light) ซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 380-780 นาโมเมตร เมื่อตกกระทบวัตถุจะสะท้อนเข้าสู่ดวงตาทำให้มองเห็นวัตถุต่างๆได้ การเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นของแสงสว่างจะทำให้ตาเห็นเป็นสีต่างๆ ตามความยาวคลื่นนั้น

ความยาวคลื่น (นาโมเมตร)	สีที่มองเห็น
< 450	ม่วง
450 - 500	น้ำเงิน
500 - 570	เขียว
570 - 590	เหลือง
> 610	แดง

ความเข้มของแสงสว่างหรือปริมาณการส่องสว่าง (Illuminance) หมายถึง ปริมาณแสงสว่างที่ตก
กระทบลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่กำหนด

หน่วยวัดความเข้มแสง มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux) หรือ ฟุตเทียน (Foot Candle)

(1 ฟุตเทียน = 10.76 ลักซ์)

1. แหล่งกำเนิดแสง มี 2 แหล่ง คือ

1.1 แสงสว่างจากธรรมชาติ (Natural lighting) แหล่งกำเนิดของแสงสว่างในธรรมชาติที่สำคัญ
คือ ดวงอาทิตย์

1.2 แสงสว่างจากการประดิษฐ์ (Artificial lighting) เป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่มนุษย์ได้ประดิษฐ์คิดค้นโดยอาศัยธรรมชาติและเทคโนโลยี เช่น หลอดไส้ หลอดโซเดียม หลอดแสงจันทร์ หลอดเรืองแสง เป็นต้น

2. ปัญหาของแสงสว่างที่มีผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน

1. แสงสว่างน้อยเกินไป จะมีผลเสียต่อตาทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไป โดยบังคับให้ม่านตาเปิดกว้างเพราะการมองเห็นนั้นไมชัดเจน ต้องใช้เวลาในการมองเห็นรายละเอียดนั้น ทำให้เกิดการเมื่อยล้าของตาที่ต้องเพ่ง ปวดตา มึนศีรษะ ประสิทธิภาพและขวัญ

กำลังใจในการทำงานลดลง การหยิบจับ ใช้เครื่องมือเครื่องจักรผิดพลาดหรืออาจจะไปสัมผัสถูกส่วนที่เป็นอันตรายทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น

2. แสงสว่างที่มากเกินไป แสงจ้าที่เกิดจากการแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง (Direct glare) หรือแสงจ้าที่เกิดจากการสะท้อนแสง (Reflected glare) จากวัสดุที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ผนังห้องเครื่องมือเครื่องจักรโต๊ะทำงาน เป็นต้น จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความไม่สบายใจ เมื่อยล้า ปวดตา มึนศีรษะ กล้ามเนื้อหนังตากระตุกวิงเวียน นอนไมหลับ การมองเห็นแย่ลง นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลทางจิตใจคือเบื่อหน่ายในการทำงาน ขวัญและกำลังใจในการทำงานลดลงเป็นผลทำให้เกิดอุบัติเหตุได้เช่นเดียวกัน

นอกจากอันตรายของแสงสว่างดังกล่าวข้างต้นแล้วยังมีอันตรายอื่นของแสงที่ไม่อยู่ในช่วงของความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ เช่น

1. อันตรายจากแสงเหนือม่วง ซึ่งจะทำให้นัยน์ตาอักเสบ ตาแดง หรือเยื่อบุตาในชั้นตาดำอาจถูกทำลายทำให้ขุ่นมองเห็นไม่ชัด จะพบในงานเชื่อมโลหะ การฆ่าเชื้อโรคโดยแสงเหนือม่วง งานเกษตรกลางแจ้ง งานก่อสร้างกลางแจ้ง งานถนอมอาหาร

2. อันตรายจากแสงใต้แดง ช่วงคลื่นของแสงใต้แดงที่ยาวจะถูกกลืนไว้หมดโดยตาดำ ทำให้ตาขุ่น ส่วนช่วงคลื่นของแสงใต้แดงที่สั้นกว่าจะส่องผ่านตาดำและถูกดูดกลืนโดยเลนส์จนเกิดเป็นต้อกระจกจากความร้อน (Heat Cataract) นอกจากแสงใต้แดงอาจจะทะลุทะลวงถึงจอภาพ (Retina) ของนัยน์ตา ทำให้เซลล์ของเรตินาตายได้ทำให้ไม่สามารถมองเห็นได้ชัดจะพบในงานอุตสาหกรรมเป่าแก้ว งานหล่อหลอมโลหะ งานเชื่อมชนิดต่างๆ และการอบสี เป็นต้น

3. อันตรายจากแสงในช่วงคลื่นของความถี่วิทยุโทรทัศน์ ชวงคลื่นนี้จะทำอันตรายต่อเลนส์ของนัยน์ตามากที่สุดเพราะมีการดูดกลืนของรังสีวิทยุทำให้เกิดความร้อนสูง ซึ่งนัยน์ตาจะมีการไหลเวียน หรือถ่ายเทความร้อนที่ไมเพียงพอทำให้เซลล์ของนัยน์ตาเกิดการขุ่นมัวได้เร็วทำให้เป็นตาต้อได้

4. แสงจ้า (Glare) คือ จุดหรือพื้นที่ที่มีแสงจ้าเกิดขึ้นในระยะของเวลาลานสายตา (Visual field) ทำให้ตารู้สึกว่ามีแสงสว่างมากเกินกว่าตาที่จะปรับได้เป็นสาเหตุของความรำคาญไม่สุขสบาย หรือความสามารถในการมองเห็นลดลง โดยแสงจ้ามี 2 ชนิด คือ

1. แสงจ้าตาโดยตรง (Direct glare) เกิดจากแหล่งกำเนิดที่แสงสว่างจ้าในระยะลานสายตา ซึ่งอาจเกิดจากแสงสว่างที่ส่องผ่านหน้าตา หรือแสงสว่างที่เกิดจากดวงไฟติดตั้ง การลดแสงจ้าจากหน้าต่างทำได้โดยติดผ้าม่าน ที่บังตา บานเกร็ด ต้นไม้หรือไม้เลื้อยต่างๆ เปลี่ยนจากกระจกใสเป็นกระจกฝ้า เปลี่ยนทิศทางของโต๊ะและการนั่งทำงานโดยให้แสงสว่างเข้าด้านข้างหรือนั่งหันหลังให้หน้าต่างแทนการหันหน้าไปหาแสง การใช้โคมไฟหรือที่ครอบลึกพอควรขอบด้านในทาสีเข้มและผิวด้า ติดตั้งโคมไฟใต่ำพอเพื่อว่าแสงจ้าที่พื้นผิวจะถูกลบหายไป แต่ก็ให้มีระดับสูงพอที่จะช่วยในการส่องสว่าง

การติดตั้งโคมไฟให้มีระดับสูงที่พอเหมาะ

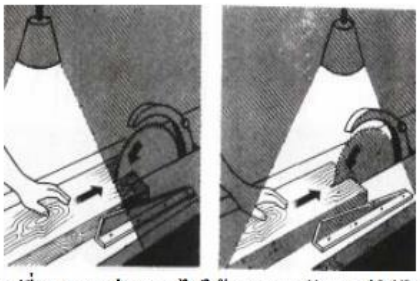
ตำแหน่งของไฟเสริมที่การติดตั้งทำให้ไม่มีแสงสะท้อนมารบกวนสายตา

ตำแหน่งของไฟเสริมที่การติดตั้งทำให้เกิดแสงสะท้อนมารบกวนสายตา

การติดตั้งไฟเสริมในมุมต่ำเมื่อต้องการเน้นพื้นผิวงานเป็นพิเศษ

การติดตั้งแผงไฟเสริมที่มีขนาดใหญ่และมีหลอดไฟจำนวนมากอาจทำให้เกิดแสงสะท้อนเข้าตาได้

2. แสงจ้าจากการสะท้อน (Reflected glare) เกิดจากเมื่อแสงตกกระทบบนพื้นผิวต่างๆ เช่น วัตถุผิวมันและสะท้อนมาเข้าตา แสงจ้าชนิดนี้จะก่อให้เกิดความรำคาญมากกว่าแสงจ้าโดยตรง การลดแสงจ้าจากการสะท้อนทำได้โดยการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของแหล่งแสง การลดความสว่างของแหล่งแสง การเสือกใช้ผิววัสดุที่มีการสะท้อนแสงต่ำ การทำพื้นหลังข้างเคียงให้สว่างกว่าโดยจัดวางให้พื้น/วัสดุผิวสีอ่อนอยู่ด้านหลัง



การเปลี่ยนตำแหน่งหลอดไฟให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน

5. การเกิดเงา

เงา เป็นอุปสรรคต่อการทำงานอย่างยิ่ง บริเวณที่มีเงามืดบนพื้นผิวของชิ้นงาน จะทำให้การทำงานลำบากยากยิ่งขึ้นมองไม่เห็นชัด คุณภาพของงานแย่ลงเมื่อยตาและอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ การหลีกเลี่ยงการเกิดเงา ทำได้โดยการวางผังโต๊ะในลักษณะที่สามารถหลีกเลี่ยงบริเวณที่จะเกิดเงา จัดกลุ่มดวงไฟสำหรับกลุ่มต่างๆของ

เครื่องจักร ใช้แสงสะท้อนเพื่อหลีกเลี่ยงแสงจ้า จัดทิศทางของแสงให้ดีขึ้น ดูแลความสะอาดและเพิ่มจำนวนหน้าต่างและช่องแสง เป็นต้น

3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจและวิเคราะห์ปริมาณแสงสว่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณณแสงสว่างหรือความเข้มแสงสว่าง คือ Lux Meter ซึ่งต้องสามารถวัดความเข้มแสงสว่างได้ตั้งแต่ 0 ถึงมากกว่า 10,000 ลักซ์ โดยมีส่วนประกอบหลักๆอยู่ 2 ส่วน คือ

1. ตัวรับแสง (Sensor) มีลักษณะเป็น Photocell ที่ทำด้วยแก้วหรือพลาสติก ด้านในเคลือบด้วยสารซิลิกอนหรือเซเลเนียม ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ถ้าความเข้มแสงสว่างมาก พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นก็จะมากตามไปด้วยเป็นสัดส่วนกัน เหนือตัวรับแสงจะมีตัวครอบโค้ง (Opal glove) ที่มีคุณลักษณะ Cosine-Corrected ที่จะช่วยให้สามารถรับแสงได้ทุกทิศทางโดยปรับให้มีมุมตกกระทบทุกมุมเป็น 90 องศา

2. ตัวอ่านค่า (Meter) ทำหน้าที่รับพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากเซลรับแสงมาแสดงค่าบนหน้าจอเป็นความเข้มแสงสว่างซึ่งมีหน่วยเป็นลักซ์หรือฟุตแคนเดิล

4. การสอบเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจและวิเคราะห์ปริมาณแสงสว่าง

การสอบเทียบมาตรฐานทางแสงสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ คือ

1. มาตรฐานปฐมภูมิ (Primary stanndard) เป็นการสอบเทียบโดยใช้วัตถุดำคือแพลทตินัมซึ่งจะถูกให้ความร้อนจนละลายและมีอุณหภูมิสูงกว่า 2045 เคลวิน แล้วจึงค่อยๆลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆจนแพลทตินัมถึงจุดแข็งตัว อุณหภูมิจะเริ่มคงที่ทำให้สามารถใช้อุณหภูมิที่จุดนี้เป็นอุณหภูมิที่ให้กำเนิดรังสีที่ใช้เป็นมาตรฐานทางแสงได้

2. มาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary standard) เป็นการสอบเทียบโดยใช้หลอดไฟมาตรฐานที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษ มีความแข็งแรงกว่าหลอดที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้งานทั่วไป โดยเฉพาะการจับยึดไส้หลอดต้องมั่นคงแข็งแรงง กระเปาะแก้วกลมและใส สะอาด ปราศจากริ้วรอย และมีการสัมผัสทางไฟฟ้าที่ดี

3. มาตรฐานอ้างอิง (Reference standard) เป็นการสอบเทียบโดยใช้หลอดไฟมาตรฐานอ้างอิงของห้องปฏิบัติการ โดยหลอดไฟจะสร้างขึ้นเป็นพิเศษ มีคุณลักษณะเช่นเดียวกับหลอดมาตรฐานทุติยภูมิ แต่ลักษณะรูปร่างของหลอดไฟจะแตกต่างกันไปตามมาตรฐานที่ใช้เป็นแนวทาง

4. มาตรฐานการใช้งาน (Working standard) เป็นการสอบเทียบโดยใช้หลอดไฟฟ้าที่มีคุณลักษณะที่ดีจากในตลาดหรือจากโรงงาน แล้วนำไปสอบเทียบกับหลอดมาตรฐานอ้างอิง ก็จะสามารถนำมาใช้งานเป็นหลอดไฟมาตรฐานการใช้งานได้

ในทางปฏิบัติสำหรับนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรม การสอบเทียบเครื่องวัดแสงก่อนการเก็บตัวอย่างทุกครั้งนั้นอาจจะทำได้ยาก เนื่องจากข้อจำกัดในการหาหลอดไฟมาตรฐาน จึงมีการปรับค่าความถูกต้องของเครื่องมือโดยการปรับศูนย์ (Zero Adjustment) ซึ่งงทำโดยการหาวัตถุสีดำทึบปิดครอบบริเวณตัวรับแสง (Sensor) ให้สนิท แล้วให้เครื่องอ่านค่าออกมาเป็น 0 ลักซ์ ถ้าไม่ได้ให้ทำการกดที่ปุ่ม zero เพื่อทำการปรับให้เครื่องอ่านค่าออกมาเป็น 0

5. การตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง

ก่อนการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างภายในอาคารต้องมีการเตรียมการโดยต้องมีการจัดทำแผนผังบริเวณที่จะทำการตรวจวัดพร้อมทั้งระบุข้อมูลต่างๆ เช่น ตำแหน่งพื้นที่ทำงาน อุปกรณ์ตกแต่งและเฟอร์นิเจอร์ ช่องหน้าต่าง ประตู ผ้าม่าน ทิศทางของแสงธรรมชาติ การติดตั้งชุดโคม การชำรุดเสียหายของชุดโคม หรือปัจจัยอื่นๆที่อาจมีผลต่อการตรวจวัด ควรมีการศึกษามาตรฐานหรือข้อกำหนดตามกฎหมายในการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างตต้องตรวจวัดตามสภาพความเป็นจริงของการทำงาน เช่น ถ้าในการทำงานไม่ได้เปิดหลอดไฟฟ้า ในการตรวจวัดก็ต้องตรวจโดยที่ไม่ได้เปิดหลอดไฟฟ้าเพราะเป็นสภาพการทำงานจริงๆของผู้ปฏิบัติงาน แต่หากปกติการทำงานนั้นเปิดหลอดไฟฟ้าในขณะทำงาน ให้เปิดหลอดไฟฟ้าไว้อย่างน้อย 20 นาที ก่อนทำการตรวจวัด ทั้งนี้เพื่อให้หลอดไฟส่องสว่างเต็มที่ ต้องวัดแสงในขณะที่ผู้ปฏิบัติงานอยู่ในลักษณะการทำงานจริงๆ แม้การทำงานนั้นจะทำให้เกิดเงาในการวัดแสง ควรพิจารณาตำแหน่งของดวงอาทิตย์และสภาพอากาศขณะที่ทำการวัดด้วย งานที่ปฏิบัติในเวลากลางวันต้องทำการวัดแสงในตอนกลางวัน แต่ถ้างานที่ปฏิบัตินั้นเป็นเวลากลางคืนก็ต้องทำการตรวจวัดในเวลากลางคืน โดยวิธีการตรวจวัดโดยทั่วไปมี 2 วิธีคือ วัดที่จุดทำงาน และวัดแบบค่าเฉลี่ยของพื้นที่ทั่วไป

1. การวัดแบบจุด (Spot measurement) เป็นการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างบริเวณที่ลูกจ้างต้องทำงานโดยใช้สายตาเฉพาะจุดหรือต้องใช้สายตาอยู่กับที่ในการทำงาน ตรวจวัดในจุดที่สายตากระทบชิ้นงานหรือจุดที่ทำงานของคนงาน (Point of Work) โดยวางเครื่องวัดแสงในแนวระนาบเดียวกับชิ้นงาน หรือพื้นผิวที่สายตาตกกระทบ แล้วอ่านค่า ค่าที่อ่านได้นำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่างและเสียง พ.ศ. 2549

2. การวัดแสงเฉลี่ยแบบพื้นที่ทั่วไป (Area measurement) เป็นการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างในบริเวณพื้นที่ทั่วไปภายในสถานประกอบกิจการ เช่น ทางเดิน และบริเวณพื้นที่ใช้ประโยชนในกระบวนการผลิตที่ลูกจ้างทำงาน การตรวจวัดแบบนี้สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1) แบ่งพื้นที่ทั้งหมดออกเป็น 2 x 2 ตารางเมตร โดยถือเซลรับแสงในแนวระนาบสูงจากพื้น 30 นิ้ว (75 เซนติเมตร) แล้วอ่านค่า (ในขณะที่วัดนั้นต้องมิให้เงาของผู้วัดบดบังแสงสว่าง) นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย

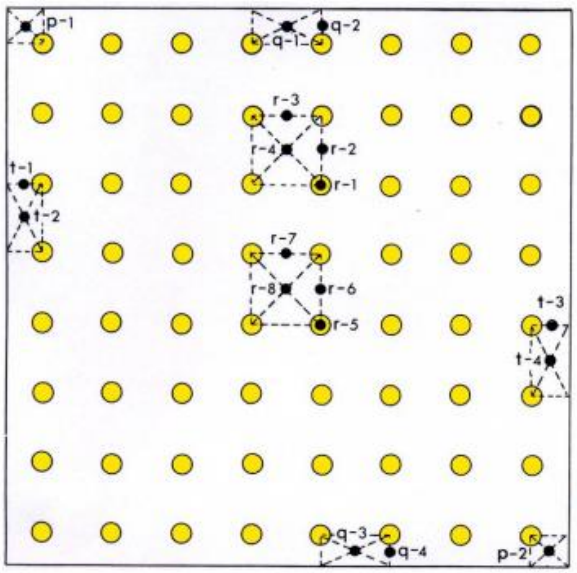
2) หากการติดหลอดไฟฟ้ามีลักษณะที่แน่นอนซ้ำๆกัน สามารถวัดแสงในจุดที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ที่มีแสงตกกระทบในลักษณะเดียวกันตามวิธีการวัดแสงและการคำนวณค่าเฉลี่ย ของ IES Lighting Handbook หรือเทียบเท่า การวัดในลักษณะนี้ช่วยให้จำนวนจุดตรวจวัดน้อยลงได้ ดังนี้

2.1 หลอดไฟมีระยะห่างระหว่างหลอดเท่ากันและมีจำนวนแถวมากกว่า 2 แถว (Symmetrically Spaced Luminaires in Two or More Rows)

$$\text{แสงเฉลี่ย} = \frac{[\,R\,(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P\,]}{NM}$$

N = จำนวนหลอดไฟต่อแถว M = จำนวนแถว

= หลอดไฟ / ดวงไฟ



ขั้นตอนในการตรวจวัด คือ

1. อ่านค่า r ทั้ง 8 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย ได้เป็นค่า R
2. อ่านค่า q ทั้ง 4 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย ได้เป็นค่า Q
3. อ่านค่า t ทั้ง 4 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย ได้เป็นค่า T
4. อ่านค่า p ทั้ง 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย ได้เป็นค่า P
5. แทนค่า R, Q, T, P, N และ M ตามสูตร จะได้ค่าแสงเฉลี่ย

โดย $r_1 - r_8$ = ส่วนในและกลางห้อง (typical inner bay and centrally located bay) และ R = ค่าเฉลี่ยของ r_{1-8}

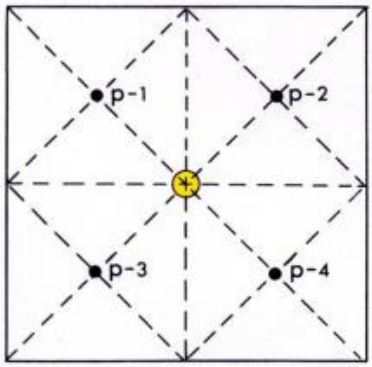
$q_1 - q_4$ = กึ่งกลางขอบข้างห้อง (in two typical half bays on each side of room) และ Q = ค่าเฉลี่ยของ q_{1-4}

$t_1 - t_4$ = กึ่งกลางขอบหัว-ท้ายห้อง (in two typical half bays on each end of room) และ T = ค่าเฉลี่ยของ t_{1-4}

p_1, p_2 = มุมห้อง (in two typical corner quarter bays) และ P = ค่าเฉลี่ยของ p_1 และ p_2

2.2 ไฟดวงเดียวติดกลางห้อง (Symmetrically Located Single Luminaire)

ทำการวัดสี่จุด (p-1, p-2, p-3 และ p-4) แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย



$$\text{แสงเฉลี่ย} = \frac{[\,p1 + p2 + p3 + p4\,]}{4}$$

= หลอดไฟ / ดวงไฟ

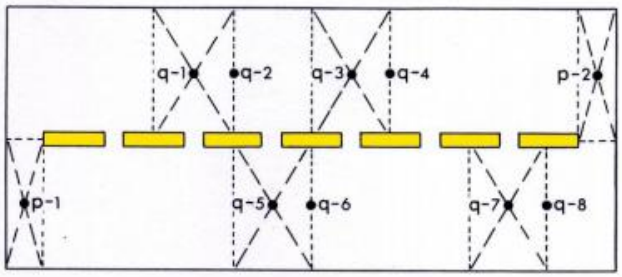
ขั้นตอนในการตรวจวัด คือ

อ่านค่า p ทั้ง 4 จุด แทนค่าตามสูตร จะได้ค่าแสงเฉลี่ย

2.3 หลอดไฟติดตั้งแถวเดียวกลางห้อง (Single Row of Individual Luminaires)

แสงเฉลี่ย = $\frac{[Q(N-1)+P]}{N}$; N = จำนวนหลอดไฟ

= หลอดไฟ / ดวงไฟ

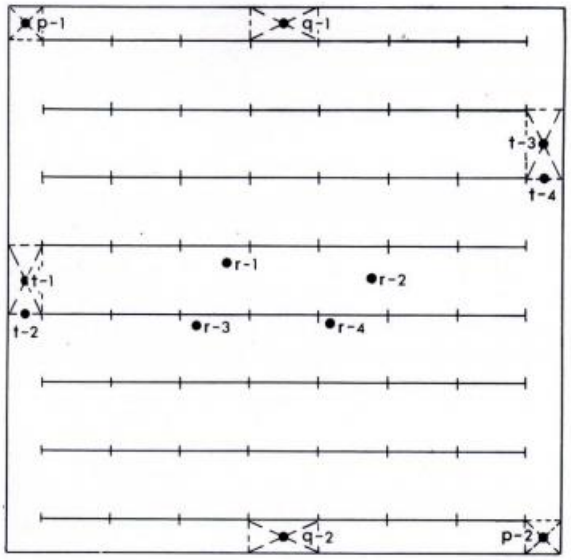


ขั้นตอนในการตรวจวัดคือ

1. อ่านค่า q ทั้งหมด 8 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า Q
2. อ่านค่า p ทั้ง 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า P
3. แทนค่า Q, P และ N ตามสูตร จะได้ค่าแสงเฉลี่ย

2.4 หลอดไฟติดตั้งแบบต่อเนื่องมากกว่าหรือเท่ากับ 2 แถว (Two or More Continuous Rows of Luminaires)

$$\text{แสงเฉลี่ย} = \frac{[\,RN(M-1) + QN + T(M-1) + P\,]}{M(N+1)}$$, N = จำนวนหลอดไฟต่อแถว, M = จำนวนแถว

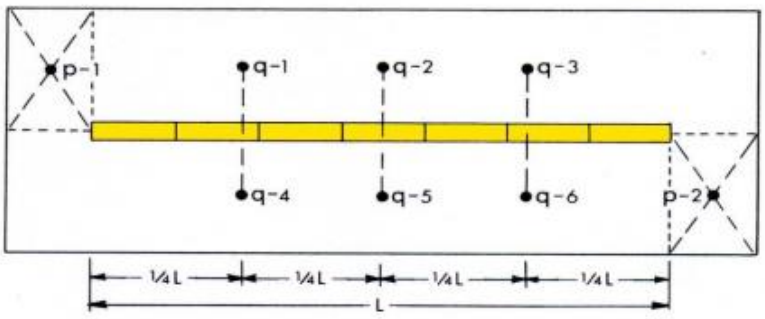


ขั้นตอนในการตรวจวัดคือ

1. อ่านค่า r ทั้งหมด 4 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า R
2. อ่านค่า q ทั้ง 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า Q
3. อ่านค่า t ทั้ง 4 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า T
4. อ่านค่า p ทั้ง 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า P
5. แทนค่าR, Q,T, P ,M และ N ตามสูตร จะได้ค่าแสงเฉลี่ย

2.5 หลอดไฟติดตงแบบต่อเนื่องแถวเดียว (Single Row of Continuous Luminaires)

$$\text{แสงเฉลี่ย} = \frac{[\,QN + P\,]}{N+1}$$; N = จำนวนหลอดไฟ

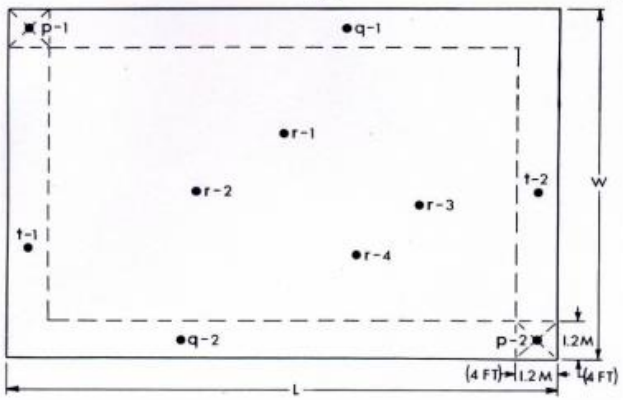


ขั้นตอนในการตรวจวัดคือ

1. อ่านค่า q ทั้งหมด 6 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า Q
2. อ่านค่า p ทั้งหมด 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า P
3. แทนค่า Q, P และ N ตามสูตรจะได้ค่าแสงเฉลี่ย

2.6 หลอดไฟติดกระจายบนเพดาน (Luminous or Louver all Ceiling)

แสงเฉลี่ย = $\frac{[\ R\ (L - 8)\ (W - 8) + 8Q(L - 8) + 8T(W - 8) + 64P\ ]}{WL}$, W = ความกว้างของห้อง
L = ความยาวของห้อง



ขั้นตอนในการตรวจวัดคือ

1. อ่านค่า r ทั้งหมด 4 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า R
2. อ่านค่า q ทั้งหมด 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า Q
3. อ่านค่า t ทั้งหมด 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่าT
4. อ่านค่า p ทั้งหมด 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยได้เป็นค่า P
5. แทนค่าR, Q, T, P, W และ L ตามสูตร จะได้ค่าแสงเฉลี่ย

6. ขั้นตอนและเทคนิควิธีการวัดแสงสว่าง

1. ปรับให้เครื่องอ่านค่าที่ศูนย์ ก่อนทำการตรวจวัดแสงสว่าง ต้องปรับให้เครื่องอ่านค่าที่ศูนย์ก่อนทุกครั้ง การปรับเครื่องเช่นนี้เรียกว่า zeroing ซึ่งไม่ใช่การปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration) ของเครื่องมือ การปรับให้เครื่องอ่านค่าที่ศูนย์ก่อนการเริ่มอ่านค่าเป็นสิ่งจำเป็น สามารถทำได้โดยใช้วัสดุสีดำทึบแสงปิดที่เซลรับแสงแล้วเปิดเครื่องและอ่านค่า ค่าที่อ่านได้ควรเป็นศูนย์ เนื่องจากไมมีแสงตกกระทบเซลรับแสง หากไม่เป็นเช่นนั้น ต้องปรับมิเตอร์ให้อ่านค่าศูนย์ก่อนเริ่มการตรวจวัด

2. ปรับมิเตอร์ โดยมิเตอร์บางรุ่นจะมีปุ่มให้ปรับเลือกช่วงของความเข้มแสงสว่างระดับต่างๆ หากไม่แน่ใจว่าระดับความเข้มของแสงสว่างเป็นปริมาณเท่าไรให้ปรับปุ่มไปช่วงของการวัดที่ระดับสูงก่อน ถ้าไม่ใช่ช่วงการวัดนั้นจึงค่อยปรับสเกลต่ำลงมา

3. ศึกษาลักษณะการทำงาน ทำการศึกษาลักษณะการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ขนาดของชิ้นงาน ความละเอียดของงาน ปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อการมอง การส่องสว่าง และคุณภาพของการส่องสว่าง

4. วางเซลรับแสง ทำการวางเซลรับแสงในระนาบเดียวกับพื้นผิวงานของผู้ปฏิบัติงานนั้น อ่านค่าความเข้มแสงสว่างผู้ทำการตรวจวัดฯ ต้องระวังไม่ให้เงาของตัวเองทอดบังบนเซลรับแสง ซึ่งจะทำให้ค่าความเข้มแสงสว่างผิดจากความเป็นจริง

5. อ่านค่าจากหน้าจอของเครื่องมือวัด โดยต้องให้เซลรับแสงรับแสงจนค่าแน่นอนทุกครั้ง (โดยทั่วไปประมาณ 5 – 15 นาที) จึงอ่านค่ามิเตอร์และบันทึกผล

6. บันทึกผลการตรวจวัดแสงสว่างและปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ทำการบันทึกผลการตรวจวัดแสงสว่างและปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพห้อง เพดาน
ดวงไฟ ความสะอาด สี สภาพอากาศขณะที่ตรวจวัด เป็นต้น

7. นำผลการตรวจวัดเปรียบเทียบ โดยนำไปเปรียบเทียบกับกฎกระทรวงฯ เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549

7. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจและวิเคราะห์ปริมาณหรือความเข้มแสงสว่าง

1. สภาพภูมิอากาศ เช่น ฝนตก อากาศมืดครึ้ม

2. ลักษณะทางกายภาพ เช่น สีและการสะท้อนของพื้นที่ปฏิบัติงาน ความสะอาด ความเก่า-ใหม่ ขนาด รูปร่าง ทิศทางการจัดวางของอุปกรณ์ตกแต่งต่างๆ

3. การจัดระบบแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน เช่น ผังการติดตั้งชุดโคม การชำรุดเสียหายของชุดโคม การติดตั้งโคมไฟเฉพาะจุด

4. ทิศทางของแสงจากธรรมชาติ

5. สภาพแวดล้อมในบริเวณการทำงาน เช่น ฝุ่น ฟูม ควัน หมอก ไอ ที่อาจบดบังการส่องสว่าง

6. ข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้ปฏิบัติงาน เช่น อายุ สมรรถภาพการมองเห็น ประวัติการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่เกี่ยวกับการมองเห็น

7. ลักษณะของการทำงาน เช่น ความละเอียดของงาน ท่าทางในการทำงาน การเคลื่อนไหวของวัตถุต่างๆรอบตัวผู้ปฏิบัติงาน

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ระดับความร้อน

ความร้อน เป็นพลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนไหวหรือสั่นสะเทือนของโมเลกุลของวัตถุ ความร้อนเกิดจากแหล่งกำเนิดที่สำคัญ 3 แหล่ง คือ เกิดจากการได้รับจากสิ่งแวดล้อมรอบตัว เกิดจากกิจกรรมหรือการทำงาน และเกิดจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหารที่ร่างกายกินเข้าไป (Metabolism)

ระดับความร้อน หมายความว่าอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบในบริเวณที่ลูกจ้างทำงาน ตรวจวัดโดย
ค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาสองชั่วโมงที่มีอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบสูงสุดของการทำงานปกติ (ตามกฎกระทรวงฯ
เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549)

อุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบ (Wet Bulb Globe Temperature : WBGT) เป็นดัชนีวัดสภาพความร้อนในสิ่งแวดล้อมการทำงาน (มีหน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส หรือองศาฟาเรนไฮท์) ซึ่งได้นำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความร้อนที่สะสมในร่างกายมาพิจารณา ได้แก่ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายขณะ
ทำงาน และความร้อนจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน ซึ่งความร้อนจากสิ่งแวดล้อมการทำงานถูกถ่ายเท
มายังร่างกายได้ 3 วิธี คือ การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน

มนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่างๆสามารถดำรงชีพได้เมื่อความร้อนภายในร่างกายคงที่ในระดับที่เหมาะสมเท่านั้น อุณหภูมิภายในร่างกายมนุษย์อาจเปลี่ยนแปลงได้ในช่วงแคบๆ โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของ
ร่างกาย นั่นคือ ประมาณ 37 ± 1 ◦C ดังนั้น ร่างกายจึงพยายามควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดเวลาด้วยกลไกต่างๆ เช่น การหลั่งเหงื่อ รู้สึกกระหายน้ำ และมีเลือดไหลเวียนมาที่ผิวเพื่อคายความร้อนมากขึ้น เป็นต้น โดยทั่วไปแหล่งความร้อนที่มีอิทธิพลต่อความร้อนในร่างกายมนุษย์
มี 2 แหลง คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายจากการเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงาน และความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกซึ่งความร้อนจากทั้งสองแหล่งนี้สามารถถ่ายเทระหว่างกันได้จากแหล่งที่มีระดับความร้อนสูงกว่าไปยัง
แหล่งที่มีความร้อนต่ำกว่าโดยการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน ทั้งนี้เพื่อรักษาระดับความร้อน
ภายในร่างกายให้คงที่ที่ 37 ± 1 ◦C ซึ่งความพยายามในการรักษาระดับความร้อนของร่างกายนี้อธิบาย
ได้ด้วยสมการสมดุลความร้อน คือ

$$H = M \pm R \pm C - E \pm D$$

เมื่อ H = ความร้อนสะสมของร่างกาย (Body Heat Storage)

M = ความร้อนจากการเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงาน (Metabolic Heat)

R = ความร้อนที่ถ่ายเทด้วยการแผ่รังสี (Radiation)

C = ความร้อนที่ถ่ายเทด้วยการพา (Convection)

E = ความร้อนที่สูญเสียไปจากการระเหยของเหงื่อ (Evaporation)

D = ความร้อนที่ถ่ายเทด้วยการนำ (Conduction)

ร่างกายมีกลไกในการขจัดความร้อนออกจากร่างกายโดยการขจัดความร้อนออกจากร่างกาย 97% จะถูกขจัดออกทางผิวหนัง โดยวิธีการ ดังนี้

1. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) เป็นการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายในรูปของคลื่นรังสีอินฟราเรด ที่แผ่ออกไปทุกทิศทุกทางโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ร่างกายจะระบายหรือสูญเสียความร้อนด้วยวิธีนี้ 60 % ของปริมาณความร้อนที่ถูกขจัดออกไปทั้งหมด หากกางแขน กางนิ้วมือจะเพิ่มความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนขึ้น 10 %

2. การพาความร้อน (Convection) ร่างกายจะสูญเสียความร้อนโดยวิธีนี้ประมาณ 12% โดยอาศัยการเคลื่อนย้ายถ่ายเทของอากาศที่อยู่ล้อมรอบเป็นตัวช่วยพาความร้อนออกจากร่างกาย

3. การนำความร้อน (Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากผิวหนังของร่างกายเมื่อสัมผัสกับเบาะนั่ง เก้าอี้ เตียงนอน พื้นห้อง แล้วถ่ายเทความร้อนจากร่างกายสู่วัตถุเหล่านี้ร่างกายจะสูญเสียด้วยวิธีนี้ประมาณ 3 %

4. การระเหย (Evaporation) เป็นการสูญเสียความร้อนโดยกลไกของร่างกายทำให้น้ำที่ผิวหนังเยื่อบุผิวในปากภายในช่องปาก และทางเดินหายใจส่วนต้น (หลอดลม) ระเหยกลายเป็นไอตลอดเวลาโดยไม่รู้ตัวจะสูญเสียความร้อนด้วยวิธีนี้ประมาณ 22 %

นอกจากร่างกายจะระบายความร้อนส่วนใหญ่ออกทางผิวหนังแล้วความร้อนบางส่วนจะถูกขจัดออกทางระบบหายใจซึ่งเกิดขึ้นประมาณ 2% และอีก 1% จะถูกขจัดออกมากับปัสสาวะและอุจจาระ

1. อันตรายและผลกระทบต่อสุขภาพคนงานที่ทำงานในที่ร้อน

เมื่อร่างกายได้รับความร้อนหรือสร้างความร้อนขึ้น ร่างกายจึงต้องถ่ายเทความร้อนออกไป เพื่อรักษาสมดุลของอุณหภูมิร่างกาย ซึ่งปกติอยู่ที่ 98.6 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 37 องศาเซลเซียส ถ้าร่างกายไม่สามารถรักษาสมดุลของระบบควบคุมความร้อนได้จะเกิดความผิดปกติและเจ็บป่วย ลักษณะอาการและความเจ็บป่วยที่เกิดขึ้น พอสรุปได้ดังนี้

1. การเป็นตะคริวเนื่องจากความร้อน (Heat Cramp) เกิดจากร่างกายได้รับความร้อนมากเกินไป จะสูญเสียน้ำและเกลือแร่ไปกับเหงื่อทำให้เกิดการเสียสมดุลของเกลือแร่ ระบบไหลเวียนเกิดความผิดปกติกล้ามเนื้อจึงเสียการควบคุมเกิดการบีบตัว เป็นตะคริว กล้ามเนื้อเกร็ง

ปริมาณเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อน้อย การเจ็บปวดมักจะเป็นเรื้อรังในบริเวณกล้ามเนื้อที่มีการใช้งานมาก

2. เป็นลมเนื่องจากความร้อนในร่างกายสูง (Heat Stroke) เกิดจากการที่ร่างกายได้รับความร้อนมากจนกระทั่งประสาทส่วนที่ควบคุมระดับความร้อนในร่างกายเสียหน้าที่ไป ทำให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จะนำไปสู่อาการคลื่นไส้ ตาพร่า หมดสติ ประสาทหลอน โคม่า และอาจเสียชีวิตได้

3. การอ่อนเพลียเนื่องจากความร้อน (Heat Exhaustion) เกิดจากร่างกายได้รับความร้อนเป็นเวลานานๆทำให้ร่างกายสูญเสียน้ำและเกลือแร่ไปมากจนเสียสมดุล ระบบหมุนเวียนโลหิตส่วนปลายเสียหน้าที่ไป ทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย หน้ามืด เป็นลม ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ชีพจรเต้นอ่อนลง ตัวซีด

4. อาการผดผื่นขึ้นตามบริเวณผิวหนัง (Heat Rash) เกิดจากความผิดปกติของระบบต่อมเหงื่อทำให้ผื่นขึ้น เมื่อมีอาการคันอาจมีอาการคันอย่างรุนแรงเพราะท่อขับเหงื่ออุดตัน

5. อาการจิตประสาทเนื่องจากความร้อน (Heat Neurosis) เกิดจากการสัมผัสความร้อนสูงจัดเป็นเวลานาน ทำให้เกิดอาการวิตกกังวล ไม่มีสมาธิในการทำงาน ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงผลทำให้นอนไม่หลับ และมักเป็นต้นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงาน

6. การขาดน้ำ (Dehydration) เกิดอาการกระหายน้ำ ผิวหนังแห้ง น้ำหนักลด อุณหภูมิสูง ทำให้ชีพจรเต้นเร็ว รู้สึกไม่สบาย

7. ปัญหาทางด้านความปลอดภัย เช่น เกิดความเหนื่อยล้า มึนศีรษะ ทำให้ประสิทธิภาพและสมาธิในการทำงานลดลง เกิดเหงื่อที่ผิวหนังอาจทำให้เกิดการลื่น แว่นตานิรภัยเกิดฝ้าลดทัศนวิสัยในการมองเห็น

2. การตรวจวัดสภาพความร้อน (Heat Measurement)

การตรวจวัดความร้อนในสถานประกอบการนั้นเป็นการตรวจวัดเพื่อป้องกันการเกิดภาวะอันตรายจากความร้อน อาจมีผลทำให้พนักงานหรือผู้ทำงานเกิดการเป็นลม ช็อก หมดสติ เกิดการขาดน้ำอย่างเฉียบพลัน ซึ่งเป็นภาวะที่อันตรายต่อสุขภาพและชีวิตทั้งสิ้น ดังนั้นจึงควรมีการตรวจวัดความร้อนในสถานประกอบการ เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดความร้อนในสถานประกอบการมีทั้งเครื่องมือแบบธรรมดาและเครื่องมือแบบอัตโนมัติซึ่งเครื่องมือแบบอัตโนมัติ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. การประเมินผลกระทบของความร้อนแบบบุคคล (Personal Heat Stress) คือ การตรวจวัดอุณหภูมิภายในร่างกาย ซึ่งควรตรวจวัดจากบริเวณแกนกลางของร่างกาย เพื่อตรวจสอบว่าพนักงานมีอัตราความเสี่ยงต่ออันตรายมากน้อยเพียงใด การออกแบบเครื่องมือจึงมี Sensor ตรวจวัดอุณหภูมิไว้ภายในช่องหูในขณะที่กำลังทำงาน (เป็นบริเวณที่ใกล้กับส่วนแกนกลางของร่างกายมากที่สุด) ทำให้มีความแม่นยำสูงและมีความสะดวกในการนำไปใช้งานจริง

2. การประเมินผลกระทบของความร้อนแบบพื้นที่ (Area Heat Stress) คือ การตรวจวัดอุณหภูมิในสถานประกอบการโดยทำการตรวจวัดอุณหภูมิจาก 3 Sensor (WetBulb, DryBulb และ Globe) แล้วคำนวณออกมาเป็นค่า $WBGT_{index}$ เพื่อรายงานผลตามกฎหมาย

3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บและวิเคราะห์ระดับความร้อน

3.1 เครื่องมือประเภทที่ไม่สามารถวิเคราะห์ค่าได้ทันที

ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ 3 ชนิด ซึ่งต้องมีความแม่นยำ ± 0.5 ^{o}C อาจใช้เป็นชนิดปรอทหรือแอลกอฮอล์ก็ได้

1. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Thermometer : DB) เป็นเทอร์โมมิเตอร์ที่มีการกำบังส่วยปลายกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์จากแสงอาทิตย์และการแผ่รังสีความร้อน อาจทำได้โดยใช้อะลูมิเนียมฟรอยด์ในหารห่อหุ้มกำบัง เทอร์โมมิเตอร์ของกระเปาะแห้งใช้วัดอุณหภูมิของอากาศโดยรอบ

2. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะปียกตามธรรมชาติ (Natural Wet Bulb Thermometer : NWB) เป็นเทอร์โมมิเตอร์ที่หุ้มส่วนปลายกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ด้วยผ้าฝ้ายสะอาดหรือผ้ากลอซสูงขึ้นไปประมาณ 1 นิ้ว แล้วปล่อยชายของผ้าที่หุ้มเทอร์โมมิเตอร์ลงไปในชวดรูปชมพู่ (flask) ที่บรรจุน้ำกลั่น โดยให้ส่วนปลายกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อยู่เหนือผิวน้ำกลั่นประมาณ 1 นิ้ว และผ้าที่หุ้มปลายกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ต้องเปียกตลอดเวลา เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกแบบธรรมชาติจะให้ค่าที่มีผลจากความชื้น ที่มีต่อความชื้นสัมพัทธ์แต่ละอันและความเร็วลม โดยวัดจากค่าจากปริมาณการระบายความร้อนแบบระเหย ณ จุดที่เทอร์โมมิเตอร์ถูกหุ้มด้วยผ้าที่เปียกชื้น

3. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดโกลบ (Globe Thermometer : GT) เป็นเทอร์โมมิเตอร์ที่เสียบส่วยปลายลงไปในลูกโกลบที่ทำจากโลหะทองแดง ทรงกลมภายในกลวง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ผิวด้านนอกทาด้วยสีดำด้านทำให้สามารถวัดค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นได้ โดยให้ส่วนปลายกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อยู่กึ่งกลางของลูกโกลบ เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้จะแสดงค่าการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งขึ้นกับทิศทางของแสงหรือวัตถุที่ร้อนในสภาพแวดล้อม

3.2 เครื่องมือประเภทที่สามารถอ่านค่าได้ทันที เครื่องวัดความร้อนประเภทนี้จะคำนวณค่าออกมาในรูปของดัชนี WBGT ทำการวัดค่าจากพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ Dry Bulb, Wet Bulb, และ Globe โดยเครื่องมือจะมีการถ่าวงค่าน้ำหนักของการวัดไว้อยู่แล้ว จะแสดงทั้งค่า $WBGT_{indoor}$ และ $WBGT_{outdoor}$ รวมถึงอุณหภูมิของ sensor แต่ละตัว

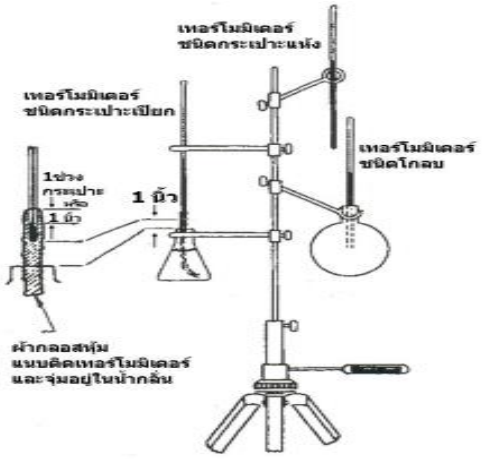
ด้วย แสดงค่าออกมาได้ทั้งองศาเซลเซียสและองาฟาเรนไฮต์ ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งงพลังงาน สามารถเก็บข้อมูลต่อเนื่องได้ถึง 140 ชั่วโมง สามารถพิมพ์ข้อมูลออกมาได้โดยการต่อ data port เข้ากับเครื่องพิมพ์หรือคอมพิวเตอร์ เช่น เครื่องวัดความร้อน รุ่น QUESTemp °34

4. การสอบเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการเก็บและวิเคราะห์ระดับความร้อน

นักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมควรทำการสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัดระดับความร้อนก่อนทำการเก็บและวิเคราะห์ระดับความร้อนในพื้นที่ สำหรับเครื่องวัดประเภทที่ไม่สามารถวิเคราะห์ค่าได้ทันทีอาจทำได้โดยใช้น้ำแข็งในการสอบเสียบเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ โดยที่เทอร์โมมิเตอร์ควรจะอ่านค่าอุณหภูมิได้ที่ 0 °C ถ้าค่าที่อ่านได้เป็นค่าอื่นให้ทำการบวกลบอุณหภูมิเพิ่มจากค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ สำหรับเครื่องวัดประเภทที่สามารถวิเคราะห์ระดับค่าได้ทันทีให้ทำการสอบเทียบกับเครื่องสอบเทียบมาตรฐานการใช้งานที่ผู้ผลิตจัดไว้ให้พร้อมอุปกรณ์ เช่น Calibration Verification Modulr เป็นต้น โดยเครื่องมือในการสอบเทียบระดับมาตรฐานการใช้งานนั้นต้องผ่านการสอบเทียบกับเครื่องมือสอบเทียบระดับมาตรฐาน ปฐมภูมิหรือมาตรฐานทุติยภูมิอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

5. วิธีการเก็บและวิเคราะห์ระดับความร้อน

5.1 เครื่องมือประเภทที่ไม่สามารถวิเคราะห์ค่าได้ทันที ทำการประกอบเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 3 ชนิด เข้ากับขาตั้ง โดยเทอร์โมมมิเตอร์แต่ละชนิดต้องทำมุม 120 องศา ซึ่งกันและกัน ตั้งให้ปลายกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์สูงในระดับหัวใจของผู้ปฏิบัติงาน โดยตั้งเครื่องมือวัดทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที ก่อนเริ่มอ่านค่า ในการอ่านค่าให้ทำการอ่านเป็นระยะๆ เช่น ทุก 10 นาที 15 นาที 20 นาที หรือ 30 นาที เป็นต้น แต่ต้องมีเวลารวมกันอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ในการตรวจวัดระดับความร้อนต้องทำการตรวจวัดในเดือนที่ร้อนที่สุดของปี และช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวัน (ในกรณีที่ไม่ได้ทำการตรวจวัดตลอดระยะเวลาการทำงาน)



ในการวิเคราะห์ระดับความร้อน ต้องทำการเลือกค่าอุณหภูมิที่สูงที่สุด 2 ชั่วโมง โดยพิจารณาที่ Natural Wet Bulb Thermometer เป็นหลัก แล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนี WBGT
จากสูตร

(1) ในกรณีตรวจวัดในอาคารหรือนอกอาคารที่ไม่มีแสงแดด

$WBGT_{in} = 0.7NWB + 0.3GT$

(2) ในกรณีตรวจวัดนอกอาคารที่มีแสงแดด

$$WBGT_{out} = 0.7NWB + 0.2GT + 0.1DB$$

จากนั้นนำค่าดัชนี WBGT แต่ะค่าที่คำนวณได้ มาคำนวณหาค่า $WBGT_{เฉลี่ย}$ แล้วนำค่าที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนด

$$WBGT_{เฉลี่ย} = \frac{(WBGT1 \times t1) + (WBGT2 \times t2) + \ldots + (WBGTn \times tn)}{t1 + t2 + \cdots + tn}$$

5.2 เครื่องมือประเภทที่สามารถวิเคราะห์ค่าได้ทันที เครื่องมือวัดระดับความร้อนประเภทนี้จะสามารถอ่านค่าอุณหภูมิแต่ละชนิดพร้อมทั้งค่า WBGT ได้ แต่ต้องเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อย 10-15 นาที ก่อนเริ่มทำการเก็บตัวอย่าง เพื่อให้เครื่องมือเกิดความเสถียรก่อน

การวิเคราะห์ระดับความร้อน เป็นการนำค่าดัชนี WBGT ที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานซึ่งจะกำหนดไว้สำหรับงานเบา งานปานกลาง และงานหนัก ซึ่งวิธีในการคำนวณภาระงานให้พิจารณาจากลักษณะการทำงานและระยะเวลาในการทำงานที่สัมผัสกับความร้อนที่ร้อนที่สุดใน 2 ชั่วโมงการทำงาน โดยคำนวณจากสูตร

$$M_{เฉลี่ย} = \frac{(M1 \times t1) + (M2 \times t2) + \ldots + (Mn \times tn)}{t1 + t2 + \cdots + tn}$$

เมื่อ M1, M2, … คือ ค่าประมาณความร้อนที่เกิดจากการเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงานสำหรับกิจกรรมต่างๆ มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ต่อนาทีหรือกิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง (แต่ในการเปรียบเทียบต้องแปลงหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง)

t1, t2, … คือ ระยะเวลาที่สัมผัสกับความร้อนใน 2 ชั่วโมงการทำงานที่ร้อนที่สุด

ในการคิดคำนวณอัตราการเผาผลาญในกิจกรรมต่างๆ (M) เพื่อพิจารณาภาระงาน ให้สังเกตจากลักษณะการเคลื่อนไหว การใช้อวัยวะในการทำงาน ดังนี้

ค่าเฉลียของอัตราการเผาผลาญพลังงานในกิจกรรมต่างๆ			
1. ตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของร่างกาย			กิโลแคลอรีต่อนาที
การนั่ง			0.3
การยืน			0.6
การเดิน			2.0 – 3.0
การเดินขึนเขาหรือทางลาด			เพิ่ม 0.8 ต่อ 1 เมตร
2. ชนิดของงาน		ค่าเฉลียกิโลแคลอรีต่อนาที	ช่วงกิโลแคลอรีต่อนาที
งานทีใช้มือ	เบา	0.4	0.2 – 1.2
	หนัก	0.9	
งานทีใช้แขนข้างเดียว	เบา	1.0	0.7 – 2.5
	หนัก	1.7	
งานที่ใช้แขน 2 ข้าง	เบา	1.5	1.0 – 3.5
	หนัก	2.5	
งานทีใช้ทังร่างกาย	เบา	3.5	2.5 – 15.0
	ปานกลาง	5.0	
	หนัก	7.0	
	หนักมาก	9.0	

*** นอกจากตารางข้างบนแล้ว ยังมีอัตราเมทาบอลิซึ่ม 1 กิโลแคลอรี่ต่อนาที

เมื่อเราทราบค่าอัตราการเผาผลาญรวมทั้งหมดแล้ว ให้นำไปเปรียบเทียบกับภาระงานว่าจัดเป็นงานเบา งานปานกลาง หรืองานหนัก แล้วนำค่า WBGT มาเทียบกับค่ามาตรฐานตามแต่ภาระงานนั้นๆ

ความหนักเบา	ตัวอย่างกิจกรรม/การปฏิบัติงาน
งานเบา (ไม่เกิน200 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง)	นั่งทำงานโดยมีการเคลื่อนไหวของแขน-ขาปานกลาง เช่น งานสำนักงาน ขับรถยนต์ขนาดเล็ก ตรวจสอบ/ประกอบชิ้นส่วนวัสดุเบา เย็บปักถักร้อย
	ยืนทำงานโดยมีการเคลื่อนไหวของลำตัวเล็กน้อย เช่น ควบคุมเครื่องจักร บรรจุวัสดุน้ำหนักเบา การใช้เครื่องมือกล/เครื่องทุ่นแรงขนาดเล็ก
	เดินด้วยความเร็วไม่เกิน 2 ไมล์/ชั่วโมง (3.2 กิโลเมตร/ชั่วโมง) เช่น เดินตรวจงาน หรือเดินส่งเอกสารจำนวนเล็กน้อย
งานปานกลาง (201-350 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง)	นั่งทำงานโดยมีการเคลื่อนไหวหรือใช้กำลังแขน-ขาค่อนข้างมาก เช่น นั่งควบคุมปั้นจั่น เครน หรือเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ในงานก่อสร้าง ประกอบ/บรรจุวัสดุที่มีน้ำหนักค่อนข้างมาก ขับรถบรรทุกขนาดใหญ่
	ยืน/เคลื่อนไหวลำตัวขณะทำงาน เช่น ยกของที่มีน้ำหนักปานกลาง ลาก-ดึงรถเข็นวัสดุที่มีล้อเลื่อน ทำงานในห้องเก็บของ ยืนตอกตะปู ใช้เครื่องมือกลขนาดปานกลาง ยืนป้อนชิ้นงาน การขัดถู ทำความสะอาด รีดผ้า
	เดินด้วยความเร็ว 2-3 ไมล์/ชั่วโมง (3.2 – 4.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง) หรือเดินโดยมีการถือวัสดุที่น้ำหนักไม่มาก เช่น เดินส่งเอกสารหรือห่อวัสดุสิ่งของ
งานหนัก (มากกว่า 350 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง)	ทำงานที่มีการเคลื่อนไหวลำตัวมาก/อย่างเร็ว หรือต้องมีการออกแรงมาก เช่น ลาก ดึง หรือยกของที่มีน้ำหนักมาก (> 20 kg) โหนหรือปีนขึ้นที่สูง งานเลื่อยไม้ ขุดหรือเซาะดิน/ทรายที่มีความชื้นสูง คุ้ยตะกรันในเตาหลอม แกะสลักโลหะหรือหิน การขัดถูพื้นหรือพรมที่สกปรกมาก ๆ งานก่อสร้าง และงานหนักที่ต้องปฏิบัติกลางแจ้ง
	เดินเร็วๆ หรือวิ่งด้วยความเร็วมากกว่า 3 ไมล์/ชั่วโมง (4.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง)

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ระดับความสั่นสะเทือน

ความสั่นสะเทือน (Vibration) คือ การเคลื่อนไหวของวัตถุซึ่งอาจจะเป็นก๊าซ ของเหลว หรือของแข็ง ในลักษณะที่เป็นคลื่น ซึ่งทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมักจะกล่าวถึงวัตถุที่เคลื่อนไหวในลักษณะของของแข็ง เช่น เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น โดยปกติเรามักจะแบ่งประเภทของความสั่นสะเทือนในลักษณะของการก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (ISO) ได้กำหนดเป็นข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการทำงานกับความสั่นสะเทือน โดยพิจารณาจากองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่าง คือ ความแรงของความสั่นสะเทือน ความถี่ของความสั่นสะเทือน ทิศทางของการสั่นสะเทือน และระยะเวลาที่ได้รับสัมผัส

ความสั่นสะเทือนสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะของการเคลื่อนไหวได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. Harmonic and Periodic Vibration เป็นความสั่นสะเทือนที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของคลื่นแบบเดียวหรือหลายแบบ ซึ่งจะซ้ำและสม่ำเสมออยู่ในช่วงเวลาหรือตลอดระยะเวลาเดียวกัน เช่น การเคลื่อนที่ของรถบนถนนที่ราบเรียบ

2. Random Vibration เป็นความสั่นสะเทือนซึ่งไม่สม่ำเสมอ เช่น การเคลื่อนที่ของรถบนถนนที่ไม่เรียบ

3. Transient Vibration เป็นความสั่นสะเทือนในช่วงระยะเวลาสั้นๆ เช่น รถกระแทกขณะที่รถเคลื่อนผ่านหลุม

ความสั่นสะเทือนที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษยย์ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole Body Vibration : WBV) เป็นความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมาจากพื้นของสถานที่ทำงานหรือโครงสร้างของวัตถุมายังทุกส่วนของร่างกาย มีผลทำให้เกิดความผิดปกติต่อระบบการทำงานของร่างกายหลายระบบ

2. ความสั่นสะเทือนเฉพาะส่วนของร่างกาย (Hand Arm Vibration) เป็นความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมาเฉพาะที่ โดยมักจะเกิดขึ้นที่นิ้วมือและมือที่ต้องจับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีการสั่นสะเทือน เช่น เครื่องมือลม เลื่อยไฟฟ้า เครื่องเจาะ เครื่องเจียร เครื่องขัดผิว เป็นต้น ทำให้เกิดอาการผิดปกติของระบบหลอดเลือด ระบบประสาท ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ

พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความสั่นสะเทือน

1. ความถี่ของการสั่นสะเทือน หมายถึง จำนวนรอบของการสั่นสะเทือนต่อหน่วยเวลา ซึ่งหน่วยที่นิยมใช้จะเป็น Cycle per Minutes (CPM)

2. ขนาดของการสั่นสะเทือน โดยทั่วไปแล้วหากขนาดของการสั่นสะเทือนมีขนาดใหญ่ย่อมหมายถึงเครื่องจักรเริ่มมีปัญหา โดยพารามิเตอร์หลักที่นิยมมใช้ ได้แก่

2.1 การกระจัดหรือระยะเคลื่อนที่ (Displacement) คือ ระยะการเคลื่อนที่ของมวลจากจุดสมดุล ใช้เมื่อมีความถี่ต่ำ

2.2 ความเร็ว (Velocity) คือ ความเร็วของการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของมวล มักใช้ในการสำรวจเบื้องต้น

2.3 ความเร่ง (Acceleration) คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมวลในขณะที่เคลื่อนที่กลับไปกลับมา ใช้เมื่อความสั่นสะเทือนมีความถี่สูง

2.4 มุมเฟส จะเป็นค่าความแตกต่างของตำแหน่งชิ้นส่วนที่มีการสั่นสะเทือนชิ้นหนึ่งเมื่อเทียบกับจุดอ้างอิงหรือชิ้นส่วนที่มีการสั่นสะเทือนอีกชิ้นหนึ่ง มุมเฟสมีหน่วยเป็นองศา ใช้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมที่

ใช้ประกอบการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนบนโดเมนความถี่ ทำให้สามารถบ่งบอกลักษณะความเสียหายได้ชัดเจนขึ้น

1. ผลกระทบของความสั่นสะเทือนต่อสุขภาพ

จากการศึกษาด้านระบาดวิทยาของ NIOSH พบว่าการสัมผัสความสั่นสะเทือนเป็นเวลานานมีความสัมพันธ์ต่อความผิดปกติของร่างกาย ซึ่งแบ่งตามลักษณะการสัมผัสออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. อันตรายจากความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole Body Vibration) เช่น

1.1 อาการเมาคลื่น (Morning sickness) เป็นความผิดปกติของระบบการควบคุมการทรงตัวของร่างกายทำให้ผู้ป่วยมีอาการมึนงงง คลื่นไส้ อาเจียน

1.2 ความผิดปกติชั่วคราวของสายตา เกิดจากการรบกวนการทำงานของกล้ามเนื้อตา ทำให้มีอาการตาพร่า มองภาพไม่ชัด

1.3 ความผิดปกติของระบบหมุนวียนโลหิต เกิดจากการที่ความดันโลหิตและชีพจรสูงขึ้น และเลือดไปเลี้ยงสมองลดลงทำให้เกิดอาการมึนศีรษะ

1.4 อันตรายต่อระบบการหายใจ ทำให้อัตราการหายใจเร็วขึ้น เกิดอาการ Hyperventilation เกิดการคั่งของ Oxygen ในกระแสเลือดและปริมาณ Carbondioxide ต่ำลง เป็นผลให้เกิดอาการตาพร่ามัว ชาปลายมือ ปลายเท้า

1.5 อันตรายต่อระบบการกำหนดรู้ (Orientation system) การกำหนดรู้ตำแหน่งของร่างกายและวัตถุที่สัมผัสอาศัยการประสานงานของสมองและระบบประสาทควบคุมการสัมผัสทางกาย หู และตา เมื่อร่างกายรับความสั่นสะเทือนที่ความถี่ประมาณ 2 Hz ในช่วงระยะเวลาหนึ่งจะทำให้การประสานงานของระบบดังกล่าวเสียไป ผู้ป่วยเสียความสามารถในการระบุตำแหน่งของวัตถุและร่างกายตามความเป็นจริงชั่วคราว

1.6 อันตรายต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ความสั่นสะเทือนในช่วงความถี่สูงตั้งแต่ 10 ถึงมากกว่า 200 Hz มีผลทำให้กล้ามเนื้อมีความเครียดและเกร็งตัวมากขึ้น อาจทำให้เกิดความพิการของกระดูกสันหลังในกรณีที่รับความสั่นสะเทือนเป็นเวลานาน

1.7 อันตรายต่ออวัยวะภายใน ถ้าความถี่ของการสั่นสะเทือนตรงกับ Natural frequency ของอวัยวะภายใน จะเกิดปรากฏการณ์สสั่นพ้อง (Resonance) ซึ่งจะทำให้อวัยวะภายในบวมช้ำและฉีกขาดได้

1.8 Vibration sickness เป็นอาการรวมของกลุ่มคนที่สัมผัสความสั่นสะเทือนเป็นเวลานานๆ ทำให้ผู้ป่วยมีความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร เช่น แผลในกระเพาะอาหารและการขับถ่ายผิดปกติ ความคมชัดของการมองเห็นเสื่อม มีความผิดปกติของการทำงานของ Labyrinth ร่วมกับอาการปวดกล้ามเนื้อ มีการเดินเซ

2. อันตรายจากความสั่นสะเทือนเฉพาะส่วนของร่างกาย (and Arm Vibration) เช่น

2.1 โรคนิ้วซีดจากความสั่นสะเทือน (Vibration White Finger หรือ Dead Man's Hand) ในปัจจุบันนิยมเรียกว่า Hand Arm Vibration Syndrome (HAVS) เกิดจากการจับเครื่องมือที่มีความสั่นสะเทือนแน่นเกินไป การงอนิ้วอย่างต่อเนื่อง และการทำงานในที่ที่อากาศเย็น ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบไหลเวียนลหิตมีผลทำให้นิ้วซีด เกิดความผิดปกติของประสาบรับความรู้สึกและประสาทควบคุมกล้ามเนื้อ มีอาการชา ไม่สามารถกแยกจุดสัมผัสได้ เกิดความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและโครงกระดูก ข้อต่ออักเสบ เกิดถุงน้ำบริเวณข้อต่อ

2.2 Carpal Tunnel Syndrome เป็นโรคที่เกิดจากการถูกกดที่เส้นประสาทบริเวณข้อมือ ทำให้มีอาการปวดชาที่ปลายมือ โดยทั่วไปสาเหตุมักเกิดจากการงอและกระตุกข้อมือซ้ำๆกันเป็นเวลานาน แต่จากการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่าความสั่นสะเทือนทำ

ให้เกิดอาการบวมของเส้นประสาทซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการกดทับเส้นประสาทที่ร่องข้อมือ

2.3 โรคประสาทหูเสื่อม การรับสัมผัสความสั่นสะเทือนทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อของเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงหูชั้นใน

2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บและวิเคราะห์ระดับความสั่นสะเทือน

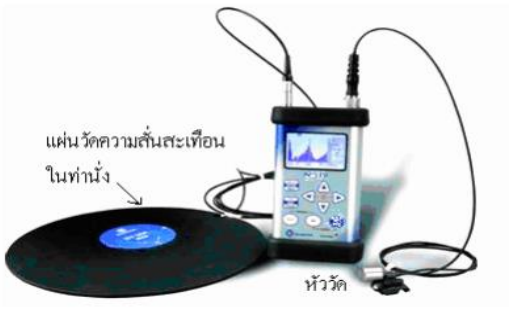
เครื่องวัดความสั่นสะเทือน (Vibration Meter) มีส่วนประกอบหลักๆอยู่ 4 ส่วน คือ

1. ตัวรับสัญญาณ ซึ่งสามารถวัดได้ทั้งการเคลื่อนที่ ความเร็ว และความเร่ง แต่ที่นิยมใช้คือความเร่ง ภายในตัวรับสัญญาณจะบรรจุ Piezoeletric Element ซึ่งมีลักษณะเป็นผลึกแร่อัดแน่นอยู่ จะเกิดประจุไฟฟ้าเมื่อมีความสั่นสะเทือนเกิดขึ้น

2. เครื่องขยายสัญญาณ (Amplifier) มีหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับจากตัวรับสัญญาณ

3. เครื่องวิเคราะห์ความสั่นสะเทือน (Analyzer) จะทำการตรวจวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับการขยายสัญญาณแล้วออกมาเป็นค่าต่างๆ

4. เครื่องบันทึกความสั่นสะเทือน (Vibration Recorder) จะทำการบันทึกและแปลผลการตรวจวัด ซึ่งอาจจะแสดงเป็นตัวเลขหรือเป็นเข็มชี้บนหน้าปัทม์



3. การสอบเทียบเครื่องมือวิเคราะห์ระดับความสั่นสะเทือน

ในการสอบเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์เกี่ยวกับความสั่นสะเทือนจะทำการปรับความถูกต้องตามมาตรฐานปฐมภูมิด้วย Laser Interferometer ที่จะทำการสอบเทียบหัววัดความเร่ง (Accelerometer) ในช่วงความถี่ 50 – 50,000 Hz

4. วิธีการเก็บและวิเคราะห์ระดับความสั่นสะเทือน

ขั้นตอนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างระดับความสั่นสะเทือน มีดังนี้

1. เลือกชนิดตัวรับสัญญาณความสั่นสะเทือนให้เหมาะสม โดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่ตรวจวัด ความไวของตัวรับสัญญาณความสั่นสะเทือน น้ำหนักของตัวรับสัญญาณความสั่นสะเทือน และช่วงความสามารถของการตรวจวัด

2. ติดตั้งตัวรับสัญญาณความสั่นสะเทือน โดยเลือกติดตั้งบนตำแหน่งแนวแกนของความสั่นสะเทือนจะให้ผลแม่นยำมากที่สุด หรือหากมีข้อจำกัดให้เลือกตำแหน่งที่ใกล้กับตำแหน่งที่มีการสั่นสะเทือนมากที่สุด ต้องพิจารณาทั้ง 3 แกน คือ x y และ z ซึ่งทั้ง 3 แกนจะตั้ง

ฉากซึ่งกันและกัน วัดทุกจุดที่สัมผัสกับแหล่งกำเนิดความสั่นสะเทือน เช่น ถ้าเป็นการวัดความสั่นสะเทือนที่มีผลกระทบต่อสุขภาพแบบทั่วทั้งร่างกาย (Whole Body Vibratiion : WBV) ของผู้ที่ปฏิบัติงานขับรถยก ต้องทำการวัดทุกจุดที่ร่างกายของผู้ปฏิบัติงานสัมผัสกับรถยก ได้แก่ เท้า ก้น และหลัง แต่ถ้าเป็นการวัดความสั่นสะเทือนที่มีผลกระทบต่อสุขภาพแบบเฉพาะส่วนของร่างกาย (Hand Arm Vibration : HAV) ของผู้ปฏิบัติงานที่ทำงานขุดถนน ต้องทำการวัดที่มือของผู้ปฏิบัติงาน

3. นำระดับความสั่นสะเทือนที่อ่านค่าได้จากแต่ละแนวแกนมาทำการรวมแรง ดังสมการ

3.1 ความสั่นสะเทือนที่มีผลกระทบต่อสุขภาพแบบทั่วทั้งร่างกาย (WBV)

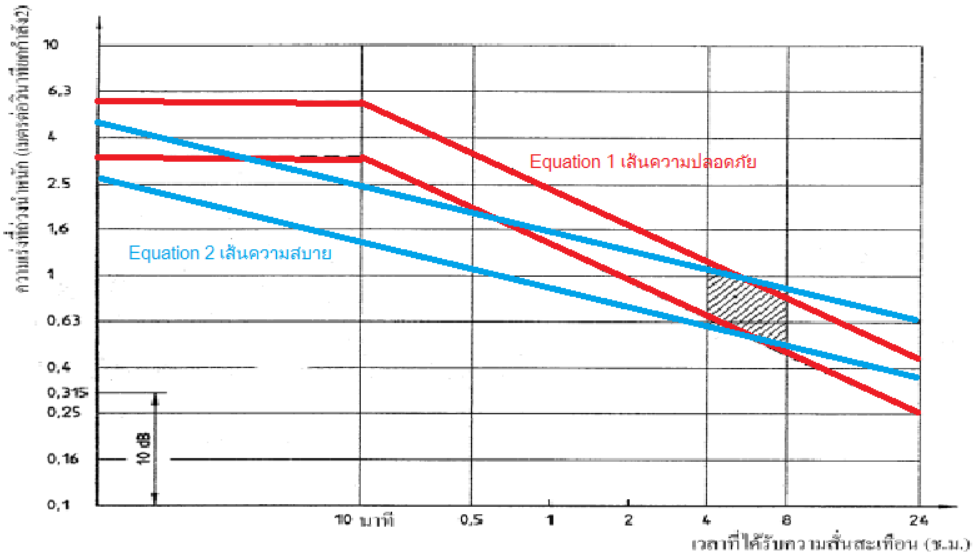
$$A_{wt} = \sqrt{(1.4A_{wx})^2 + (1.4A_{wy})^2 + (A_{wz})^2}$$

*** A_{wt} แยกแต่ละส่วน เช่น A_{wt} ของเท้า, A_{wt} ของก้น, A_{wt} ของหลัง ***

3.2 ความสั่นสะเทือนที่มีผลกระทบต่อสุขภาพแบบเฉพาะส่วนของร่างกาย (HAV)

$$A_{hv} = \sqrt{(A_{hvx})^2 + (A_{hvy})^2 + (A_{hvz})^2}$$

4. นำผลการคำนวณไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานระดับความสั่นสะเทือน



Equation 1 เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและสุขภาพอนามัย เมื่อคนงานสัมผัสความสั่นสะเทือนภายใต้ค่านี้แล้วจะไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย

Equation 2 เพื่อให้เกิดความรู้สึกสบาย หากคนงานสัมผัสกับความสั่นสะเทือนภายใต้ข้อกำหนดนี้จะยังมีความรู้สึกสบายอยู่

5. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างระดับความสั่นสะเทือน

1. อุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะมีผลต่อการทำงานของเครื่องมือ อาจแก้ไขได้โดยใช้ตัวกันความร้อนครอบทับหรือใช้ฉนวนกันความร้อนพันรอบๆ ถ้าอุณหภูมิสูงมากๆอาจต้องมีการใช้ระบบน้ำหล่อเย็น (Cooling stream)

2. รังสี โดยปกติความสามารถของเครื่องมือควรใช้ได้ในบริเวณที่มีปริมาณรังสีแกมม่าอยู่ในช่วง 10K – 2M Rad/hr. และไม่ควรเกิน 100M Rad

3. เสียง อาจจะมีผลต่อการตรวจวัดค่อนข้างน้อย แต่จะมีผลต่อการสั่นสะเทือนของโครงสร้างในบริเวณที่ทำการตรวจวัดได้ ดังนั้นควรติดตั้งให้ห่างจากบริเวณที่มีเสียงดัง

4. สนามแม่เหล็กไฟฟ้า จะมีผลประมาณ 0.01 – 0.25 m/s^2 ต่อ 1K Gauss

5. การวัดในแนวขวางแกน ทำให้ความแม่นยำในการตรวจวัดลดลง 3-4%

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ปริมาณรังสี

มนุษย์ได้รับรังสีโดยตรงจากรังสีที่อยู่ในสภาพแวดล้อมภายนอกร่างกาย และโดยอ้อม เช่น การกินอาหารและการหายใจ ซึ่งการได้รับรังสีนั้นมีแหล่งกำเนิดทั้งจากธรรมชาติและจากที่มนุษย์ประดิษฐ์คิดขึ้นมาใช้ในด้านต่างๆซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. แหล่งกำเนิดรังสีจากธรรมชาติ (Natural Radiation Sources) เช่น รังสีคอสมิก K-40 U-238 Th-232 และนิวไคล์อื่นๆซึ่งมีอยู่ในบรรยากาศและพื้นผิวโลกที่เราอาศัยอยู่ แหล่งกำเนิดรังสีประเภทนี้มนุษย์ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับกิจกรรมในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพต่างๆ การได้รับรังสีมากน้อยต่างกันขึ้นอยู่กับสถานที่อยู่อาศัย ลักษณะนิสัย และอาชีพ เป็นต้น

2. แหล่งกำเนิดทางการแพทย์ (Medical Exposure) ความก้าวหน้าทางการแพทย์มีการนำความรู้ทางรังสีมาใช้ในทางการแพทย์มากขึ้น เช่น การตรวจวินิจฉัย การรักษาโรค ทำให้ผู้ปฏิบัติงานและผู้รับการรักษามีโอกาสได้รับรังสีเพิ่มมากขึ้น

3. แหล่งกำเนิดจากการผลิตพลังงานนิวเคลียร์ (Nuclear Power Productio) ในกระบวนการต่างๆของการผลิตพลังงานนิวเคลียร์นับตั้งแต่การสำรวจ การขุดแร่ การถลุงแร่ การผลิตเชื้อเพลิง การเดินเครื่องปฏิกรณ์ การนำเชื้อเพลิงกลับมาใช้ใหม่ ขั้นตอนต่างๆเหล่านี้ล้วนนำมาซึ่งการได้รับรังสีเข้าสู่ร่างกาย

4. การขนส่งสารกัมมันตรังสี (Transport of Radioactive Materials) ถึงแม้ว่าการขนส่งสารกัมมันตรังสีจะกระทำอย่างระมัดระวังภายใต้ข้อกำหนดกฎเกณฑ์อย่างเคร่งครัดเพื่อมิให้มีการรั่วไหลหรือปลดปล่อยกัมมันตภาพรังสีต่อผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ร่วมเดินทาง แต่ก็อาจจะมีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุหรือการปลดปล่อยกัมมันตภาพรังสีระดับต่ำออกนอกภาชนะได้ ทำให้ผู้เกี่ยวข้องมีโอกาสได้รับรังสีได้

5. เครื่องใช้และอุปกรณ์ต่างๆ (Radiation Emitting Consumer Products) อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ต่างๆในชีวิตประจำวันของมนุษย์มีส่วนประกอบขของนิวไคล์ กัมมันตภาพรังสีโดยธรรมชาติหรือที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น เช่น โทรทัศน์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ สารเรืองแสงต่างๆ สิ่งเหล่านี้มีส่วนเพิ่มระดับรังสีให้มนุษย์ทั้งสิ้น

หน่วยวัดปริมาณรังสี แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ

1. Becquerel (Bq) ใช้วัดความแรงของรังสีในระบบสากล (SI Unit) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงมาจากเดิมที่ใช้หน่วยวัดเป็น Curie หน่วยนี้ใช้กับอัตราการสลายตัวของไอโซโทปรังสี เพราะมีนิวเคลียสไม่เสถียรทำให้เกิดการสลายตัวอยู่ตลอดเวลา อัตราการสลายตัวจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณไอโซโทปของรังสีนั้นๆเอง

2. Collomb per Kilogram (C/Kg) ใช้สำหรับวัดปริมาณรังสีที่แผ่ผ่านอากาศ เดิมใช้หน่วยวัดเป็น Roentgen เนื่องจากไอโซโทปของรังสีมีการแผ่รังสีแตกต่างกัน รังสีที่มีไอโซโทปปริมาณมากอาจจะแผ่รังสีออกมาในขนาดความเข้มน้อยได้ เช่น แร่ยูเรเนียมแผ่รังสีแอลฟาที่มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำ

3. Gray (Gy) ใช้วัดปริมาณรังสีก่อไอออนที่วัสดุตัวกลางดูดซับไว้ เดิมใช้หน่วยวัดเป็น Rad เป็นการวัดรังสีจากต้นกำเนิดที่ตกกระทบลงบนวัตถุ และรังสีบางส่วนทะลุทะลวงผ่านไป ส่วนที่เหลือจะถูกวัตถุดูดกลืนไว้ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุและชนิดของรังสี

4. Sievert (Sv) ใช้วัดปริมาณรังสีไอออนใดๆที่ก่อให้เกิดผลเสียหายทางชีวภาพเทียบเท่ากัน (Dose Quivalent) เดิมใช้หน่วยเป็น Rem เป็นหน่วยวัดปริมาณรังสีที่บุคคลได้รับมีความซับซ้อนกว่าที่วัตถุได้รับเล็กน้อย โดยพิจารณาจากผลทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของอวัยวะของร่างกายมนุษย์และขึ้นกับชนิดของรังสีด้วย

1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างปริมาณรังสี

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดรังสีมีมากมายหลายแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน หากต้องการค่าที่มีความถูกต้องแม่นยำมากก็จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ยุ่งยากซับซ้อน มีอุปกรณ์หลายส่วนประกอบกัน แต่ถ้าหากต้องการเพื่อสำรวจหรือตรวจสอบอย่างรวดเร็ว ให้ผลได้ทันที และมีความถูกต้องในระดับหนึ่งก็มักจะใช้เครื่องมือที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากนัก แต่เครื่องมือที่ใช้วัดระดับรังสีต้องเลือกใช้ให้ตรงกับชนิดและคุณสมบัติของรังสีนั้นๆ

สำหรับงานสุขศาสตร์อุตสาหกรรมนั้น มีการใช้สารกัมมันตรังสีชนิดแตกตัวได้ไม่ว่าจะเป็นรังสีแกมมา รังสีบีต้า รังสีแอลฟา และรังสีเอ็กซ์ เป็นต้น ดังนั้นจะขอกล่าวถึงเฉพาะเพียงเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดรังสีแตกตัวเท่านั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณรังสีในสิ่งแวดล้อมมีอยู่หลายประเภท เช่น Ionization Chamber, Proportional Counter, G.M. Counter และ Scintillation Detectors นอกจากนี้ยังมีเครื่อง

บันทึกปริมาณรังสีที่ตัวบุคคล ใช้สำหรับบันทึกปริมาณรังสีทั้งหมดที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ โดยผู้ปฏิบัติงานจะต้องติดอุปกรณ์ชนิดนี้ไว้กับตัวตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน จากนั้นจึงนำไปประเมินปริมาณรังสีที่ได้รับในช่วงเวล่ที่ติดตั้งอุปกรณ์ อุปกรณ์ชนิดนี้มีหลาบแบบ ได้แก่

1. แผ่นเก็บตัวอย่างปริมาณรังสีแบบสะสม (Film Badge) อาศัยหลักการที่ว่า ฟิล์มที่เคลือบด้วยวัตถุไวแสงเมื่อถูกรังสีจะเปลี่ยนเป็นสีดำ เมื่อนำฟิล์มไปล้างวัดค่าความดำโดย Dosimeter จะสามารถคำนวณย้อนกลับไปหาปริมาณรังสีที่ทำให้เกิดความดำบนฟิล์มได้ หากเป็นรังสีจากอนุภาคนิวตรอนจะต้องใช้ฟิล์มชนิดพิเศษที่เมื่อถูกรังสีจากนิวตรอนแล้วจะเกิดเป็นเส้นๆบนฟิล์ม จากนั้นก็นับจำนวนเส้นแล้วคำนวณกลับไปหาปริมาณรังสีได้

2. Thermoluminescent Dosimeter (TLD) ใช้วัดปริมาณรังสีแกมมา บีต้า เอ็กซ์ และนิวตรอน อาศัยหลักการที่ว่า วัสดุที่เป็น thermoluminescent จะมีคุณสมบัติที่จะเก็บปริมาณรังสีที่ได้รับโดยการจับอิเล็คตรอนไว้ เมื่อ TLD ถูกทำให้ร้อนที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อิเล็คตรอนที่ถูกจับไว้จะเปลี่ยนมาอยู่ที่ระดับพลังงานที่ต่ำกว่าและ

เปล่งแสงที่มองเห็นได้ในปริมาณที่เป็นสัดสส่วนโดยตรงกับพลังงานที่ถูกดูดกลืนไว้จากรังสีที่ได้รับสารที่มีคุณสมบัติเป็น Thermoluminescent ได้แก่ LiF CaF_2 $CaSO_4$ และ BeO การเลือกใช้สารใดขึ้นกับการตอบสนองของความไวของรังสีชนิดต่างๆ

3. Pocket Dosimeter จะใช้พกติดตัวผู้ปฏิบัติงาน ลักษณะของเครื่องจะคล้ายกับปากกา เครื่องบันทึกรังสีชนิดนี้จะสามารถอ่านค่าหรือประเมินระดับรังสีได้ทันทีขณะปฏิบัติงาน ลักษณะการทำงานของเครื่องมืออาศัยหลักการที่ว่า ประจุไฟฟ้าที่ถูกประจุไว้ในเครื่องเมื่อได้รับรังสีจะมีปรริมาณลดลงไปเป็นสัดส่วนกับปริมาณรังสีที่ได้รับ เครื่องมือชนิดนี้ใช้สำหรับการบันทึกปริมาณรังสีในช่วงเวลาสั้นๆ

2. การสอบเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์เกี่ยวกับการเก็บและวิเคราะห์ปริมาณรังสี

การสอบเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างปริมาณรังสีจะมีความเฉพาะเจาะจงมาก ต้องใช้ห้องปฏิบัติการที่มีการจัดการด้านความปลอดภัยที่ดีและผู้สอบเทียบจะต้องมีความชำนาญเป็นพิเศษ เช่น กองการวัดกัมมันตรังสี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวง
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. การตรวจวัดปริมาณรังสี

3.1 การตรวจวัดในแหล่งกำเนิดรังสี จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณรังสีและปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่ปลอดปล่อยอออกสู่สิ่งแวดล้อม การตรวจวัดจะกระทำที่จุดซึ่งปลดปล่อยออกสู่ภายนอก และการวัดปริมาณรังสีก็จะทำที่แนวเขตที่กำหนด การตรวจวัดจะต้องให้ค่าที่คาดหมายอย่างละเอียดถึงปริมาณและความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่สำคัญในรูปแบบของสารละลายและในลักษณะของก๊าซ พร้อมทั้งปริมาณรังสี ความถี่ในการปฏิบัติงาน แลนิด ตลอดจนวิธีการจะต้องมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของข้อมูลที่ต้องการ ในการตรวจวัดในแหล่งกำเนิด สิ่งที่จะต้องกระทำคือ

1. External Radiation การตรวจวัดกระทำที่แนวเขตที่กำหนด อุปกรณ์ที่ใช้อาจจะเป็นอุปกรณ์ประเภท Integrating หรือ Real-time Monitors ก็ได้

2. Airborne Release ทำการตรวจวัดนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศซึ่งจะต้องให้ค่าของการปลดปล่อยอย่างถูกต้องที่สุด จุดที่จะทำการตรวจวัดจะต้องเป็นจุดที่สามารถให้ข้อมูลถูกต้องที่สุดโดยจะต้องอยู่ในทิศทางใต้ลม

3. Liquid Release ทำการตรวจวัดนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่ปลอดปล่อยออกในรูปของเหลว การตรวจวัดจะกระทำได้ทั้งในจุดที่เก็บกักของเหลวไว้ก่อนปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม และตรวจวัดในจุดปลดปล่อยและจุดอื่นๆในทิศที่น้ำไหลไป

3.2 การตรวจวัดในสิ่งแวดล้อมทั่วไป จะกระทำเมื่อคาดว่าปริมาณรังสีหรือการปลดปล่อยสารกัมมันตรังสีจากกิจกรรมนั้นอาจจะมีผลทำให้กลุ่มคนหรือประชากรได้รับรังสีเพิ่มขึ้นจากปกติ แต่บางครั้งก็อาจจะทำการตรวจวัดเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับประชาชน หากไม่มีการตรวจวัดกัมมันตรังสีในสิ่งแวดล้อมเป็นประจำ ก็อาจจะต้องให้มีการตรวจวัดเป็นครั้งคราว ทั้งนี้เพื่อความมั่นใจ การปลดปล่อยสารกัมมันตรังสีออกสู่สิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมหนึ่งๆนั้นอาจจะมีได้หลลายทางซึ่งจำเป็นที่จะต้องศึกษาให้ได้ถึงทางผ่านที่สำคัญสู่ประชาชน การวางแผนจะต้องใช้ข้อมูลชนิด ลักษณะ คุณสมบัติของแหล่งกำเนิด ลักษณะการปลดปล่อย ทางผ่าน รูปแบบผลกระทบ และการประเมินผล

การกำหนดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย ต้องให้มีความเป็นหนึ่งเดียวกันของกลุ่ม (Homogeneity) หมายถึง กลุ่มนั้นได้รับปริมาณสะสม (Dose) ใกล้เคียงกัน คือ ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดไม่เกิน 10 เท่า หรือถ้าค่าเฉลี่ยของปริมาณสะสม (Mean Dose) นั้นพอดีกับค่ากำหนด ค่าสูงสุดและต่ำสุดจะต้องไม่เกิน 3 เท่า การตรวจวัดในสิ่งแวดล้อมสามารถกระทำได้ในแหล่งกำเนิดที่ต่างกันดังนี้

1. External Radiation การวัดปริมาณรังสีจะต้องรวมทั้งการวัดปริมาณรังสีจากก๊าซที่ปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศและลอยผ่านจุดที่ตรวจวัด รวมทั้งสารกัมมันตรังสีที่สะสมอยู่ในดิน พืช ผัก

2. Airborne Radionuclide นิวไคลด์กัมมันตรังสีซึ่งปะปนอยู่ในอากาศมีทั้งในรูปของแข็ง ก๊าซ หรือธาตุระเหิดได้ จะต้องทำการตรวจวัดเพื่อประเมินค่าปริมาณรรังสีที่บุคคลจะได้รับจากการหายใจเข้าไป ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดจะต้องแบ่งประเภทตามความเหมาะสม เวลาที่ใช้ในการตรวจวัดคงที่ ความสูงของเครื่องตรวจวัดประมาณ 1.5 เมตรจากพื้นดิน อยู่ในบริเวณที่มีสภาพอากาศคงที่และห่างจากอาคารสูงพอสมควร การตรวจจับอากาศโดยเครื่องดูดอากาศจะต้องมีค่าอัตราการไหลคงที่ สถานที่เก็บตัวอย่างประเภทนี้จะต้องกำหนดจุดไว้อย่างน้อย 3 จุด คือ จุดแรกบริเวณที่คาดว่าจะได้รับบรังสีสูงสุด จุดที่สองคือบริเวณที่มีคนอาศัยอยู่และคาดว่าจะได้รับรังสีสูงสุด จุดที่สามคือบริเวณที่คาดว่าผลกระทบจากการปลดปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดรังสีไปไม่ถึงและบริเวณนั้นมีสภาพอื่นๆเหมือน 2 จุดแรก ในการที่จะหาแหล่งที่ตั้งในการเก็บตัวอย่างนี้ต้องอาศัยการคำนวณและการศึกษารูปแบบที่ถูกต้อง

3. Diet (Including Drinking Water) การตรวจวิเคราะห์ในอาหารน้ำดื่มจะต้องศึกษาว่าพืชผักหรือเนื้อสัตว์ชนิดใดคือสิ่งที่ประชาชนบริโภคมากที่สุด ฤดูกาลในการเก็บเกี่ยว การปลดปล่อยสารกัมมันตรังสี ชนิดของสารกัมมันตรังสี การดูดซึมเข้าสู่พืชผัก หรือวัฏจักรของสารกัมมันตรังสีนั้น การเก็บตัวอย่างจะเก็บบริเวณที่คาดว่าจะมีปริมาณรังสีสะสมสูงสุด รวมทั้งการเก็บตัวอย่างอาหารที่ประชาชนใน

บริเวณนั้นบริโภค ถึงแม้ว่าอาหารชนิดนั้นไม่ได้ผลิตในพื่นที่นั้นก็ตาม ภายหลังการเก็บตัวอย่างเมื่อจะทำการตรวจวัดจะต้องทฆนำอาหารนั้นผ่านกระบวนการ เช่น การชะล้างสิ่งสกปรกออก การปอกเปลือก การตัดส่วนที่ไม่ได้ใช้ประกอบอาหารออก เพื่อให้อาหารนั้นแสดงถึงส่วนที่จะรับประทานได้จริงๆ

4. Deposition การตรวจวิเคราะห์ปริมาณรังสีที่สะสมลงสู่พื้นดิน ทั้งที่เป็นชนิดเปียกและแห้ง โดยการตั้งภาชนะไว้ในกลางแจ้ง บริเวณที่เก็บจะต้องศึกษาเช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างชนิดอื่นคือมีทั้งจุดที่อยู่ในอิทธิพลของแหล่งกำเนิดรังสีและจุดที่อยู่นอกผลจากแหล่งกำเนิดรังสี

5. Soil การตรวจวิเคราะห์ในตัวอย่างดินเพื่อดูการสะสมในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา การเก็บตัวอย่างในบริเวณที่กำหนด โดยต้องกำหนดความกว้างของพื้นที่และความหนาของชั้นดินเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณและแสดงถึงการแพร่กระจายการชะล้างจากพื้นผิวดิน

6. Sediment การเก็บตัวอย่างตะกอนดินเพื่อประเมินค่าปริมาณรังสีและตรวจวัดการเพิ่มขึ้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตะกอนดิน โดยทำการเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำหรือในแม่น้ำ

7. Water การเก็บตัวอย่างน้ำต้องมีการเติมกรดลงไปเล็กน้อยเพื่อป้องกันไม่ให้มีการเกาะจับกับภาชนะ ต้องมีการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งที่ไม่มีผลกระทบจากกิจกรรมนั้นเพื่อนนำมาใช้เป็นค่าเปรียบเทียบ

3.3 การตรวจวัดในบุคคล จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับการรับรังสีนอกร่างกายของบุคคล ข้อมูลเกี่ยวกับระดับรังสีในร่างกาย การขับถ่ายนิวไคล์กัมมันตรังสีจากร่างกาย ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อประเมินระดับปริมาณรังสีที่บุคคลได้รับ

1. การตรวจวัดโดยใช้ Pocket Dosimeter มีวิธีการตรวจวัดดังนี้

- ปรับศูนย์
- ติดตั้ง Pocket Dosimeter ที่ตัวผู้ปฏิบัติงานบริเวณหน้าอกหรือท้อง

- อ่านและบันทึกค่าที่ได้รับหลังการปฏิบัติงาน

2. การตรวจวัดโดยใช้ Film Badge หรือ TLD มีวิธีการตรวจวัดดังนี้

- ติดตลับบรรจุและแผ่นฟิล์มไว้ที่ตัวผู้ปฏิบัติงาน
- หลังเสร็จสิ้นการทำงานให้นำแผ่นฟิล์มไปเก็บไว้โดยเฉพาะ
- ส่งแผ่นฟิล์มไปประเมินการได้รับรังสีตามเวลาที่กำหนด เช่น ทุกเดือน เป็นต้น

4. ค่ามาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณรังสี

4.1 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 27 ลงวันที่ 24 มกราคม 2535 ซึ่งออกตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512

1. บริเวณที่ปฏิบัติงานต้องมีปริมาณรังสีไม่เกิน 6.45×10^{-7} คูลอมป์/กิโลกรัม.ชั่วโมง

หรือ 2.5 มิลลิเรินท์เก้นต่อชั่วโมง

2. ห้ามมิให้คนงานได้รับรังสีเกินกว่า 12.5 มิลลิซีเวิร์ท หรือ 1.25 เรม ตลอดทั่วร่างกาย (ศีรษะ ลำตัว อวัยวะสร้างโลหิต เลนส์ตา หรืออวัยวะสืบพันธุ์) ภายในช่วงระยะเวลา 3 เดือนติดต่อกัน

3. ห้ามมิให้คนงานได้รับรังสีเกินกว่า 137.5 มิลลิซีเวิร์ท หรือ 13.75 เรม บริเวณมือ แขน และขา ภายในช่วงระยะเวลา 3 เดือนติดต่อกัน

4. ห้ามมิให้คนงานได้รับรังสีเกินกว่า 75 มิลลิซีเวิร์ท หรือ 7.5 เรม บริเวณผิวหนังส่วนอื่นที่ไม่ได้ระบุไว้ในข้อ 2 และ 3 ภายในช่วงระยะเวลา 3 เดือนติดต่อกัน

4.2 กฎกระทรวงวิทยาศาสตร์ กำหนดเงื่อนไขและวิธีการขออนุญาตและการออกใบ

อนุญาต พ.ศ. 2546 ตามพระราชบัญญัติพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ พ.ศ. 2504

1. ห้ามมิให้คนงานได้รับรังสีเกินกว่า 20 มิลลิซีเวิร์ทต่อปี โดยเฉลี่ยในช่วง 5 ปีติดต่อกัน ตลอดทั่วร่างกาย ทั้งนี้ในแต่ละปี (ใน 5 ปี) ห้ามรับสัมผัสรังสีเกิน 50 มิลลิซีเวิร์ท และตลอดในช่วง 5 ปีติดต่อกันนั้น ห้ามรับสัมผัสรังสีเกิน 100 มิลลิซีเวิร์ท

2. ห้ามมิให้คนงานได้รับรังสีเกินกว่า 150 มิลลิซีเวิร์ทต่อปี สำหรับเลนส์ของดวงตา

3. ห้ามมิให้คนงานได้รับรังสีเกินกว่า 500 มิลลิซีเวิร์ทต่อปี สำหรับผิวหนัง มือ และเท้า

4. ห้ามมิให้คนงานที่เป็นหญิงมีครรภ์ได้รับรังสีตลอดระยะเวลาที่ตั้งครรภ์เกิน 2 มิลลิซีเวิร์ และต้องได้รับรังสีเฉลี่ยไม่เกิน 0.2 มิลลิซีเวิร์ทต่อเดือน

5. ห้ามมิให้ประชาชนทั่วไปได้รับรังสีเกินกว่า 1 มิลลิซีเวิร์ทต่อปี ตลอดทั่วร่างกาย

6. ห้ามมิให้ประชาชนทั่วไปได้รับรังสีเกินกว่า 15 มิลลิซีเวิร์ทต่อปี สำหรับเลนส์ของดวงตา

7. ห้ามมิให้ประชาชนทั่วไปได้รับรังสีเกินกว่า 50 มิลลิซีเวิร์ทต่อปี สำหรับส่วนที่เป็นผิวหนัง

4.3 กฎกระทรวงแรงงาน กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับรังสีชนิดก่อไอออน พ.ศ. 2547

1. ห้ามมิให้คนงานได้รับรังสีสะสมเกินกว่า 20 มิลลิซีเวิร์ทต่อปี โดยเฉลี่ยในช่วง 5 ปีติดต่อกัน สำหรับศีรษะ ลำตัว อวัยวะที่เกี่ยวกับการสร้างโลหิต และระบบอวัยวะสืบพันธุ์ ทั้งนี้ในแต่ละปี (ใน 5 ปี) ห้ามรับสัมผัสรังสีเกิน 50 มิลลิซีเวิร์ท

2. ห้ามมิให้คนงานได้รับรังสีสะสมเกินกว่า 150 มิลลิซีเวิร์ทต่อปี สำหรับเลนส์ของดวงตา

3. ห้ามมิให้คนงานได้รับรังสีสะสมเกินกว่า 500 มิลลิซีเวิร์ทต่อปี สำหรับผิวหนัง หรือมือและเท้า

4.4 ค่าแนะนำของต่างประเทศ เช่น ICRP : International Council for Radiation Protection

การเก็บตัวอย่างและส่งวิเคราะห์ตัวอย่างชีวภาพในอากาศ

เชื้อราชีวภาพในอากาศ มักจะถูกเรียกว่า จุลชีพ หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่าเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเชื้อนี้ไม่สามารถอยู่ในอากาศได้นาน เพราะในอากาศไม่มีสารอาหาร แต่จะใช้อากาศเป็นพาหะในการพาเชื้อจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง แหล่งกำเนิดมีหลายแห่งได้แก่

1. พื้นผิวดิน จัดเป็นแหล่งที่ใหญ่ที่สุด โดยเชื้อจุลินทรีย์จะติดปะปนอยู่กับฝุ่นละอองที่ปลิวฟุ้งจากผิวดิน ดังนั้นบริเวณใดที่มีฝุ่นละอองมากก็จะมีปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์มากตามไปด้วย

2. มนุษย์และสัตว์ โดยเชื้อจุลินทรีย์จะออกมากับลมหายใจ ไอ จาม น้ำมูก น้ำลาย สิ่งขับถ่าย ดังนั้นบริเวณที่มีคนอาศัยอยู่หนาแน่นก็จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มากกว่าบริเวณที่มีคนอาศัยอยู่น้อย

3. แหล่งน้ำ โดยแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีเชื้อจุลินทรีย์มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำนั้นๆ แต่ถ้าเป็นแหล่งน้ำทิ้งจากบ้านเรือนจะมีเชื้อจุลินทรีย์อยู่มากเพราะมีสารอินทรีย์ตกค้างอยู่ในน้ำทิ้งมาก

4. การกระทำของมนุษย์ จากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงทอผ้า โรงงานผลิตอาหารสัตว์ โรงงานผลิตน้ำตาล เป็นต้น

ระยะเวลาที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถอยู่ในอากาศได้นานเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ โดยพวกที่มีสปอร์จะสามารถทนต่อความร้อน ความแห้งแล้งได้ดี

2. สภาพดิน ฟ้า อากาศ ได้แก่ ความชื้น แสงสว่าง อุณหภูมิ รวมทั้งฤดูกาลจะมีผลต่อปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น ในฤดูฝน เชื้อจุลินทรีย์จะตกลงสู่พื้นเนื่องจากถูกน้ำฝนชะลงมา ในบริเวณที่มีแดดจัด ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อาจน้อยเนื่องจากถูกแสงแดดทำลาย

3. ขนาดของอนุภาคที่เชื้อจุลินทรีย์ติดอยู่ ถ้ามีขนาดเล็กและเบาจะสามารถลอยอยู่ในอากาศได้นานและไปได้ไกล

1. อันตรายจากเชื้อจุลินทรีย์

1.1 ปนเปื้อนอาหาร ทำให้เกิดการบูดเน่า หากรับประทานเข้าไปอาจทำให้เกิดอาการท้องร่วง หรืออาหารเป็นพิษ เป็นต้น

1.2 โรคแอนแทรกซ์ เป็นโรคที่เกิดจากเชื้อ Bacillus Anthracis ซึ่งสามารถสร้างสปอร์ได้ เชื้อนี้จะเข้าทางบาดแผลหรือรอยแยกของแผลเกิดเป็นหนองอย่างร้ายแรง หากหายใจเอาสปอร์ของเชื้อนี้เข้าไปจะทำให้เกิดอาการไอ เจ็บหน้าอก มีไข้ และปวดเมื่อย

1.3 โรค Bagassosis เป็นโรคที่เกิดจากฝุ่นชานอ้อยที่มีสปอร์เชื้อราและเชื้อ Thermoactinomyces Vulgaris เมื่อหายใจเอาฝุ่นสปอร์เข้าไปจะเริ่มมีอาการของปอดอักเสบ มีไข้ต่ำๆ หายใจอึดอัด หอบ และมีเสมหะ

1.4 โรคปอดชาวนา เกิดจากการหายใจเอาฝุ่นละอองของฟางข้าวและพวกหญ้าแห้งเข้าไป ซึ่งฝุ่นละอองพวกนี้อาจมีเชื้อ Micropolyspora Faeni ติดปะปนกัน อาการที่พบจะมีไข้เล็กน้อย ไอแห้งๆ เหนื่อยง่าย อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ เจ็บหน้าอก น้ำหนักลด และเบื่ออาหาร

2. วิธีการเก็บตัวอย่างชีวภาพในอากาศ แบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

2.1 วิธีการใช้ของเหลวเป็นตัวเก็บ (Liquid Impingement)

วิธีการนี้เป็นการบังคับให้อากาศไหลผ่านลงสู่ของเหลวเพื่อให้ฝุ่นละอองที่มีเชื้อจุลินทรีย์ถูกของเหลวดักเอาไว้โดยใช้เครื่องดูดอากาศ

ของเหลวที่ใช้ดัก ได้แก่ น้ำกลั่น, ตัวดัก (Buffer) ที่ปราศจากเชื้อ, หรืออาหารเหลวบางชนิดที่ปราศจากเชื้อซึ่งจะบรรจุอยู่ในขวดแก้วเก็บอากาศ (Impinger)

การเก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้จะต้องคำนึงถึงอัตราการไหลของอากาศและระยะเวลาในการเก็บ ถ้าใช้อัตราการไหลของอากาศที่สูงมากเชื้อจุลินทรีย์อาจจะหลุดออกมาพร้อมกับฟองอากาศ สำหรับระยะเวลาในการเก็บนั้นถ้าใช้เวลาในการเก็บน้อยเกินไปอาจตรวจไม่พบเชื้อ แต่ถ้าใช้เวลาในการเก็บมากเกินไปอาจมีปริมาณจุลินทรีย์สูงมากจนทำให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ ซึ่งอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมคือ 0.8-1.0 ลิตรต่อนาที และระยะเวลาในการเก็บที่เหมาะสมคือ 10-60 นาที

2.2 วิธีการใช้ของแข็งเป็นตัวเก็บ (Solid Impingement) สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. วิธี Settling Plate Technique ทำได้โดยการนำจานเพาะเชื้อที่บรรจุ Agar Media เพื่อทำการเก็บเชื้อแบคทีเรียทั่วไป โดยเปิดฝา Petri dish ไว้เป็นระยะเวลาตามต้องการ ขณะเปิดฝาฝุ่นอองและเชื้อจุลินทรีย์จะปลิวตกลงมาบนผิวหน้าของ Agar เมื่อครบตามระยะเวลาที่ต้องการแล้วจึงปิดฝา Petri dish แล้วนำไปเข้าตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จะพบ Colony ของเชื้อจุลินทรีย์ วิธีนี้จะบอกได้เพียงคร่าวๆเพราะไม่สามารถบอกปริมาณที่แท้จริงได้ บอกได้เพียงแค่ว่ามีเชื้ออะไรบ้างเท่านั้น

2. วิธี Sieve Type Sample วิธีการนี้ดัดแปลงมาจากวิธี Settling Plate เพื่อให้ได้ผลดีขึ้น โดยมีอุปกรณ์บรรจุ Plate ที่มี Agar โดยฝาด้านบนจะเจาะเป็นรูเล็กๆเพื่อให้อากาศผ่านเข้าไปภายในและถูกดูดออกโดยเครื่องดูดอากาศ จะทราบปริมาณอากาศที่ผ่านเข้าไปทำให้สามารถคำนวณปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ๆได้ โดยกำหนดให้มีอัตราการไหล 1-10 ลิตรต่อนาที และใช้ระยะเวลาในการเก็บ 10-30 นาที

3. วิธี Slit-type Sample ใช้คล้ายกับวิธี Sieve Typeแต่ฝาครอบบนจานเพาะเชื้อจะเจาะเป็นช่องแคบๆยาวๆที่จุดศูนย์กลางของฝาครอบบนจานเพาะเชื้อ ขณะที่เดินเครื่องดูดอากาศฝาครอบจะหมุนช้าๆ อากาศภายนอกจะผ่านช่องและตกลงบน Agar โดยอัตราการไหลของอากาศและระยะเวลาในการเก็บเหมือนกับวิธี Sieve Type

4. วิธี Membrane Filter Technique ใช้ตลับเก็บอากาศพร้อมกระดาษกรองชนิดเก็บเชื้อ
จุลินทรีย์โดยต่ออุปกรณ์เก็บอากาศโดยให้อากาศไหลผ่านกระดาษกรอง ใช้อัตราการไหลของอากาศประมาณ 1.2 ลิตรต่อนาที ระยะเวลาในการเก็บ 10-30 นาที เมื่อเก็บเสร็จเรียบร้อยแล้วให้นำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อทำการเพาะเชื้อต่อไป

5. วิธี Andersen Sample เป็นวิธีที่ปรับปรุงขึ้นเพื่อความถูกต้องและสะดวกในการเก็บโดยใช้เครื่องมือที่ผลิตขึ้นเป็นพิเศษซึ่งบรรจุ Plate เป็นชั้นๆ มีทั้งขนาด 2 ชั้น และ 6 ชั้น (ยิ่งมีชั้นเยอะยิ่งแยกขนาดฝุ่นได้หลายขนาด) ต่อกับเครื่องดูดอากาศโดยใช้อัตราการไหลของอากาศประมาณ 28.3 ลิตรต่อนาที เมื่ออากาศผ่านเข้ามาทางด้านบน ฝุ่นขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักมากจะตกลงสู่ Media ชั้นบนสุดก่อน ฝุ่นที่เบากว่าจะตกลงในชั้นถัดไป

3. วิธีการส่งตัวอย่างชีวภาพในอากาศ

หลังจากที่ทำการเก็บตัวอย่างชีวภาพในอากาศเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีการเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อป้องกันการปนเปื้อนก่อนที่จะส่งตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

- Impinger หลังจากเก็บตัวอย่างเสร็จเรียบร้อยแล้วต้องใช้สำลีที่สะอาดปราศจากเชื้อปิดจุก พร้อมปิด foil และปิดทับด้วยกระดาษกาวแล้วแช่เย็นทันที จากนั้นต้องนำตัวอย่างส่งห้องปฏิบัติการภายในวันนั้น

หรืออย่างช้าที่สุดไม่เกิน 24 ชั่วโมงหลังจากดำเนินการเก็บตัวอย่าง

- Filter Holder หลังจากเก็บตัวอย่างเสร็จเรียบร้อยแล้วต้องแช่เย็น แล้วนำตัวอย่างส่งห้อง

ปฏิบัติการภายในวันนั้นหรืออย่างช้าที่สุดไม่เกิน 8 ชั่วโมงหลังจากดำเนินการเก็บตัวอย่าง

ในการนำส่งตัวอย่างชีวภาพในอากาศต้องมีการ Label หมายเลขตัวอย่าง สถานที่เก็บตัวอย่าง ระยะเวลาในการเก็บ อัตราการไหลของอากาศ อุณหภูมิ

ในการขนส่งตัวอย่างชีวภาพในอากาศต้องมีความระมัดระวังเพราะตัวอย่างอาจคว่ำหรือตะแคงในระหว่างการขนส่งทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาดได้ และต้องระวังไม่ให้น้ำแข็งละลายไหลเข้าปะปนกับตัวอย่างที่เก็บ

4. ค่ามาตรฐานที่ใช้แปลผลการวิเคราะห์ตัวอย่างชีวภาพในอากาศ

ค่ามาตรฐานที่ใช้ในการแปลผลการวิเคราะห์ตัวอย่างทางชีวภาพในอากาศนั้นยังไม่มีการกำหนดออกมาทั้งของประเทศไทยและของต่างประเทศ เนื่องจาก

1. เชื้อจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในอากาศมักมีอยู่รวมกันหลายชนิด

2. การตอบสนองของมนุษย์ต่อปัจจัยทางด้านชีวภาพนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ภูมิไวรับและภูมิต้านทานของแต่ละบุคคล

ลักษณะสภาพแวดล้อมทางอากาศ ความร้อน ความชื้น เป็นต้น ทำให้อันตรายที่เกิดขึ้นเป็นไปได้ตั้งแต่ไม่เกิดอาการเลยจนกระทั่งรุนแรงถึงตาย ดังนั้นจึงทำให้มีข้อจำกัดในการกำหนดค่ามาตรฐาน

3. ในปัจจุบันข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อชีวภาพในอากาศกับผลกระทบต่อสุขภาพนั้นยังไม่เพียงพอที่จะอธิบาย

แหล่งอ้างอิง

ปวีณา มีประดิษฐ์. เอกสารประกอบการเรียนวิชาการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างทางสุขศาสตร์-
อุตสาหกรรม 1: ภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศิริพร วันฟั่น. แผนงานสุขศาสตร์อุตสาหกรรม (Industrial Hygiene Program). [ออนไลน์].
เข้าถึงได้จาก:
http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=19198&section=9
สืบค้นเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2556

ศศิภา เลิศจินตนาการ. สุขศาสตร์อุตสาหกรรม 1. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://www.npc-se.co.th/npc_date/npc_previews.asp?id_head=11&id_sub=36&id=732
สืบค้นเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2556

นพ.วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์. มารู้จักกับสิ่งคุกคาม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.summacheeva.org/index_article_hazard.htm
สืบค้นเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2556

นัฐชานนท์ เขาราธ. การตรวจวัดและประเมินระดับเสียงในสถานประกอบการ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์-
อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

การตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง. ฝ่ายพัฒนาความปลอดภัยสถาบันความปลอดภัยในการทำงาน
กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน.

การตรวจวัดสภาพความร้อน. ฝ่ายพัฒนาความปลอดภัยสถาบันความปลอดภัยในการทำงาน

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน.

การใชเครื่องวัดความรอน WBGT. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

http://www.safety-stou.com/UserFiles/File/WBGT.pdf

สืบค้นเมื่อวันที่ 19 สิงหาคม 2556