บทที่ 6
การตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อนในที่ทำงาน

การตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อนในที่ทำงานประกอบด้วย การวัดอุณหภูมิ การวัดความเร็วลม การวัดความชื้นของอากาศ และการวัดการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม จากนั้นนำมาประเมินค่าความร้อนโดยใช้ดัชนีความเค้น (Heat Stress) ซึ่งเป็นผลรวมของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและทางกายภาพที่มีผลต่อระดับความร้อนที่ร่างกายได้รับ ปัจจัยด้านกายภาพ ได้แก่ การทำงานซึ่งทำให้ร่างกายได้รับความร้อนจากการเผาผลาญอาหาร ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนักเบาของงาน รวมถึงเสื้อผ้าที่สวมใส่ซึ่งจะมีผลต่อความร้อนที่ร่างกายได้รับด้วย ดัชนีความเค้นของความร้อนมีหลายแบบ เช่น ดัชนีความสบาย (Effective Temperature: ET) ดัชนีความร้อน (Heat Stress Index: HIS) ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer: WBGT) ซึ่งดัชนี WBGT นี้เป็นดัชนีที่สามารถใช้ได้สะดวกและรวดเร็ว ไม่ต้องอาศัยความชำนาญมากนัก จึงเป็นนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางและ ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ได้แนะนำการตรวจวัดความร้อนโดยวิธีนี้

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องมาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2546 และกฎกระทรวงเรื่องกำหนดมาตรฐานในการบริหารและจัดการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ.2549 ซึ่งได้กำหนดมาตรฐานระดับความร้อนที่จะไม่เป็นอันตรายต่อคนงานที่ต้องทำงานในสภาวะการทำงานที่มีอุณหภูมิสูงไว้ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 แสดงมาตรฐานระดับความร้อนของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฯ พ.ศ.2546 และกฎกระทรวงแรงงาน พ.ศ.2549

ลักษณะงาน	การเผาผลาญพลังงานในร่างกาย กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง	ระดับความร้อน(WBGT) องศาเซลเซียส
งานเบา	น้อยกว่า 200	34
งานหนักปานกลาง	200 - 350	32
งานหนัก	มากกว่า 350	30

นอกจากนั้น กฎกระทรวงยังกำหนดให้สถานประกอบกิจการต้องจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อนแสงสว่างและเสียงภายในสถานประกอบกิจการในกรณีที่ภายในสถานประกอบกิจการมีระดับความร้อนเกินมาตรฐานที่กำหนดให้นายจ้างดำเนินการปรับปรุงหรือแก้ไขสภาวะการทำงานทางด้านวิศวกรรมให้ระดับความร้อนไม่เกินมาตรฐาน หากได้ดำเนินการปรับปรุงหรือแก้ไขสภาวะการทำงานแล้วยังควบคุมให้เป็นไปตามมาตรฐานดังกล่าวไม่ได้ ให้นายจ้างปิดประกาศเตือนให้ลูกจ้างทราบว่าบริเวณนั้นอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของลูกจ้าง และนายจ้างต้องจัดให้ลูกจ้างสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลตามที่กำหนดตลอดเวลาที่ทำงาน

คำและบทนิยาม

อุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบ (Wet Bulb Globe Temperature: WBGT) คือ ดัชนีวัดสภาพความร้อนในสิ่งแวดล้อมการทำงาน (มีหน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียสหรือองศาฟาเรนไฮท์) ซึ่งได้นำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความร้อนที่สะสมในร่างกายมาพิจารณา ได้แก่ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายขณะทำงานและความร้อนจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน ซึ่งความร้อนจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน ถูกถ่ายเทมายังร่างกายได้ 3 วิธี คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

WBGT กรณีวัดนอกอาคารที่ไม่มีแสงแดดหรือในอาคาร หมายความว่า ระดับความร้อนเท่ากับ 0.7 เท่าของอุณหภูมิที่อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกตามธรรมชาติบวก 0.3 เท่าของอุณหภูมิที่อ่านค่าจากโกลบ เทอร์โมมิเตอร์

WBGT กรณีวัดนอกอาคารที่มีแสงแดด หมายความว่า ระดับความร้อนเท่ากับ 0.7 เท่าของอุณหภูมิที่อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกตามธรรมชาติบวก 0.2 เท่าของอุณหภูมิที่อ่านค่าจากโกลบเทอร์โมมิเตอร์ และบวก 0.1 เท่าของอุณหภูมิที่อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง

ระดับความร้อน หมายความว่า อุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบในบริเวณที่ลูกจ้างทำงาน ตรวจวัดโดยค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาสองชั่วโมงที่มีอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบสูงสุดของการทำงานปกติ

สภาวะการทำงาน หมายความว่า สภาวะแวดล้อมซึ่งปรากฏอยู่ในบริเวณที่ทำงานของ ลูกจ้างซึ่งรวมถึงสภาวะต่างๆ ในบริเวณที่ทำงาน เครื่องจักร อาคาร สถานที่ การระบายอากาศ ความร้อน แสงสว่าง เสียง ตลอดจนสภาพและลักษณะการทำงานของลูกจ้างด้วย

ปริมาณงานหรือภาระงาน (Work Load) เป็นพลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาผลาญอาหารเพื่อให้ร่างกายใช้ปฏิบัติงานต่างๆ ผู้ที่ทำงานหนักย่อมมีความร้อนเกิดขึ้นในร่างกายสูงกว่าผู้ที่ทำงานเบา และค่ามาตรฐานระดับความร้อนได้นำปัจจัยนี้มาพิจารณา โดยจำแนกตามความหนักเบาของงานกับระดับความร้อนที่ได้รับ

งานเบา หมายถึง งานที่ต้องออกกำลังน้อยหรืองานที่ต้องทำโดยใช้พลังงานไม่เกิน 200 กิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง เช่น งานนั่งคุมเครื่องจักรบังคับด้วยมือหรือเท้า ยืนหยิบชิ้นงานขนาดเล็กเข้าหรือออก

จากเครื่องจักร ยืนเดินไปมารอบๆ เครื่องจักร นั่งตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยใช้สายตา หรืองานที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

งานปานกลาง หมายถึง งานที่ต้องออกกำลังปานกลางหรืองานที่ต้องทำ โดยใช้พลังงาน 201-300 กิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง เช่น งานยืนเดินไปมารอบๆ เครื่องจักรและออกแรงเข็นหรือยกผลิตภัณฑ์ที่เป็นชิ้นงานขนาดใหญ่เข้าหรือออกจากเครื่องจักร หรืองานที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

งานหนักหมายถึง งานที่ต้องออกกำลังมากหรืองานที่ต้องทำโดยใช้พลังงานตั้งแต่ 301 กิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง เช่น ยกของหนัก ขุดหรือตักดิน ทุบโดยใช้ค้อนขนาดใหญ่ เลื่อยหรือตอกสลักไม้เนื้อแข็ง ปีนบันไดหรือทางลาดเอียง

ดัชนีระดับความร้อน (Heat Index Temperature: HI) หมายถึง สภาวะที่ทำให้ร่างกายเรารู้สึกร้อนขึ้นมากกว่าอุณหภูมิของอากาศจริงที่วัดได้จาก เทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งเกิดจากการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับความชื้น ทำให้ร่างกายรู้สึกสูญเสียความเย็นออกไปจากบริเวณผิวหนัง ส่งผลให้ร่างกายรู้สึกร้อนมากขึ้นกว่าอุณหภูมิของอากาศที่แท้จริง หรือทำให้ร่างกายสูญเสียความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิ อาจทำให้เกิดการเจ็บป่วยเนื่องจากความเหน็ดเหนื่อยอ่อนเพลีย หรือความเจ็บป่วยรุนแรงเนื่องจากอากาศร้อนจัดได้

ดัชนีระดับความร้อนของอากาศ (HI) ความรู้สึกร้อนหนาวของคนเรา เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งปกติร่างกายจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 37 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิของอากาศรอบตัวเราเปลี่ยนแปลงไป ไม่ว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง จะส่งผลกระทบต่อความรู้สึกร้อนหนาวของร่างกาย ร่างกายเราก็จะมีกลไกในการรักษาอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมินี้โดยอัตโนมัติ เช่น การหนาวสั่น การขับเหงื่อในฤดูร้อนอุณหภูมิสูง ความชื้นในอากาศมีน้อย ปกติร่างกายของคนเราจะปรับตัวเพื่อทำให้เรารู้สึกรับได้กับสภาวะที่เป็นอยู่ แต่ถ้าเมื่อใดความชื้นในอากาศเริ่มมีการเปลี่ยนแปลง เราจะรู้สึกร้อนขึ้นทันทีทั้งๆ ที่อุณหภูมิของอากาศไม่เปลี่ยนแปลง ความรู้สึกที่เกิดขึ้นนี้เป็นการตอบสนองอัตราการถ่ายเทของปริมาณความร้อนระหว่างผิวหนังกับอากาศที่ล้อมรอบ หลักการวัดดัชนีระดับความร้อนมีสูตรในการคำนวณ โดยใช้อุณหภูมิของอากาศกับความความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ ให้มีค่าเสมือนอากาศนิ่งหรือลมสงบจะทำให้ได้ค่าอุณหภูมิที่สูงกว่า เรียกว่าอุณหภูมิเสมือน (Pseudo Temperature) ซึ่งจะมีค่าเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ และความชื้นเริ่มต้นว่ามีเท่าไร ดังตารางที่ 6.2

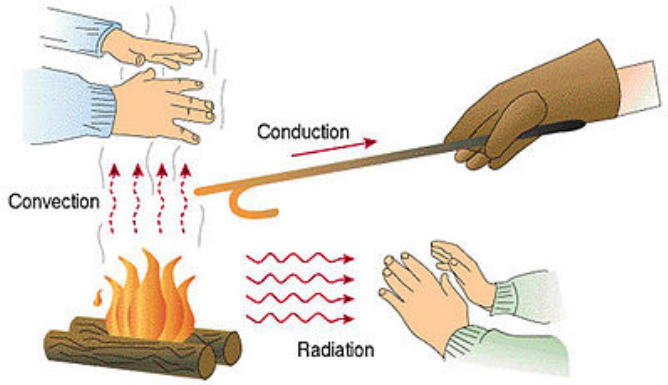
ตารางที่ 6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ต่อดัชนีระดับความร้อนที่ร่างกายรู้สึก

อุณหภูมิของอากาศ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity = %)												
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	ดัชนีระดับความร้อนที่ร่างกายรู้สึก (apparent temperature)												
44	59.6	64.2	69.3	74.7	80.6	86.9	93.6						
42	53.7	57.5	61.1	66.2	71.2	76.5	82.3	88.4	94.9				
40	48.3	51.3	54.8	58.5	62.2	67.1	71.9	77.0	82.5	88.3	94.5		
38	43.3	45.9	48.6	51.6	55.0	58.6	62.5	66.7	71.3	76.1	81.2	86.6	92.4
36	39.1	41.0	43.1	45.5	48.1	51.0	54.2	57.5	61.2	65.1	69.2	73.6	78.2
34	35.4	36.8	38.4	40.2	42.2	44.4	46.8	49.4	52.2	55.2	58.4	61.9	65.5
32	32.3	33.2	34.4	35.6	37.1	38.7	40.4	42.3	44.4	46.6	49.0	51.5	54.2

ที่มา: ฐิติศักดิ์ กิจทวีสิน, (2559)

จากตารางที่ 6.2 การหาค่าระดับความร้อนที่ร่างกายรู้สึก (Apparent Temperature) จากตาราง ถ้าอุณหภูมิของอากาศ 38.0 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศขณะเดียวกันนั้น 40 % ระดับความร้อนที่ร่างกายรู้สึกจะเท่ากับ 43.3 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอุณหภูมิของอากาศยังคง 38.0 องศาเซลเซียส เท่าเดิมแต่ขณะนั้นความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 50% ระดับความร้อนที่ร่างกายรู้สึกจะเพิ่มขึ้นเป็น 48.6 องศาเซลเซียส เป็นต้น

อุณหภูมิภายในร่างกายมนุษย์อาจเปลี่ยนแปลงได้ในช่วงแคบๆ โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของร่างกายนั่นคือประมาณ 37 ± 1องศาเซลเซียสดังนั้น ร่างกายจึงพยายามควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดเวลาด้วยกลไกต่างๆ เช่น การหลั่งเหงื่อ รู้สึกกระหายน้ำ และมีเลือดไหลเวียนมาที่ผิวเพื่อคายความร้อนมากขึ้น เป็นต้น โดยทั่วไปแหล่งความร้อนที่มีอิทธิพลต่อความร้อนในร่างกายมนุษย์มี 2 แหล่ง คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายจากการเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงาน และความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งความร้อนจากทั้งสองแหล่งนี้สามารถถ่ายเทระหว่างกันได้ จากแหล่งที่มีความร้อนสูงกว่าไปยังแหล่งที่มีความร้อนต่ำกว่าโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน (ภาพที่ 6.1)



ภาพที่ 6.1 การถ่ายเทความร้อน การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน
ที่มา: Joe Johnston. 2010

ทั้งนี้เพื่อรักษาระดับความร้อนภายในร่างกายให้คงที่ที่ 37 ± 1°Cซึ่งความพยายามในการรักษาระดับความร้อนของร่างกายนี้อธิบายได้ด้วยสมการสมดุลความร้อน คือ

$$H = M \pm R \pm C - E \pm D \quad \text{.....(6.1)}$$

เมื่อ H = ความร้อนสะสมของร่างกาย (Body Heat Storage)

M =ความร้อนจากการเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงาน (Metabolic Heat)

R =ความร้อนที่ถ่ายเทด้วยการแผ่รังสี (Radiation)

C =ความร้อนที่ถ่ายเทด้วยการพา (Convection)

E =ความร้อนที่สูญเสียไปจากการระเหยของเหงื่อ (Evaporation)

D =ความร้อนที่ถ่ายเทด้วยการนำ (Conduction)

พื้นฐานด้านทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน

สสารทั้งหลายประกอบด้วย อะตอมรวมตัวกันเป็นโมเลกุล การเคลื่อนที่ของอะตอม หรือการสั่นของโมเลกุล ทำให้เกิดรูปแบบของพลังงานจลน์ ซึ่งเรียกว่า “ความร้อน” (Heat) เราพิจารณาพลังงานความร้อน (Heat energy) จากพลังงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอะตอมหรือโมเลกุลทั้งหมดของสสาร ความร้อนเป็นพลังงานชนิดหนึ่งสามารถทำงานได้ และสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นๆ ได้ รวมไปถึงพลังงานรูปอื่นๆ สามารถเปลี่ยนมาเป็นหลังงานความร้อนได้ พลังงานความร้อนจะถ่ายเทจากวัตถุหนึ่งไปอีกวัตถุหนึ่งที่มีอุณหภูมิต่างกัน ความร้อนจะถ่ายเทจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และจะหยุดการถ่ายเทเมื่อวัตถุทั้งสองนั้นมีอุณหภูมิเท่ากัน

1. สเกลอุณหภูมิ

อุณหภูมิ (Temperature) หมายถึง การวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ซึ่งเกิดขึ้นจากอะตอมแต่ละตัวหรือแต่ละโมเลกุลของสสาร เมื่อเราใส่พลังงานความร้อนให้กับสสาร อะตอมของมันจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่เมื่อเราลดพลังงานความร้อนอะตอมของสสารจะเคลื่อนที่ช้าลง ทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง หากเราต้มน้ำด้วยถ้วยและหม้อบนเตาเดียวกัน จะเห็นได้ว่าน้ำในถ้วยจะมีอุณหภูมิสูงกว่า แต่จะมีพลังงานความร้อนน้อยกว่าในหม้อ เนื่องจากปริมาณความร้อนขึ้นอยู่กับมวลทั้งหมดของสสาร แต่อุณหภูมิเป็นเพียงค่าเฉลี่ยของพลังงานในแต่ละอะตอม ดังนั้นบรรยากาศชั้นบนของโลก (ชั้นเทอร์โมสเฟียร์) จึงมีอุณหภูมิสูง แต่มีพลังงานความร้อนน้อย เนื่องจากมีมวลอากาศอยู่อย่างเบาบาง สเกลอุณหภูมิประกอบด้วย

1.1 องศาฟาเรนไฮต์ ในปี ค.ศ.1714 กาเบรียล ฟาเรนไฮต์ (Gabrial Fahrenheit) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้ประดิษฐ์เทอร์มอมิเตอร์ซึ่งบรรจุปรอทไว้ในหลอดแก้ว เขาพยายามทำให้ปรอทลดต่ำสุด (0°F) โดยใช้น้ำแข็งและเกลือผสมน้ำ เขาพิจารณาจุดหลอมละลายของน้ำแข็งเท่ากับ 32°F และจุดเดือดของน้ำเท่ากับ 212°F

1.2 องศาเซลเซียส ในปี ค.ศ.1742 แอนเดอส์ เซลเซียส (Anders Celsius) นักดาราศาสตร์ชาวสวีเดน ได้ออกแบบสเกลเทอร์มอมิเตอร์ให้อ่านได้ง่ายขึ้น โดยมีจุดหลอมละลายของน้ำแข็งเท่ากับ 0°C และจุดเดือดของน้ำเท่ากับ 100°C

1.3 เคลวิน (องศาสัมบูรณ์) ต่อมาในคริสศตวรรษที่ 19 ลอร์ด เคลวิน (Lord Kelvin) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ผู้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและอุณหภูมิว่า ณ อุณหภูมิ -273°C อะตอมของสสารจะไม่มีการเคลื่อนที่ และจะไม่มีสิ่งใดหนาวเย็นไปกว่านี้ได้อีก เขาจึงกำหนดให้ 0 K = -273°C (ไม่ต้องใช้เครื่องหมาย ° กำกับหน้าอักษร K) สเกลองศาสัมบูรณ์หรือเคลวิน เช่นเดียวกับองศาเซลเซียสทุกประการ เพียงแต่ +273 เข้าไปเมื่อต้องการเปลี่ยนเคลวินเป็นเซลเซียส

2. แหล่งความร้อน

ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปจะพบว่า คนงานต้องประสบปัญหาความร้อนจากอุณหภูมิของกระบวนการผลิต หรือเครื่องจักรต่างๆ ปกติความร้อนสามารถถ่ายเทระหว่างคน และสิ่งแวดล้อมในรูปของการนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) โดยปกติทั่วไปนั้นร่างกายจะได้รับความร้อนจากแหล่งความร้อน หรือแหล่งพลังงานความร้อน 2 แหล่งด้วยกัน ประกอบด้วย

2.1 ความร้อนจากภายในร่างกาย โดยจะได้จากกระบวนการเผาผลาญสารอาหารในร่างกาย (Metabolism Heat)

2.2 ความร้อนจากภายนอกร่างกายหรือความร้อนจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Heat) เช่น จากสภาพการทำงาน กระบวนการทำงานจากเครื่องจักร โดยลักษณะของความร้อนในการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปนั้น แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.2.1 ความร้อนแห้ง เป็นความร้อนที่หลุดจากอุปกรณ์ในกรรมวิธีการผลิตที่ร้อนซึ่งมักจะอยู่รอบๆ บริเวณที่ทำงาน

2.2.2 ความร้อนชื้น เป็นสภาพที่มีไอน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศซึ่งเกิดจากกรรมวิธีผลิตแบบเปียกแหล่งกำเนิดความร้อนในอุตสาหกรรมมักเกิดมาจากเตาหลอม เตาเผา เตาอบหม้อไอน้ำ และบางครั้งเกิดจากในขบวนการผลิตซึ่งมีผลต่อผู้ปฏิบัติงานหรือคนงานที่ต้องทำงานในบริเวณใกล้เคียง

ประเภทอุตสาหกรรมที่เลี่ยงต่อความร้อนในการทำงาน โรงงานหล่อหลอมโลหะและอโลหะ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเซรามิค โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องแก้ว โรงงานอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์ยาง โรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ โรงงานอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง ช่างเครื่อง หรือบุคคลอื่นที่ทำงานอยู่ใต้ท้องเรือหรือทำงานในบริเวณที่อับอากาศงานเหมืองใต้ดิน หรือลักษณะที่ใกล้เคียงกัน (ในอุโมงค์และในถ้ำ) คนงานก่อสร้าง กลุ่มชาวนา ชาวสวนและชาวไร่ หรืองานที่ต้องทำงานในที่โล่งแจ้ง และได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง เป็นต้น

3. การป้องกันและควบคุมจากความร้อนในสถานประกอบการ

กองความปลอดภัยแรงงาน (2562) ได้สรุปเกี่ยวกับหลักทั่วไปในการป้องกันและควบคุมอันตรายในการทำงานสัมผัสกับความร้อนมีหลักใหญ่ๆ 3 ข้อ ดังนี้

3.1 หลักการป้องกันและควบคุมที่แหล่งกำเนิดของความร้อน เน้นถึงหลักการที่พยายามจะลดปริมาณความร้อนที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดให้มากที่สุด ได้แก่

3.1.1 การใช้ฉนวน (Insulator) หุ้มแหล่งกระจายความร้อน เช่น หุ้มท่อน้ำร้อน แทงค์น้ำร้อน และหม้อไอน้ำ ซึ่งเป็นการลดการแผ่รังสีความร้อน และการพาความร้อน

3.1.2 การใช้ฉากป้องกันรังสี (Radiation Shieding) โดยใช้ฉากอลูมิเนียมบางๆ (Aluminium Foil) กั้นระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนและคนงาน เป็นวิธีการที่ง่ายและใช้กันโดยทั่วไป โดยเฉพาะในโรงงานเตาหลอมที่อุณหภูมิสูงๆ

3.2.3 การใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural Ventilation) ปกติอากาศร้อนจะมีลักษณะเบา และลอยตัวสูงขึ้น ดังนั้น จึงควรเปิดช่องว่างบนหลังคาให้มากที่สุด ขณะเดียวกันระดับพื้นดินก็ควรจะเปิดประตูหน้าต่าง หรือเปิดโล่งให้ลมเย็นพัดเข้ามาแทนที่ และทิศทางของลมควรจะพัดเข้าสู่ตัวคนงานก่อนที่จะถึงแหล่งกำเนิดความร้อน พื้นที่ในการทำงานควรจะจัดให้กว้างพอเพื่อให้อากาศถ่าเทได้สะดวก

3.2.4 การระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Ventilation) ในกรณีที่มีปัญหาเกี่ยวกับการพาความร้อน ถ้าอากาศที่ร้อนจัดถูกพามาสู่คนงานมากเกินไป เราอาจคำนวณและออกแบบระบบดูดอากาศเฉพาะบริเวณนั้นออกไป แล้วนำอากาศที่เย็นกว่าเข้าแทนที่ซึ่งจะต้องเป็นอากาศที่บริสุทธิ์ด้วย

3.2 การป้องกันและควบคุมความร้อนจากสิ่งแวดล้อม ในการระบายความร้อนโดยดำเนินการจากสภาพแวดล้อมในการทำงาน สามารถดำเนินการจากสภาพแวดล้อมในการทำงาน สามารถดำเนินการได้โดยทั่วไป มี 2 วิธี

3.2.1 การออกแบบและสร้างอาคารให้มีระบบระบายอากาศที่ดี เช่น การจัดรูปแบบโครงสร้างที่สามารถถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ธรรมชาติของอากาศร้อนจะถูกพาไปสู่เบื้องบน แล้วอากาศที่มีอุณหภูมิเย็นกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่

3.2.2 การเป่าอากาศเย็นที่จุดที่ทำงาน ในกรณีที่ไม่สามารถแก้ไขด้วยวิธีการออกแบบหรือวิธีการอื่น ถ้าหากความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการพาอย่างเดียว สามารถที่จะเป่าอากาศที่เย็นกว่าเข้าไปทดแทน หรือชดเชยที่ตำแหน่งคนงานที่ทำงานร้อนอยู่

3.3 การป้องกันที่ตัวคนงาน โดยทั่วไปแล้วการป้องกันและควบคุมที่จุดต้นกำเนิดความร้อนในบางครั้งในทางปฏิบัติอาจจะทำได้ยาก ดังนั้น การป้องกันที่ตัวคนงานจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

ความร้อนสามารถถ่ายเทระหว่างคน และสิ่งแวดล้อมในรูปของการนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) ลักษณะของความร้อนในการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปที่มีลักษณะการทำงานที่เกิดความร้อนหรือได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์นั้น แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ความร้อนแห้ง ความร้อนชื้น เพื่อความปลอดภัยของคนงานผู้ประการมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในการป้องกันและควบคุมอันตรายในการทำงานที่สัมผัสกับความร้อน

กลไกการเกิดความร้อนภายในร่างกาย

ระดับความร้อนของร่างกายเกิดจากความสมดุลของการสร้างความร้อนของร่างกายและการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C) หรือองศาฟาเรนไฮต์ (°F) อุณหภูมิในร่างกายของมนุษย์จะคงที่จะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนักถึงแม้อุณหภูมิภายนอกอาจจะเปลี่ยนไป อุณหภูมิตามส่วนต่างๆ ของร่างกายมีค่าแตกต่างกันไปตามปริมาณเลือดที่ไหลไปยังบริเวณร่างกายนั้นตามอัตราเมตาโบลิซึมของอวัยวะและความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิบริเวณนั้นกับบริเวณใกล้เคียง อุณหภูมิของร่างกายสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ อุณหภูมิแกน (Core Temperature) หมายถึง อุณหภูมิของอวัยวะที่อยู่ภายในร่างกาย เช่น สมอง หัวใจ ปอด ตับ ไต และระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น และอุณหภูมิที่ผิว (Surface Temperature) หมายถึง อุณหภูมิที่กล้ามเนื้อและผิวหนัง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อมภายนอก เพื่อรักษาสมดุลอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ แหล่งสร้างความร้อนในร่างกายความร้อนที่ทำให้ร่างกายอบอุ่นได้มาจาก 2 ทาง คือ เมตาโบลิซึม (Basal Metabolic) ในภาวะปกตคิวามร้อนส่วนใหญ่เกิดได้จากการเผาผลาญอาหารภายในร่างกาย และการทำงานของกล้ามเนื้อ (Shivering) ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานเคมีที่เกิดขึ้นจากการหดตัวของกล้ามเนื้อไปเป็นความร้อน

1. อุณหภูมิของร่างกาย

อุณหภูมิของร่างกายนอกเหนือจากการใช้เป็นดัชนีชี้วัดการมีชีวิตของมนุษย์แล้วยังสามารถเป็นตัวบ่งบอกสถานภาพการเจ็บป่วยได้อีกด้วย โดยมนุษย์มีอุณหภูมิร่างกายปกติ (Normal Body

Temperature) อยู่ที่ 37 องศาเซลเซียส หรือ 98.6 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิโดยศูนย์ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายที่สมองส่วนไฮโปรธาลามัส ที่ทำหน้าที่ควบคุมการระบายความร้อน อุณหภูมิร่างกายของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ อุณหภูมิแกน (Core Temperature) และอุณหภูมิที่ผิว (Surface Temperature) อุณหภูมิร่างกายจึงเป็นผลรวมของอุณหภูมิแกนและอุณหภูมิผิว ดังนี้

1.1 อุณหภูมิแกน (Core Temperature) คืออุณหภูมิบริเวณอวัยวะภายในร่างกายทั้งหมด เช่นอุณหภูมิบริเวณหัวใจ สมอง ไต ตับ ทางเดินอาหาร ฯลฯ เซลล์อวัยวะเหล่านี้จะมีอัตราการเผาผลาญอาหารค่อนข้างสูง มีอุณหภูมิกายค่อนข้างคงที่ เราสามารถจะวัดอุณหภูมิแกนได้ทางทวารหนัก (Rectal Temperature) และทางปาก (Oral Temperature)

1.2 อุณหภูมิที่ผิว (Surface Temperature) คือ อุณหภูมิบริเวณที่เป็นกล้ามเนื้อและผิวหนัง ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิภายนอก สามารถวัดได้ทางรักแร้ (Axillary Temperature) อุณหภูมิเปลือกจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิแกน ศูนย์กลางการควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ ไฮโปธาลามัส (Hypothalamus) ทำหน้าที่ควบคุมให้ร่างกายผลิตความร้อนและระบายความร้อนออกให้สมดุลกัน ร่างกายปกติจะมีอุณหภูมิกายประมาณ 36.4-37.4 °C

ในกรณีที่บุคคลไม่สามารถสร้างความร้อนได้ทันกับการสูญเสียความร้อนออกไป ก็จะทำให้มีอุณหภูมิร่างกายลดลง ทำให้เกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำ คือ ภาวะที่อุณหภูมิร่างกายต่ำกว่า 36 °C อุณหภูมิที่แสดงถึงสภาวะผิดปกติของร่างกายถ้าสูงเกิน 37.5 °C เรียกว่าไข้มีหลายระดับดังนี้

37.5–38.3°C เรียกว่า ไข้ต่ำ (Low Fever)

38.4–39.4°C เรียกว่า ไข้ปานกลาง (Moderate Fever)

39.5–40.5°C เรียกว่า ไข้สูง (High Fever)

สูงกว่า 40.5°C ขึ้นไป เรียกว่า ไข้สูงมาก (Very High Fever)

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

เมื่อศูนย์ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายในไฮโปธาลามัสตรวจสอบได้ว่า อุณหภูมิของร่างกายสูงหรือต่ำกว่าปกติ ก็จะมีการปรับตัวเพื่อให้อุณหภูมิกลับสู่ค่าปกติ ซึ่งได้แก่ กลไกการลดอุณหภูมิของร่างกายเมื่อร่างกายมีอุณหภูมิสูงเกินไป และกลไกการเพิ่มอุณหภูมิของร่างกายเมื่อร่างกายมีอุณหภูมิต่ำเกินไป ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ได้แก่

2.1 การเปลี่ยนแปลงในรอบวัน (Circadian Rhythm หรือ Diurnal Variation) ในช่วง 24 ชั่วโมงของวัน อุณหภูมิของร่างกายจะไม่คงที่แต่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยประมาณ 1-2 °C

2.2 การออกกำลังกาย ขณะออกกำลังกายพลังงานความร้อนจะถูกผลิตออกมาจากการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อ และมีการทำงานเพิ่มขึ้นของระบบอื่นๆ เช่น ระบบไหลเวียน ระบบหายใจมีผลทำให้ความร้อนสะสมในร่างกายมากขึ้น อุณหภูมิในร่างกายจึงสูงขึ้น

2.3 อายุอุณหภูมิกายของเด็กทารกแรกเกิดจะไม่คงที่ เนื่องจากศูนย์ควบคุมอุณหภูมิกายซึ่งอยู่ในสมองบริเวณ Hypothalamus ยังทำงานไม่ดีพอ การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมจึงมีผลต่อ

อุณหภูมิกายเด็ก ส่วนผู้สูงอายุเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังมีน้อย และมีการเปลี่ยนแปลงของหลอดเลือด ทำให้เลือดมาเลี้ยงผิวหนังลดลง ทำให้อุณหภูมิกายต่ำเสี่ยงต่อภาวะ Hypothermia ได้ง่าย

2.4 การเปลี่ยนแปลงของรอบเดือน (Menstruation Cycle) ในระยะที่ร่างกายมีประจำเดือน อุณหภูมิของร่างกายโดยเฉลี่ยจะต่ำสุด ต่อมาจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระยะ 14 วัน ถัดมาในวันที่มีการตกไข่ อุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้น เนื่องจากฤทธิ์ของ Progesterone ซึ่งเพิ่มประมาณ 0.3-0.5 °C

2.5 การติดเชื้อในร่างกาย เช่น แบคทีเรีย จะผลิตทอกซินและกระตุ้นให้ปล่อยสารไพโรเจนออกมา สารตัวนี้จะไปกระตุ้นให้เม็ดเลือดขาวปล่อยสารก่อไข้ คือ Endogenous Pyrogen ออกมากระตุ้นให้ไฮโปทาลามัสทำงานมากขึ้น ส่งผลให้ร่างกายมีอุณหภูมิกายสูง

3. การสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย

ชนกานต์ สกุลแถว (2556) ได้สรุปเกี่ยวกับการสูญเสียความร้อนซึ่งมีรายระเอียดดังนี้ ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่เรานามาใช้ประโยชน์ทั้งในชีวิตประจาวันและในการทำงานโดยความร้อนจัดเป็นอันตรายทางกายภาพที่สำคัญอย่างหนึ่งในสถานประกอบการ ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปจะพบว่าคนงานต้องประสบปัญหาความร้อนจากอุณหภูมิของกระบวนการผลิต หรือเครื่องจักรต่าง ๆ ปกติความร้อนสามารถถ่ายเทระหว่างคน และสิ่งแวดล้อมในรูปของการนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การขจัดความร้อนออกจากร่างกาย 97% จะถูกขจัดออกทางผิวหนัง (ภาพที่ 6.2) โดยวิธีการการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การพาความร้อน (Convection) การนำความร้อน (Conduction) และการระเหย (Evaporation) มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) เป็นการสูญเสยีความร้อนออกจากร่างกายในรูปของคลื่นรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกไปทุกทิศทุกทางโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ร่างกายจะระบายหรือสูญเสียความร้อนด้วยวิธีนี้ 60 % ของปริมาณความร้อนที่ถกูขจัดออกไปทั้งหมด หากกางแขน กางนิ้วมือจะเพิ่มความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนขึ้นอีก 10%

3.2 การพาความร้อน (Convection) ร่างกายจะสูญเสยีความร้อนโดยวิธีนี้ประมาณ 12% โดยอาศัยการเคลื่อนย้ายถ่ายเทของอากาศที่อยู่ล้อมรอบเป็นตัวช่วยพาความร้อนออกจากร่างกาย

3.3 การนำความร้อน (Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากผิวหนังของร่างกายเมื่อสัมผัสกับเบาะนั่ง เก้าอี้ เตียงนอน พื้นห้อง แล้วถ่ายเทความร้อนจากร่างกายสู่วัตถุเหล่านี้ ร่างกายจะสูญเสียความร้อนด้วยวิธีนี้ประมาณ 3%

3.4 การระเหย (Evaporation) เป็นการสูญเสียความร้อนโดยกลไกของร่างกายทำให้น้ำที่ผิวหนัง เยื่อบุผิวในปาก ภายในช่องปาก และทางเดินหายใจส่วนต้น (หลอดลม) ระเหยกลายเป็นไอตลอดเวลาโดยไม่รู้ตัว จะสูญเสียความร้อนด้วยวิธีนี้ประมาณ 22%

นอกจากร่างกายจะระบายความร้อนส่วนใหญ่ออกทางผิวหนังแล้ว ความร้อนบางส่วนจะถูกขจัดออกทางระบบหายใจซึ่งเกิดขึ้นประมาณ 2% และอีก 1% จะถูกขจัดออกมากับปัสสาวะและอุจจาระ

ภาพที่ 6.2 การขจัดความร้อนออกจากร่างกาย
ที่มา: ภาควิชาสรรีวิทยา, (2555, น.282)

กลไกการเกิดความร้อนภายในร่างกาย ซึ่งโดยปกติแล้วร่างกายจะมีการสร้างความร้อนขึ้นมาให้มากกว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม โดยมีกลไกที่ทำงาน ประกอบด้วย กลไกของร่างกาย (Physiological Mechanisms) Metabolism การเผาผลาญสารอาหารในร่างกาย เช่น สารอาหารโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เพื่อให้เกิดพลังงาน และเป็นการสร้างเซลล์ใหม่ หรือซ่อมแซมเซลล์ที่สึกหรอ Basal Metabolic Rate (BMR) เป็นอัตราการใช้พลังงานของร่างกายเพื่อดำรงกิจกรรมที่จำเป็น เช่น การหายใจ (Breathing) Muscular Activity จะเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อ รวมทั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ Shivering การสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย ด้วยการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การพาความร้อน (Convection) การนำความร้อน (Conduction) และการระเหย (Evaporation)

การเจ็บป่วยและผลกระทบต่อสุขภาพจากความร้อนในการทำงาน

การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย โดยการขับเหงื่อออกจากร่างกายเพื่อต้องการลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับความร้อนมากเกินไป เมื่ออากาศร้อนอัตราการขับเหงื่อจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า (1.5–4.0 ลิตรต่อชั่วโมง) คนที่อาศัยในเขตร้อนจะมีต่อมเหงื่อใต้ผิวหนังเป็นจำนวนมาก การขับเหงื่อออกจากร่างกายนอกจากจะเป็นการระบายความร้อนแล้ว ในขณะเดียวกันร่างกายก็จะสูญเสียน้ำ สารยูเรีย กรดแลคติค และแร่ธาตุที่สำคัญบางชนิดออกไปด้วยเช่น โซเดียม โปแตสเซียม และคลอไรด์ เป็นต้น ความผิดปกติที่เกิดจากการมีอุณหภูมิสูง เมื่ออุณหภูมิของร่างกายสูงกว่า 41°C จะด้วยสาเหตุใดก็ตาม เซลล์ประสาทบางส่วนในระบบประสาทส่วนกลางจะถูกทำลายอย่างถาวร และถ้ายังได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น

อีกศูนย์ควบคุมอุณหภูมิที่อยู่ในสมองจะเสียไปไม่สามารถระบายความร้อนออก จะทำให้เกิดความรู้สึกมึนงงและอาจเกิดอาการชักอย่างรุนแรงได้ (Severe Convulsion) ซึ่งอาจช่วยลดอุณหภูมิโดยการเช็คตัวด้วยน้ำผสมแอลกอฮอล์ เพื่อช่วยระบายความร้อนออกจากร่างกาย ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 45°C ซึ่งเป็นขีดสูงสุดที่คนจะทนอยู่ได้ ถ้าไม่ได้ช่วยลดความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ เซลล์ทั่วไปจะถูกทำลายและอาจถึงแก่ชีวิตได้ ในภาวะที่ร่างกายต้องสัมผัสกับความร้อนเป็นระยะเวลานานอาจพบอาการต่างๆ ได้แก่ การมีไข้ (Fever หรือ Pyrexia) เป็นสภาวะที่ร่างกายมีอุณหภูมิสูงกว่า 37.5°C อาจเกิดขึ้นจากการที่อยู่ในอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน มีความผิดปกติภายในเนื้อสมอง เช่น การมีเนื้องอก การผ่าตัดสมองหรือร่างกายขาดน้ำ หรือเกิดจากสารพิษไปรบกวนการทำงานของศูนย์ควบคุมอุณหภูมิในสมอง แต่โดยทั่วไปมักเกิดอาการนี้จากการติดเชื้อต่างๆ นอกจากนี้ ไข้อาจเกิดจากการได้รับยาหรือสารเคมีบางอย่างเป็นต้น

1. โรคและอาการเจ็บป่วยจากความร้อน

การเผชิญกับสภาพอากาศร้อนโดยเฉพาะเมื่อดัชนีระดับความร้อนของมวลกายสูงเกินอุณหภูมิของร่างกายปกติ (มากกว่า 37 องศาเซลเซียส) สามารถก่อให้เกิดการเจ็บป่วยได้ โดยเฉพาะในเด็กและผู้สูงอายุ รวมทั้งผู้ทำงานที่ต้องมีการออกกำลังหรือเล่นกีฬา ซึ่งไม่ได้มีการเตรียมสภาพร่างกายให้พร้อมที่จะเผชิญสภาพอากาศร้อน ความร้อนก่อให้เกิดการเจ็บป่วยซึ่งมีความรุนแรงตั้งแต่น้อยไปถึงมากจนกระทั่งเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ ดังต่อไปนี้

1.1 โรคตะคริวแดด (Heat Cramps) เกิดจากร่างกายได้รับความร้อนมากเกินไป จะสูญเสียน้ำและเกลือแร่ไปกับเหงื่อ ทำให้เกิดการเสียสมดุลของเกลือแร่ ระบบไหลเวียนเกิดความผิดปกติ กล้ามเนื้อจึงเสียการควบคุมเกิดการบีบตัว เป็นตะคริว กล้ามเนื้อเกร็งปริมาณเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อน้อย การเจ็บปวดมักจะเป็นเรื้อรังในบริเวณกล้ามเนื้อที่มีการใช้งานมากมีอาการปวดเกร็งบริเวณกล้ามเนื้อน่อง หรืออาจมีอาการที่ต้นขาและไหล่ได้ มักเกิดในผู้ที่เสียเหงื่อเป็นปริมาณมาก และได้รับการทดแทนด้วยน้ำเปล่า หรือเครื่องดื่มที่ไม่มีเกลือแร่ อาการดังกล่าวนี้สามารถแก้ไขได้โดยการออกจากแหล่งความร้อน นอนพักในร่ม และให้เครื่องดื่มเกลือแร่ทดแทน

1.2 โรคอุณหพาต หรือโรคลมเหตุร้อน (Heat Stroke) เกิดจากการที่ร่างกายได้รับความร้อนมากจนกระทั่งประสาทส่วนที่ควบคุมระดับความร้อนในร่างกายเสียหน้าที่ไป ทำให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้นอย่างรวดเร็วมีอาการแสดงที่สำคัญได้แก่ อุณหภูมิร่างกายสูงเกิน 40.5 องศาเซลเซียส การทำงานของระบบประสาทกลางเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะ ความรู้สึกตัวผิดปกติ เช่น ซึมลง พฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไป และไม่มีเหงื่อออกตามร่างกาย ภาวะดังกล่าวนี้เป็นภาวะที่มีความรุนแรงมาก สามารถทำให้เสียชีวิต หรือมีความพิการทางสมองได้ เมื่อพบผู้ที่มีอาการดังกล่าว การรักษาพยาบาลเบื้องต้น ได้แก่ การรีบพาออกจากแหล่งความร้อนโดยเร็วที่สุดถอดเสื้อผ้า และพยายามลดอุณหภูมิร่างกาย โดยใช้น้ำพ่นให้ทั่วร่างกายและเป่าด้วยพัดลม ก่อนและระหว่างนำส่งโรงพยาบาล

1.3 โรคลมแดด (Heat Syncope) มีอาการหน้ามืด เป็นลม หมดสติ มักเกิดกับผู้ที่ไม่เคยชินกับสภาพความร้อน ในช่วงแรกของการสัมผัสความร้อน แก้ไขโดยการออกจากแหล่งความร้อนทดแทนสารน้ำ และนอนพักผ่อน

1.4 โรคเพลียแดด (Heat Exhaustion) มีอาการอ่อนเพลียวิงเวียนมึนงงปวดศีรษะคลื่นไส้อาเจียนปวดกล้ามเนื้อ ชีพจรเต้นอ่อนลง ตัวซีด แต่ยังรู้สึกตัวตามปกติ เกิดจากการขาดสารน้ำและเกลือแร่อย่างรุนแรง ภาวะดังกล่าวนี้สามารถให้การรักษาด้วยการออกจากแหล่งความร้อนนอนพักและให้สารน้ำทดแทนทั้งโดยการดื่มและการให้ทางหลอดเลือดดำ

1.5 โรคผื่นร้อน (Prickly Heat) เกิดจากความผิดปกติของระบบต่อมเหงื่อทำให้ผื่นขึ้น เมื่อมีอาการคันอาจมีอาการคันอย่างรุนแรงเพราะต่อมขับเหงื่ออุดตันซึ่งเกิดจากการอุดตันของต่อมเหงื่อจากเศษขี้ไคล ทำให้ต่อมเหงื่อขยายตัวภายใต้แรงดัน จนกระทั่งแตกในที่สุด ทำให้เกิดตุ่มแดงที่ผิวหนัง มักมีอาการคัน ซึ่งสามารถบรรเทาได้ด้วยยาแอนติฮิสตามีน (เช่น คลอเฟนิรามีน) แต่การใช้แป้งฝุ่นหรือแป้งโรยตัวเด็กมักไม่ได้ผลนัก เราสามารถป้องกันการเกิดผดได้ด้วยการสวมเสื้อผ้าที่สะอาด เบา และหลวม รวมทั้งหลีกเลี่ยงสภาวะที่ทำให้เกิดเหงื่อจำนวนมาก

1.6 โรคประสาทเนื่องจากความร้อน (Heat Neurosis) เกิดจากการสัมผัสความร้อนสูงจัดเป็นเวลานาน ทำให้เกิดอาการวิตกกังวล ไม่มีสมาธิในการทำงาน ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงผลทำให้นอนไม่หลับ และมักเป็นต้นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงาน

1.7 ปัญหาทางด้านความปลอดภัยเกิดความเหนื่อยล้า มึนศีรษะ ทำให้ประสิทธิภาพและสมาธิในการทำงานลดลง เกิดเหงื่อที่ผิวหนังอาจทำให้เกิดการลื่น แว่นตานิรภัยเกิดฝ้าลดทัศนวิสัยในการมองเห็น

1.8 การบวมจากความร้อนหรือการบวมแดด (Heat Edema) เกิดจากการขยายตัวของหลอดเลือดบริเวณผิวหนังและมีสารน้ำคั่งในช่องว่างระหว่างเซลล์ในบริเวณแขนขาและยังพบว่าร่างกายมีการหลั่งฮอร์โมน Aldosterone และ Antidiuretic Hormone (ADH) เพิ่มขึ้นด้วยผู้ที่มีความเสี่ยง ได้แก่ ผู้ที่ไม่เคยชินกับอากาศร้อนและผู้ที่เคยชินกับอากาศเย็นเช่นนั่งทำงานในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศนานบ่อยๆ มีอาการบวมหรือรู้สึกตึงบริเวณมือและเท้า ซึ่งมักเกิดภายใน 1-2 วันแรกของการสัมผัสความร้อน มักไม่มีอาการบวมลุกลามไปยังบริเวณอื่น (เช่น หน้าแข้งข้อเท้า หรือ เปลือกตา) อาการบวมดังกล่าวนี้สามารถหายไปได้เองภายใน 1-2 วัน

การวัดอุณหภูมิของร่างกาย หากผู้ป่วยรู้สึกตัวดีให้วัดโดยอมปรอทใต้ลิ้น หากไม่รู้สึกตัวให้วัดทางทวารหนัก (การวัดอุณหภูมิที่รักแร้หรือขาหนีบ อาจให้ค่าที่ผิดพลาดได้) หากอุณหภูมิร่างกายสูงเกิน 38.5 องศาเซลเซียส ให้รีบนำส่งสถานพยาบาลโดยเร่งด่วน ห้ามให้ยาแอสไพรินลดไข้แก่ผู้ป่วยเพราะจะทำให้เลือดออกง่าย กรณีที่อุณหภูมิสูงเกิน 39 องศาเซลเซียส ต้องรีบลดอุณหภูมิทันที โดยถอดเสื้อผ้า พรมน้ำเป็นละอองฝอยไปที่ผู้ป่วยโดยอาจใช้กระบอกหรือขวดพรมน้ำสำหรับรีดผ้า ใช้พัดลมหลายๆ ตัวเป่าไปที่ตัวผู้ป่วยเพื่อช่วยให้น้ำระเหย และระบายความร้อน แล้วรีบนำส่งสถานพยาบาลโดยเร่งด่วน พร้อมกับ

ช่วยลดความร้อนขณะนำส่ง (การใช้น้ำแข็งประคบ การราดด้วยน้ำเย็น หรือการห่มคลุมด้วยน้ำเปียก ไม่ใช่วิธีที่ถูกต้อง)

2. การป้องกันโรคและการเจ็บป่วยจากความร้อน

โรคและการเจ็บป่วยจากความร้อนสามารถป้องกันได้ด้วยการจัดเตรียมความพร้อมของตัวเอง ตลอดจนการตะหนักถึงปัญหาการเจ็บป่วยและสูญเสียชีวิตในระหว่างการทำงานมีคำแนะนำและหลักปฏิบัติดังนี้

2.1 เตรียมสภาพร่างกายให้พร้อมที่จะเผชิญสภาพอากาศร้อน โดยการออกกำลังกายกลางแจ้งอย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยสัปดาห์ละ 3 ครั้งๆ ละอย่างน้อย 30 นาที

2.2 ดื่มน้ำ 1-2 แก้ว (ประมาณ 300 มล.) ก่อนออกจากบ้านในวันที่มีอากาศร้อนจัด และหากต้องอยู่ท่ามกลางสภาพอากาศร้อน ควรดื่มน้ำให้ได้ชั่วโมงละประมาณ 1 ลิตร (4-6 แก้วต่อชั่วโมง) แม้ไม่รู้สึกกระหายน้ำก็ตาม

2.3 สวมใส่เสื้อผ้าที่มีสีอ่อน ไม่หนา น้ำหนักเบา และสามารถระบายความร้อนได้ดีผ้าที่ระบายอากาศได้ดี (ผ้าฝ้าย 100%)

2.4 หลีกเลี่ยงการอยู่กลางแดดในวันที่อากาศร้อนจัดโดยที่ไม่มีสิ่งปิดบังแสงแดดเฉพาะช่วงเวลา 10.00-16.00 น.

2.5 หลีกเลี่ยงเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ และยาเสพติดทุกชนิดจำกัดหรืองดดื่มเครื่องดื่มกาเฟอีน เพราะเครื่องดื่มเหล่านี้เพิ่มการขับน้ำทางปัสสาวะร่างกายจึงเสียน้ำและเกลือแร่มากขึ้น

2.6 อย่าเพิกเฉยต่อความรู้สึกร้อน หรือเหนื่อยเกินไป โดยการเข้าพักในที่ร่ม อากาศเย็น ถ่ายเทได้ดี ดื่มน้ำมากๆ โดยเฉพาะน้ำเย็น และถ้าอาการไม่ดีขึ้นหรืออาการเลวลงควรรีบไปโรงพยาบาลทันที

2.7 สถานประกอบการ จัดตั้งที่ปฐมพยาบาล พร้อมอุปกรณ์และเวชภัณฑ์สำหรับการปฐมพยาบาลเบื้องต้น เทอร์โมมิเตอร์ วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์และรถพยาบาลส่งป่วยให้มีความพร้อมต่อการปฏิบัติงาน และประสานแผนการส่งต่อผู้ป่วยกับโรงพยาบาลในพื้นที่

เมื่อร่างกายได้รับความร้อนหรือสร้างความร้อนขึ้น ร่างกายจึงต้องถ่ายเทความร้อนออกไป เพื่อรักษาสมดุลของอุณหภูมิร่างกาย ซึ่งปกติอยู่ที่ 98.6 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 37 องศาเซลเซียส ถ้าร่างกายไม่สามารถรักษาสมดุลของระบบควบคุมความร้อนได้จะเกิดความผิดปกติและเจ็บป่วย การเจ็บป่วยจากความร้อน (Heat Injury) มักเกิดขึ้นในห้วงฤดูร้อน (กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม) ปัจจัยที่ส่งเสริมการเจ็บป่วยได้แก่ ความไม่เคยชินต่อสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศร้อนจัด ไม่มีลมพัดและความชื้นของอากาศสูง การใส่เสื้อผ้าหนาและปกปิดร่างกายมิดชิดเกินไป การเจ็บป่วย การออกกำลังกายหรือฝึกหนักเกินไป การปฏิบัติงานกลางแจ้งต่อเนื่องเป็นเวลานาน การได้รับน้ำไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย รับประทานอาหารมากเกินไป การดื่มสุราก่อนออกกำลัง การได้รับยาขับปัสสาวะ ยาที่ยับยั้งการหลั่งเหงื่อ ในรายที่อาการรุนแรงที่เรียกว่าโรคลมร้อน (Heat Stroke) อาจเสียชีวิตหรือพิการได้ ร่างกายสามารถปรับตัวกับสภาพอุณห๓ที่เปลี่ยนแปลงได้ โดยการเตรียมตัวเตรียมความพร้อม

ของตัวเอง ตลอดจนการตะหนักถึงปัญหาการเจ็บป่วยและสูญเสียชีวิตในระหว่างการทำงานมีคำแนะนำและหลักปฏิบัติ อาทิ เตรียมสภาพร่างกายให้พร้อมที่จะเผชิญสภาพอากาศร้อน การใส่เสื้อผ้าที่ระบายความร้อนได้ดี

การตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อนในที่ทำงาน

ค่า WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) เป็นค่าดัชนีของอุณหภูมิหลายตัวประกอบกันขึ้นจากอุณหภูมิ ความชื้นและการแผ่รังสีความร้อนสู่ร่างกายมนุษย์ ค่าดัชนีใช้โดยนักอาชีวอนามัย เพื่อประเมินอันตรายจากการอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงของผู้ปฏิบัติงานซึ่งดัชนี WBGT นี้เป็นดัชนีที่สามารถใช้ได้สะดวกและรวดเร็ว ไม่ต้องอาศัยความชำนาญมากนัก จึงเป็นนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางและ ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ได้แนะนำการตรวจวัดความร้อนโดยวิธีนี้

ความชื้นสัมพัทธ์ Relative Humidity (%) ค่าดัชนีหมายถึงอัตราส่วนของปริมาณไอน้ำในอากาศที่วัดได้ ณ อุณหภูมิอากาศ เทียบกับค่าสูงสุดที่อากาศสามารถอุ้มไอน้ำไว้ได้โดยไม่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ณ อุณหภูมิเดียวกัน (ค่าดัชนีท่ากับ 100%) เซนเซอร์ที่นิยมใช้วัดความชื้นกันมักเป็นตัวต้านทานไฟฟ้าหรือไม่ก็ตัวเก็บประจุ สำหรับ Metrel ใช้เซนเซอร์แบบตัวเก็บประจุที่เปลี่ยนค่าไปตามความชื้นเพื่อผลการวัดที่แม่นยำเครื่องวัดจะป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับค่าต่างๆ ผ่านเซนเซอร์ที่เปิดออกสัมผัสอากาศ ค่าของตัวเก็บประจุที่ขึ้นกับความชื้นอากาศจะทำให้สัญญาณไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง และเครื่องวัดแสดงค่าผลการวัดออกมาได้

อุณหภูมิไอน้ำกลั่นตัว Dew Point (°C) หมายถึงค่าอุณหภูมิอากาศที่ทำให้เกิดการอิ่มตัวไม่สามารถอุ้มไอน้ำไว้ได้อีกเมื่อคงที่ค่าความดันและความชื้นไว้ หากเราเก็บตัวอย่างอากาศไว้ในภาชนะปิดซึ่งอากาศนั้นมีส่วนประกอบหนึ่งเป็นไอน้ำ แล้วทำการลดอุณหภูมิของอากาศในภาชนะนั้นลงเรื่อยๆ โดยคงที่ค่าความดันไว้ เมื่อถึงอุณหภูมิหนึ่งที่เริ่มเห็นฝ้า (หรือไอน้ำในอากาศกลั่นตัว) อุณหภูมิค่านั้นก็คือ Dew Point Temperature ในส่วนของเทคนิคเครื่องวัดแล้ว ค่านี้เป็นผลของการคำนวณจากค่า Air Temperature และ %RH ดังนั้น เพื่อให้ค่า Dew Point มีความแม่นยำควรให้เครื่องวัดใช้เวลาในการวัด Air Temperature และ %RH ให้นาน

อุณหภูมิกระเปาะเปียก Natural Wet Bulb Temp (°C) หมายถึงค่าอุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทแก้วที่ถูกพันกระเปาะปรอทไว้ด้วยผ้าหรือสำลีชุบน้ำ ซึ่งอุณหภูมินี้โดยทั่วไปจะต้องต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเสมอ ยกเว้นกรณีเดียวคืออากาศนั้นมีความชื้นสูงจนอิ่มตัว (100% RH) ค่าอุณหภูมิทั้งสองนี้จึงจะเท่ากัน เนื่องจากน้ำที่ผ้าหรือสำลีไม่สามารถระเหยออกไปได้ในสถานการณ์ปกติที่อากาศมีปริมาณความชื้นไม่อิ่มตัวนั้น สำลีหรือผ้าชุ่มน้ำจะเย็นลงเนื่องจากการระเหยออกไปของน้ำ ยิ่งอากาศแห้งมากการระเหยก็รุนแรงมาก อุณหภูมิของกระเปาะก็เย็นลงได้มากเช่นกัน

อุณหภูมิโกลบ Black Globe Radiant Temperature (°C) คือ ค่าความร้อนที่ร่างกายรับมาจากการแผ่รังสีความร้อนของแสงแดดหรือวัตถุร้อนที่อยู่ใกล้เคียง ยกตัวอย่าง เช่น ขณะดวงอาทิตย์ตกดินฟ้าเริ่มมืด มนุษย์จะรู้สึกว่าเย็นลงแม้ว่าอุณหภูมิอากาศจะไม่เปลี่ยนก็ตาม

1. การเตรียมการก่อนการตรวจวัด

การสำรวจเพื่อเลือกจุดที่จะทำการตรวจวัด ควรเลือกตรวจวัดในบริเวณทำงานและเป็นบริเวณที่มีความร้อนสูงกว่าที่อื่นเพื่อจะได้ค่าที่แท้จริง ในการตรวจวัดคนงานไม่ควรอยู่ตรงบริเวณนี้ เพราะจะมีการแผ่รังสีความร้อนออกจากร่างกายและมีผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยการวางแผนซึ่งมีแนวปฏิบัติ ดังนี้

1.1 ทันทีที่คนงานออกจากบริเวณนั้น ให้รีบนำเครื่องมือเข้าไปติดตั้ง วิธีนี้จะไม่ค่อยดี หากมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมอย่างรวดเร็ว

1.2 ในกรณีที่คนงานทำงานในบริเวณนั้นเป็นเวลานาน ควรตรวจวัดเป็นระยะๆ เช่น ชั่วโมงละครั้งหรือทุกครึ่งชั่วโมง หรือในบริเวณที่คนงานเข้าไปทำงานเพียง 2-3 นาที/ครั้งควรตรวจวัด 2-3 ครั้งต่อการทำงาน 1 ครั้ง

1.3 ในกรณีที่คนงานต้องเคลื่อนที่ไปในบริเวณกว้าง และมีความร้อนแตกต่างกันหลายบริเวณให้ประมาณเอาจากบริเวณต่างๆ

2. ความเค้นทางความร้อนและความเครียดจากความร้อน

ความเค้นทางความร้อน (Heat Stress) หรือสภาพปัญหาความร้อนเป็นภาวะความร้อนสุทธิที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับจากความร้อนจากแหล่งต่างๆ ได้แก่

2.1 ความร้อนทางกายซึ่งเกิดจากการเผาผลาญอาหาร (Metabolic Heat)

2.2 ความร้อนจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Environmental Factors) เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความร้อนจากการแผ่รังสีเป็นต้น

2.3 การสวมใส่เสื้อผ้า อาจกล่าวได้ว่า ความเค้นทางความร้อน (Heat Stress) หมายถึง การรวมปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมและปัจจัยทางกายที่จะทำให้เกิดความร้อนที่อาจเป็นอันตรายต่อร่างกาย โดยความเค้นทางความร้อนเล็กน้อยหรือปานกลางอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานรู้สึกไม่สบาย ส่งผลต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงาน แต่หากความเค้นทางความร้อนเกินกว่าขีดจำกัดที่มนุษย์จะทนได้ ความเสี่ยงต่อความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับความร้อนจะเพิ่มขึ้น ขณะที่ความเครียดจากความร้อน (heat strain) เป็นผลที่เกิดขึ้นจากความพยายามของร่างกายในการควบคุมอุณหภูมิโดยการระบายความร้อนอาจนำไปสู่ความรู้สึกไม่สบายกาย หรือเจ็บป่วย เช่นเหนื่อยล้า ตะคริว โรคลมแดด หรือแม้แต่ถึงแก่ชีวิตได้ถ้าไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิแกนกลางได้

3. การตรวจวัดความร้อน

ดัชนีบ่งชี้สภาพความร้อนถูกใช้ในการประเมินสภาพความร้อนในสิ่งแวดล้อมการทำงานและทำนายผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อร่างกาย เพื่อลดความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน สมการสมดุล

ความร้อนเป็นหลักพื้นฐานในการคิดค้นดัชนีบ่งชี้สภาพความร้อน ซึ่งแบ่งได้ 4 ประเภทตามหลักการและที่มา คือ

3.1 ดัชนีตรง (Direct Indices) เช่น อุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิกระเปาะเปียก

3.2 ดัชนีจากหลักการหรือเหตุผล (Rational Indices) เช่น Hsi (Heat Stress Index)

3.3 ดัชนีจากการทดลองและสังเกต (Empiricalindices) เช่น Et (Effective Temperature) และ WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)

3.4 ดัชนีทางสรีรวิทยา (Physiological Monitoring) เช่น อัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานและเมื่อฟื้นตัว (Work and Recovery Heart Rate) และอุณหภูมิร่างกาย

ดัชนีบ่งชี้สภาพความร้อนตามกฎหมาย คือ ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Temperature Index) หรือ “WBGT” โดยกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการและดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559 ได้ให้คำนิยาม “ระดับความร้อน” หมายถึง อุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบในบริเวณที่ลูกจ้างทำงาน ตรวจวัดโดยค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาสองชั่วโมงที่มีอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบสูงสุดของการทำงานปกติ WBGT เป็นดัชนีวัดสภาพความร้อนในสิ่งแวดล้อการทำงาน (หน่วยองศาเซลเซียส: °C) ซึ่งได้นำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความร้อนที่สะสมในร่างกายมาพิจารณา ได้แก่ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายขณะทำงาน ความร้อนจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน ซึ่งถูกถ่ายเทมายังร่างกายได้ 3 วิธี คือ การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน

อุปกรณ์และเครื่องมือในการตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อน

การตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อนในสถานประกอบการ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การใช้อุปกรณ์ตรวจวัดจากเทอร์โมมิเตอร์ แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า WBGT ส่วนอีกวิธีคือการใช้เครื่องมือชนิดอ่านค่า WBGT ออกมาได้โดยตรง ทั้งสองวิธีเมื่อได้ค่า WBGT ออกมาได้แล้ว จะต้องนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน โดยต้องนำลักษณะการปฏิบัติงานของคนงานมาประกอบการพิจารณาด้วย อุปกรณ์และเครื่องมือในการตรวจวัดรายละเอียด ดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด

การใช้อุปกรณ์ตรวจวัดจากเทอร์โมมิเตอร์ จะประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ 3 ตัว เป็นตัวแทนองค์ประกอบของอุณหภูมิที่ต่างกัน (ภาพที่ 6.3)

1.1 เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง (Dry–Bulb Thermometer) ประกอบด้วย เทอร์โมมิเตอร์ที่บรรจุด้วยปรอท ที่มีสเกลอ่านละเอียดได้อย่างน้อย 0.5 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการสอบเทียบความถูกต้องและได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้ และเลือกช่วงของอุณหภูมิที่วัดได้ให้เหมาะสมกับ

อุณหภูมิที่จะใช้งาน ควรอยู่ในช่วง –5 องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส และมีความแม่นยำ ±0.5 องศาเซลเซียส

1.2 เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก (Natural–Wet–Bulb Thermometer) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดที่เป็นแบบ Liquid-In-Glass แบบจุ่มบางส่วน (Partial Immersion) ที่มีการปรับเทียบมาตรฐานและวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -5องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส และมีความแม่นยำ $\pm$ 0.5 องศาเซลเซียส ใช้ผ้าก๊อซที่เปียกชื้นหุ้มกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ไว้ การวัดค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่แม่นยำต้องใช้ผ้าที่สะอาด น้ำกลั่น และมีการปิดบังการแผ่รังสีความร้อน

1.3 โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) สำหรับวัดการแผ่รังสีความร้อนจากการทำงาน ประกอบด้วยลูกทองแดงทรงกลมกลวง เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ด้านนอกทาสีดำด้านเพื่อดูดซึมรังสีอินฟาเรด มีเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทที่มีการปรับเทียบมาตรฐานและวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -5องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส และมีความแม่นยำ $\pm$ 0.5 องศาเซลเซียสเสียบอยู่โดยให้ปลายกระเปาะอยู่ตรงศูนย์กลางของทรงกลม (ภาพที่ 6.6)

1.4 ขวดรูปชมพู่ใส่น้ำกลั่น พันผ้าก๊อซไว้ตรงส่วนปลายเทอร์โมมิเตอร์ สำหรับติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก (ภาพที่ 6.4-6.5)

1.5 เครื่องวัดการเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงานสำหรับกิจกรรมต่างๆ มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ต่อนาทีหรือกิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง (ภาพที่ 6.7)

1.6 ขาตั้ง (Tripod) สำหรับติดตั้งและยึดอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน (ภาพที่ 6.8)

ภาพที่ 6.3 เทอร์โมมิเตอร์ 3 ตัว แทนองค์ประกอบของอุณหภูมิที่ต่างกัน

ที่มา: ห้องปฏิบัติการ 4257, (2560)

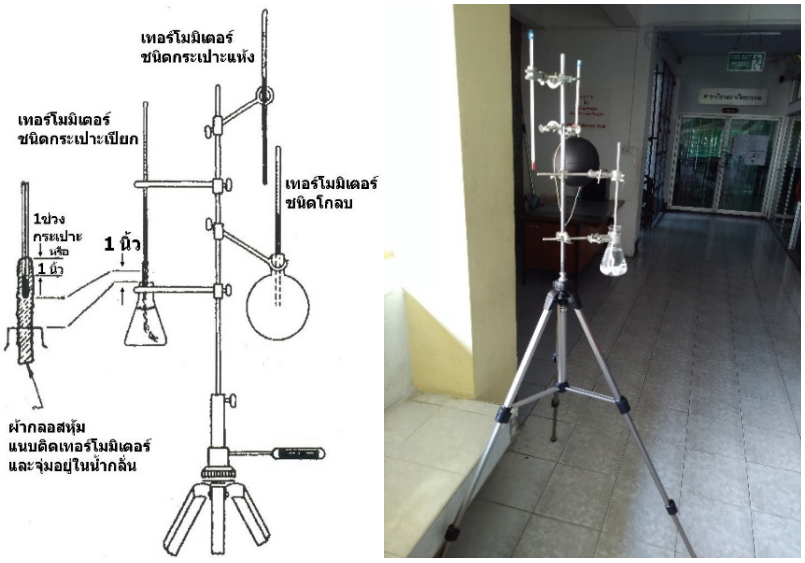
ภาพที่ 6.4 ผ้าก๊อซ
ที่มา: ห้องปฏิบัติการ 4257, (2560)

ภาพที่ 6.5 ขวดรูปชมพู่
ที่มา: ห้องปฏิบัติการ 4257, (2560)

ภาพที่ 6.6 โกลบ (Globe)
ที่มา: ห้องปฏิบัติการ 4257, (2560)

ภาพที่ 6.7 เครื่องวัดการเผาผลาญพลังงาน

ที่มา: นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีความปลอดภัยและอาชีวอนามัย, (2560)



ภาพที่ 6.8 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ในการวัดค่าดัชนีระดับความร้อน

ที่มา: นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีความปลอดภัยและอาชีวอนามัย, (2560)

ภาพที่ 6.9 การติดตั้งและตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อน
ที่มา: นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีความปลอดภัยและอาชีวอนามัย, (2560)

2. เครื่องมือตรวจวัดชนิดอ่านค่าได้โดยตรง

เครื่องมือตรวจวัดระดับความร้อนชนิดอ่านค่าและคำนวณค่า WBGT ได้โดยตรง ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO 7243 หรือ DIN EN 27243 ปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องตรวจวัดระดับความร้อน WBGT ด้วยอุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้อง (Calibration Verification Module) โดยเครื่องมือในการสอบเทียบระดับมาตรฐานการใช้งานนั้นต้องผ่านการสอบเทียบกับเครื่องมือสอบเทียบระดับมาตรฐานปฐมภูมิหรือมาตรฐานทุติยภูมิอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง การใช้งานจะติดตั้งบนขาตั้ง (Tripod) เครื่องมือตรวจวัดได้โดยตรง การติดตั้งต้องติดตั้งให้สูงจากพื้นในระดับ 120-150 เซนติเมตร (ควรมีการถ่วงน้ำหนักป้องกันการล้มเนื่องจากเครื่องมือมีน้ำหนักเบา) (ภาพที่ 6.10-6.11)

ภาพที่ 6.10 เครื่องวัดความร้อนชนิดอ่านค่าได้โดยตรง
ที่มา: ห้องปฏิบัติการ 4257, (2560)

ภาพที่ 6.11 การติดตั้งและตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อนชนิดอ่านค่าโดยตรง
ที่มา: นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีความปลอดภัยและอาชีวอนามัย, (2560)

การตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อนทำได้ 2 วิธี คือ การใช้อุปกรณ์ตรวจวัดจากเทอร์โมมิเตอร์ จะประกอบด้วย เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก โกลบเทอร์โมมิเตอร์ แล้วนำ

ค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า WBGT ส่วนอีกวิธีคือการใช้เครื่องมือชนิดอ่านค่า WBGT วิธีนี้จะได้ค่าออกมาได้โดยตรง ทั้งสองวิธีจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์สำหรับการติดตั้งให้เทอร์โมมิเตอร์ 3 ตัว หรือเครื่องวัดอยู่ในระดับ 120-150 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถประเมิณค่าความร้อนออกมาได้อย่างแม่นยำกับสภาพแวดล้อมที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับจากการทำงานที่แท้จริง

เทคนิคการตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อน

ตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน ภายในสถานประกอบกิจการ ระยะเวลา และประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ ได้กำหนดให้

ข้อ 3 นายจ้างจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับความร้อน ภายในสถานประกอบกิจการในสภาวะที่เป็นจริงของสภาพการทำงาน อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง กรณีที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักร อุปกรณ์ กระบวนการผลิต วิธีการทำงาน หรอการดำเนินการใดๆ ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความร้อน การดำเนินการใดๆ ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความร้อน ให้นายจ้างดำเนินการจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานฯ เพิ่มเติมภายใน 90 วันนับจากวันที่มีการปรับปรุงหรอเปลี่ยนแปลง

ข้อ 4 ให้ตรวจวัดระดับความร้อน บริเวณที่มีลูกจ้างปฏิบัติงานอยู่ในสภาพการทำงานปกติและต้องตรวจวัดในช่วงเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดของการทำงานในปีนั้น

การตรวจวัดความร้อน โดยใช้ Thermal Sensors ในวัสดุที่เป็นของแข็งแต่ละอะตอมหรือแต่ละโมเลกุลจะยึดเกาะหรือมีพันธะต่อกันอย่างแข็งแรง ภาวะดังกล่าวนี้เรียกว่า “ตำแหน่งสมดุล” (Equilibrium Position) อย่างไรก็ตามแต่ละอะตอมยังคงสามารถสั่นสะเทือนรอบตำแหน่งที่มันตั้งอยู่ได้ แต่ถ้าของแข็งที่ไม่มีการสั่นสะเทือนของโมเลกุล แสดงว่าพลังงานความร้อนภายในอะตอมเป็นศูนย์หรือ $W_{TH} = 0$ ตอนนี้หากเพิ่มพลังงานให้กับวัตถุดังกล่าวจะทำให้โมเลกุลเกิดการสั่นสะเทือนรอบๆ ตำแหน่งสมดุล จึงกล่าวได้ว่าขณะนี้มีพลังงานความร้อนเกิดขึ้นหรือ $W_{TH} > 0$ หากเพิ่มพลังงานเข้าไปในวัตถุนี้อีก การสั่นสะเทือนจะเพิ่มมากขึ้น สุดท้ายสภาวะในการยึดเกาะก็จะน้อยลงและแตกออกในที่สุด แสดงว่าวัตถุดังกล่าวนี้เกิดการหลอมละลายและกำลังจะกลายเป็นของเหลวในกรณีของแก๊สหากเพิ่มพลังงานความร้อนในวัตถุที่เป็นของเหลวให้มากขึ้นต่อไปอีก ความเร็วของโมเลกุลจะเพิ่มขึ้นจนอยู่ในสภาวะสุดท้ายทำให้เกิดช่องว่างระหว่างแต่ละโมเลกุลเต็มที่ หากถึงขั้นโมเลกุลไม่สัมผัสกันและเคลื่อนที่อย่างสุ่มๆ (Random) ในภาชนะ วัตถุดังกล่าวก็จะกลายเป็นแก๊สไปในที่สุดมีผลทำให้โมเลกุลชนกระแทกกับโมเลกุลอื่นๆ รวมถึงผนังของภาชนะ ในงานจริง วัตถุประสงค์ของการตรวจวัดความร้อน อุปกรณ์วัดความร้อนของวัตถุหรือสิ่งแวดล้อมจะอยู่ในรูปแบบที่แตกต่างกัน

International Practice Temperature Scale (IPTS) ได้ถูกกำหนดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1927 และได้ทำการปรับปรุงเรื่อยมาจนกระทั่งครั้งล่าสุดเมื่อปี 1990 เพื่อให้ทันสมัยขึ้นตามเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น

มาตามลำดับ IPTS เป็นค่า Fixed Point Temperature ที่กำหนดมา เพื่อใช้เป็นตัวเลขอ้างอิง สำหรับการปรับแต่ง (Calibrate) เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Temperature Instrument) ซึ่งมีทั้งหมด 17 ค่า Fixed Point ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.3 Fixed Points on the IPTS (1990 Definitions)

Fixed Point No.	Substance	State	Temperature °C
1	He (Helium) e	Vapor	-270.15 to –
2	e-H_2 a (Hydrogen)	Triple Pointb	268.15
3	e-H_2 (Hydrogen)	Vapor	-259.3467
4	e-H_2 (Hydrogen)	Vapor	-256.16
5	Ne (Neon)	Triple Point	-252.85
6	O_2 (Oxygen)	Triple Point	-248.5939
7	Ar (Argon)	Triple Point	-218.7916
8	Hg (Mercury)	Triple Point	-189.3442
9	H_2O (Water)	Triple Point	-38.8344
10	Ga (Gallium)	Melting	0.01
11	In (Indium)	Freezing	27.7646
12	Sn (Tin)	Freezing	156.5985
13	Zn (Zinc)	Freezing	231.928
14	Al (Aluminium)	Freezing	419.527
15	Ag (Silver)	Freezing	660.323
16	Au (Gold)	Freezing	961.78
17	Cu (Copper	Freezing	1064.18

a e-H_2 : Hyhdrogen at the Equilibrium Concentration of Orhomolecular and Paramolecular Forms.

b Triple Point: Temperaure at which he Solid, Liquid, and Vapor Phases are in Equilibrium.

ที่มา: เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน, (2554)

ในการวัดอุณหภูมิมักอาศัยตัวแปรสัญญาณเชิงกลหรือ เชิงไฟฟ้าแบบต่างเปลี่ยนค่าอุณหภูมิเป็นค่าแปรมูลฐาน อันได้แก่ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง, ความดัน (หรือแรงหรือแรงปิด) แรงดันไฟฟ้า (หรือกระแสไฟฟ้า), Impedance แล้วส่งเข้าเครื่องวัดทำการเปลี่ยนค่าแปรมูลฐานดังกล่าวเป็น การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งขั้นสุดท้าย เพื่อ Indicator หรือ Record หรือไปขับกลไกในเครื่องควบคุมต่อไป

ในวงการอุตสาหกรรมในปัจจุบัน การวัดอุณหภูมิเชิงไฟฟ้า โดยใช้ Thermocouple และความต้านทานไฟฟ้า เป็นแบบที่ใช้มากที่สุดคือมากกว่าครึ่งหนึ่งของการวัดอุณหภูมิทั้งหมด ทั้งนี้เป็นเพราะตัววัดทั้งสองมีช่วงวัดอุณหภูมิที่เหมาะสม มีความละเอียดแม่นยำสูง สามารถวัดจากที่ไกลได้ และสัญญาณที่ส่งออกเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสะดวกในการใช้ร่วมกับเครื่องวัด เครื่องบันทึก หรือเครื่องควบคุมแบบไฟฟ้าได้ ส่วนการวัดอุณหภูมิเชิงกล โดยใช้ตัววัดแบบกระเปาะบรรจุของเหลวนั้น ยังคงนิยมใช้กันอยู่มาก เพราะตัววัดแบบนี้ไม่ต้องอาศัยพลังขับดันอื่นมาช่วย แข็งแรงทนทาน สะดวกในการใช้และบำรุงรักษา

ในการวัดค่าดัชนีความร้อน การเลือกจุดที่จะทำการตรวจวัด ควรเลือกตรวจวัดในบริเวณทำงานและเป็นบริเวณที่มีความร้อนสูงกว่าที่อื่นเพื่อจะได้ค่าที่แท้จริง เครื่องควรถูกตั้งในที่ที่สูง 3.5 ฟุต หรือ 1.1 เมตร สำหรับการตั้งเครื่องในแนวตั้ง 2 ฟุต หรือ 0.6 เมตร การติดตั้งบนขาตั้งควรติดตั้งให้อยู่ในตำแหน่งที่ไม่โดนสิ่งใดปิดกั้น ขณะทำการตรวจวัดค่าไม่ควรยืนอยู่ใกล้เครื่อง เพราะตัวเราอาจเป็นตัวแผ่ความร้อน ตัวกั้นความร้อนหรือตัวบังการพัดพาของอากาศ ทำให้ค่าที่วัดได้ไม่ใช่ค่าที่แท้จริงของสภาพแวดล้อมนั้น ในการตรวจวัดสามารถปฏิบัติดังนี้

กรณีที่ 1 ทันทีที่คนงานออกจากบริเวณนั้น ให้รีบนำเครื่องมือเข้าไปติดตั้ง วิธีนี้จะไม่ค่อยดีหากมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมอย่างรวดเร็ว

กรณีที่ 2 คนงานทำงานในบริเวณนั้นเป็นเวลานาน ควรตรวจวัดเป็นระยะๆ เช่น ชั่วโมงละครั้ง หรือทุกครึ่งชั่วโมง หรือในบริเวณที่คนงานเข้าไปทำงานเพียง 2-3 นาที/กะควรตรวจวัด 2-3 ครั้ง/กะ

กรณีที่ 3 คนงานต้องเคลื่อนที่ไปในบริเวณกว้าง และมีความร้อนแตกต่างกันหลายบริเวณ (Zone) อนุญาตให้กะประมาณได้จากบริเวณต่างๆ

ในการใช้งานจะต้องตรวจเสมอ เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่ากระเปาะเปียกชื้นน้ำอยู่ ภายหลังจากการเติมน้ำหรือการเปลี่ยนสถานที่ตั้งเครื่องใหม่ทุกครั้งจะต้องปล่อยให้เครื่องทำงานก่อนเป็นเวลา10 นาทีก่อนทำการตรวจวัด เพื่อให้การอ่านค่ามีเสถียรภาพ

การตรวจวัดค่าดัชนีความร้อนในสิ่งแวดล้อมการทำงานแบบธรรมดาประกอบด้วยการวัดอุณหภูมิการวัดความเร็วลม การวัดความชื้นของอากาศ และการวัดการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม จากนั้นนำมาประเมินค่าความร้อนโดยใช้ดัชนีความเค้น (Heat Stress) ซึ่งเป็นผลรวมของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและทางกายภาพที่มีผลต่อระดับความร้อนที่ร่างกายได้รับ

ปัจจัยด้านกายภาพ ได้แก่การทำงานซึ่งทำให้ร่างกายได้รับความร้อนจากการเผาผลาญอาหาร ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนักเบาของงาน รวมถึงเสื้อผ้าที่สวมใส่ซึ่งจะมีผลต่อความร้อนที่ร่างกายได้รับด้วย ดัชนีความเค้นของความร้อนมีหลายแบบ ได้แก่ ดัชนีความสบาย (Effective Temperature :

ET) ดัชนีความร้อน (Heat Stress Index : HIS) และดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)

ซึ่งดัชนี WBGT นี้เป็นดัชนีที่สามารถใช้ได้สะดวกและรวดเร็วไม่ต้องอาศัยความชำนาญมากนัก จึงเป็นนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางและ ACGIH ได้แนะนำการตรวจวัดความร้อนโดยวิธีนี้

วิธีการตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อน

ในการตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อนต้องทำการตรวจวัดในเดือนที่ร้อนที่สุดของปี และช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวัน สำหรับสถานประกอบการที่ไม่ได้ทำการตรวจวัดตลอดระยะเวลาการทำงาน โดยตั้งอุปกรณ์หรือเครื่องมือวัดทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที ก่อนเริ่มอ่านค่า ในการอ่านค่าให้ทำการอ่านเป็นระยะๆ เช่น ทุก 10 นาที 15 นาที 20 นาที หรือ 30 นาที เป็นต้น แต่ต้องมีเวลารวมกันอย่างน้อย 2 ชั่วโมง แสดงรายละเอียด ดังนี้

1. จัดเตรียมและตรวจสอบอุปกรณ์หรือเครื่องมือ

ก่อนทำการตรวจวัดควรจัดเตรียมและตรวจสอบอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดระดับความร้อนให้มีคุณลักษณะตามที่กำหนดไว้ คำนึงถึงมาตรฐานของอุปกรณ์และเครื่องมือเป็นสำคัญ เพราะหากอุปกรณ์และเครื่องเมื่อไม่ได้มาตรฐาน ผลของการตรวจวัดก็จะคลาดเคลื่อน และไม่สามารถนำไปอ้างอิงสำหรับการรายงานผลได้

2. การติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์

ใช้ขาตั้งยึดหรือแขวนเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสามนี้ ในบริเวณที่อากาศสามารถผัดผ่านได้ขาตั้งที่ใช้แขวนเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 3 อัน ต้องไม่กีดขวางการไหลเวียนของอากาศรอบๆ กระเปาะและเงาต้องไม่บังเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกและโกลบเทอร์โมมิเตอร์ โดยไม่มีสิ่งใดหรือเงาบังเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกและโกลบ และตั้งชุดตรวจวัดนี้ไว้ใกล้กับจุดที่คนทำงานอยู่มากที่สุด ทั้งนี้ต้องไม่ขัดขวางการทำงานของคนงาน รวมทั้งมีการติดตั้งเพื่อตรวจวัดในบริเวณที่คนงานพักด้วย การติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสามคือ

2.1 ในการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งกับขาตั้งนั้น ขณะตรวจวัดต้องหาสิ่งปิดกั้นเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งจากดวงอาทิตย์ และแหล่งแผ่รังสีความร้อนอื่นๆ โดยที่สิ่งกำบังนั้นต้องไม่จำกัดการหมุนเวียนของอากาศรอบๆ กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์

2.2 สำหรับเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก ใช้ผ้าก๊อซหุ้มให้สูงเลยกระเปาะขึ้นไปเท่ากับความยาวของกระเปาะ ผ้าก๊อซที่ใช้ควรเป็นผ้าใหม่ทุกครั้ง และจะต้องเปียกตลอดเวลา โดยปลายอีกด้านหนึ่งของผ้าจุ่มอยู่ในน้ำกลั่น ให้จัดกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อยู่สูงเหนือระดับน้ำกลั่นที่บรรจุในภาชนะประมาณ 1 นิ้ว นำไปติดตั้งกับขาตั้ง ใช้ผ้าฝ้ายหรือผ้าก๊อซสะอาด (ชั้นเดียว) หุ้มที่กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์สูงถึงจุดเหนือกระเปาะ ประมาณ 1 ช่วงกระเปาะ หรือประมาณ 1-1.5 นิ้ว และต่อหุ้มยาวลงไปให้ปลาย

อีกด้านหนึ่งจุ่มลงในภาชนะบรรจุน้ำกลั่น โดยส่วนกระเปาะจะอยู่เหนือน้ำประมาณ 1 นิ้ว ผ้าที่หุ้มกระเปาะต้องแนบติดเทอร์โมมิเตอร์และเปียกตลอดเวลา

2.3 สำหรับโกลบ นำเทอร์โมมิเตอร์ที่สามารถอ่านค่าในช่วง -5 ถึง 100 องศาเซลเซียส มาเสียบเข้ากับจุกยางที่เจาะรูตรงกลาง จุกยางนี้มีขนาดเท่ากับปากเปิดของโกลบ ปิดปากโกลบด้วยจุกยางเสียบเทอร์โมมิเตอร์นี้ ให้กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อยู่ตรงจุดศูนย์กลางของโกลบ แล้วนำไปติดตั้งกับขาตั้ง

2.4 ปรับระดับให้เทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 3 ชนิดข้างต้น อยู่ในตำแหน่งสูงจากพื้นระดับหน้าอกของลูกจ้าง ให้ตั้งฉากกับพื้นราบและอยู่ในระนาบเดียวกัน และในระดับความสูงเดียวกัน

2.5 ตั้งอุปกรณ์หรือเครื่องมือไว้อย่างน้อย 30 นาที ก่อนอ่านค่า จากนั้นให้บันทึกค่า NWB, GT, DB หรือ WBGT ที่อ่านได้ และระยะเวลาการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในจุดการทำงานนั้นๆ

3. การวิเคราะห์ระดับความร้อน

เป็นการนำค่าดัชนี WBGT ที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานซึ่งจะกำหนดไว้สำหรับงานเบา งานปานกลาง และงานหนัก ซึ่งวิธีในการคำนวณภาระงานให้พิจารณาจากลักษณะการทำงานและระยะเวลาในการทำงานที่สัมผัสกับความร้อนที่ร้อนที่สุดใน 2 ชั่วโมงการทำงาน โดยคำนวณจากสูตร

$$M_{เฉลี่ย} = \frac{(M1 \times t1) + (M2 \times t2) + \ldots + (Mn \times tn)}{t1+t2+\ldots+tn} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6.2)$$

เมื่อ M1, M2, ... คือ ค่าประมาณความร้อนที่เกิดจากการเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงานสำหรับกิจกรรมต่างๆ มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ต่อนาทีหรือกิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง

t1, t2, ... คือ ระยะเวลาที่สัมผัสกับความร้อนใน 2 ชั่วโมงการทำงานที่ร้อนที่สุด

ในการคิดคำนวณอัตราการเผาผลาญในกิจกรรมต่างๆ (M) เพื่อพิจารณาภาระงานให้สังเกตจากลักษณะการเคลื่อนไหว การใช้อวัยวะในการทำงานให้พิจารณาตามตารางที่ 6.3 ดังนี้

ตารางที่ 6.4 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญพลังงาน

ค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญพลังงานในกิจกรรมต่างๆ			
1. ตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของร่างกาย			กิโลแคลอรี่ต่อนาที
การนั่ง			0.3
การยืน			0.6
การเดิน			2.0 – 3.0
การเดินขึ้นเขาหรือทางลาด			เพิ่ม 0.8 ต่อ 1 เมตร
2. ชนิดของงาน		ค่าเฉลี่ยกิโลแคลอรี่ต่อนาที	ช่วงกิโลแคลอรี่ต่อนาที
งานที่ใช้มือ	เบา	0.4	0.2 – 1.2
	หนัก	0.9	
งานที่ใช้แขนข้างเดียว	เบา	1.0	0.7 – 2.5
	หนัก	1.7	
งานที่ใช้แขน 2 ข้าง	เบา	1.5	1.0 – 3.5
	หนัก	2.5	
งานที่ใช้ทั้งร่างกาย	เบา	3.5	2.5 – 16.0
	ปานกลาง	6.0	
	หนัก	7.0	
	หนักมาก	9.0	

*** นอกจากตารางข้างบนแล้ว ยังมีอัตราเมทาบอลิซึ่ม1 กิโลแคลอรี่ต่อนาที

ที่มา: U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, OSHA Technical

เมื่อเราทราบค่าอัตราการเผาผลาญรวมทั้งหมดแล้ว ให้นำไปเปรียบเทียบกับภาระงานว่าจัดเป็นงานเบา งานปานกลาง หรืองานหนัก แล้วนำค่า WBGT มาเทียบกับค่ามาตรฐานตามแต่ภาระงานนั้นๆ ตามตารางที่ 6.4 ดังนี้

ตารางที่ 6.5 แสดงมาตรฐานความหนักเบาตามแต่ภาระงาน

ความหนักเบา	**ตัวอย่างกิจกรรม/การปฏิบัติงาน**
งานเบา (ไม่เกิน200 กิโลแคลอรี่/ ชั่วโมง)	นั่งทำงานโดยมีการเคลื่อนไหวของแขน-ขาปานกลาง เช่น งานสำนักงาน ขับรถยนต์ขนาดเล็ก ตรวจสอบ/ประกอบชิ้นสวนวัสดุเบา เย็บปักถักร้อย
	ยืนทำงานโดยมีการเคลื่อนไหวของลำตัวเล็กน้อยเช่น ควบคุมเครื่องจักร บรรจุวัสดุน้ำหนักเบา การใช้เครื่องมือกล/เครื่องทุ่นแรงขนาดเล็ก
	เดินด้วยความเร็วไม่เกิน 2 ไมล์/ชั่วโมง (3.2 กิโลเมตร/ชั่วโมง) เช่น เดินตรวจงาน หรือเดินส่ง เอกสารจำนวนเล็กน้อย
งานปานกลาง (201-350 กิโลแคลอรี่/ ชั่วโมง)	นั่งทำงานโดยมีการเคลื่อนไหวหรือใช้กำลังแขน-ขาค่อนข้างมากเช่น นั่งควบคุมปั้นจั่นเครน หรือเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ในงานก่อสร้าง ประกอบ/ บรรจุวัสดุที่มีน้ำหนักค่อนข้างมาก ขับรถบรรทุกขนาดใหญ่
	ยืน/เคลื่อนไหวลำตัวขณะทำงาน เช่น ยกของที่มีน้ำหนักปานกลาง ลาก-ดึง รถเข็นวัสดุที่มีล้อเลื่อนทำงานในห้องเก็บของ ยืนตอกตะปู ใช้เครื่องมือกล ขนาดปานกลาง ยืนป้อนชิ้นงาน การขัดถูทำความสะอาด รีดผ้า
	เดินด้วยความเร็ว 2-3 ไมล์/ชั่วโมง (3.2 – 4.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง) หรือเดิน โดยมีการถือวัสดุที่น้ำหนักไม่มาก เช่น เดินส่งเอกสารหรือห่อวัสดุสิ่งของ
งานหนัก (มากกว่า 350 กิโลแคลอรี่/ ชั่วโมง)	ทำงานที่มีการเคลื่อนไหวลำตัวมาก/อย่างเร็ว หรือต้องมีการออกแรงมาก เช่น ลาก ดึง หรือยกของที่มีน้ำหนักมาก (>20 kg) โหนหรือปีนขึ้นที่สูง งานเลื่อยไม้ขุดหรือเซาะดิน/ทรายที่มีความชื้นสูง คุ้ยตระกลันในเตาหลอม แกะสลักโลหะหรือหิน การขัดถูพื้นหรือพรมที่สกปรกมากๆ งานก่อสร้าง และงานหนักที่ต้องปฏิบัติกลางแจ้ง
	เดินเร็วๆ หรือวิ่งด้วยความเร็วมากกว่า 3 ไมล์/ชั่วโมง (4.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง)

ที่มา: Ergonomics Guides, (1971)

4. การประเมินค่าความร้อน

หลังจากอ่านค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 3 ชนิดแล้วนั้น ให้นำค่าที่อ่านได้มาคำนวณเพื่อประเมินระดับความร้อน โดยใช้สูตร ดังนี้

ในกรณีตรวจวัดในอาคารหรือนอกอาคารที่ไม่มีแสงแดด

$$WBGT_{in} = 0.7NWB + 0.3GT \quad \text{.....(6.3)}$$

ในกรณีตรวจวัดนอกอาคารที่มีแสงแดด

$$WBGT_{out} = 0.7NWB + 0.2GT + 0.1DB \quad \text{.....(6.4)}$$

เมื่อ

WBGT คือ อุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสเวทบัลบ์โกลบ(Web bulb globe temperature)

NWB คือ อุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสที่อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก (Natural Web bulb globe)

DB คือ อุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสที่อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature)

GT คือ อุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสที่อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์โกลบ (Globe Temperature)

จากนั้นนำค่าดัชนี WBGT แต่ะค่าที่คำนวณได้ มาคำนวณหาค่า $WBGT_{เฉลี่ย}$ แล้วนำค่าที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนด

$$WBGT_{เฉลี่ย} = \frac{(WBGT1 \times t1) + (WBGT2 \times t2) + \ldots + (WBGTn \times tn)}{t1+t2+\ldots+tn} \quad \text{.....(6.5)}$$

เมื่อคำนวณว่า WBGT ออกมาได้แล้ว จะต้องนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน โดยต้องนำลักษณะการปฏิบัติงานของคนงานมาประกอบการพิจารณาด้วย โดยทั่วไปจะแบ่งลักษณะงานออกเป็น 3 ประเภท คือ

งานเบา หมายถึง งานที่ต้องออกกำลังน้อยหรืองานที่ต้องทำโดยใช้พลังงานไม่เกิน 200 กิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง เช่น งานนั่งคุมเครื่องจักรบังคับด้วยมือหรือเท้า ยืนหยิบชิ้นงานขนาดเล็กเข้าหรือออกจากเครื่องจักร ยืนเดินไปมารอบๆ เครื่องจักร นั่งตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยใช้สายตา หรืองานที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

งานระดับปานกลาง หมายถึง งานที่ต้องออกกำลังปานกลางหรืองานที่ต้องทำ โดยใช้พลังงาน 201-300 กิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง เช่น งานยืนเดินไปมารอบๆ เครื่องจักร และออกแรงเข็นหรือยกผลิตภัณฑ์ที่เป็นชิ้นงานขนาดใหญ่เข้าหรือออกจากเครื่องจักร หรืองานที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

งานหนัก หมายถึง งานที่ต้องออกกำลังมากหรืองานที่ต้องทำโดยใช้พลังงานตั้งแต่ 301 กิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง เช่น ยกของหนัก ขุดหรือตักดิน ทุบโดยใช้ฆ้อนขนาดใหญ่ เลื่อยหรือตอกสลักไม้เนื้อแข็ง ปีนบันไดหรือทางลาดเอียง

การวิเคราะห์ผลจากการตรวจวัด

กรณีศึกษาตรวจวัดค่าอัชนีความร้อนในพื้นนอกอาคารและมีแดด ปฏิบัติงานจุดที่ 1 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง NWB= 26.3 องศาเซียลเซียสGT= 30.7 องศาเซียลเซียส DB= 24.7 องศาเซียลเซียส Workload= 63.6 กิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมงปฏิบัติงานจุดที่ 2 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง NWB= 30องศาเซียลเซียส GT= 32 องศาเซียลเซียส DB= 28.5 องศาเซียลเซียส Workload= 80.2 กิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง จากกรณีศึกษาสามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

1. คำนวณความหนักเบางานปฏิบัติงานจุดที่ 1-2

$$\text{Workload} = \frac{(WL1 \times T1)+(WL2 \times T2)+\ldots+(WLn \times Tn)}{(T1+T2+\ldots Tn)}$$

$$\text{Workload} = \frac{(63.6\times60)+(80.2\times60)}{120}$$

Workload = 71.9 กิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง

สรุป อัตราการเผาผลาญรวม 71.9 กิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง จัดว่าเป็นงานเบา (กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ.2549 เรื่องความร้อน กำหนดงานเบาน้อยกว่า 200 กิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง)

2. คำนวณดัชนีความร้อนจากการปฏิบัติงานย่อย

2.1 การปฏิบัติงานจุดที่ 1

WBGT= 0.7 NWB+0.2 GT+0.1 DB (นอกอาคารและมีแดด)

WBGT1 = 0.7(26.3) + 0.2(30.7) + 0.1(24.7)

= 18.41 + 6.14 + 2.47

= 27.02 องศาเซียลเซียส

2.2 การปฏิบัติงานจุดที่ 2

WBGT= 0.7 NWB + 0.2 GT + 0.1 DB

WBGT2 = 0.7(30) + 0.2(32) + 0.1(28.5)

= 21 + 6.4 + 2.85 องศาเซียลเซียส

= 30.25 องศาเซียลเซียส

3. คำนวณดัชนีความร้อนจากการปฏิบัติงานรวม

$$\text{WBGTเฉลี่ย} = \frac{(\text{WBGT1}\times\text{T1})+(\text{WBGT2}\times\text{T2})+\ldots+(\text{WBGTn}\times\text{Tn})}{(\text{T1}+\text{T2}+\ldots+\text{Tn})}$$

$$\text{WBGTเฉลี่ย} = \frac{(\text{WBGT1}\times\text{T1})+(\text{WBGT2}\times\text{T2})+\ldots+(\text{WBGTn}\times\text{Tn})}{(\text{T1}+\text{T2}+\ldots+\text{Tn})}$$

$$\text{WBGTเฉลี่ย} = \frac{(27.02\times60)+(30.25\times60)}{(60\times60)}$$

$$= \frac{1621.2+1815}{120}$$

$$= \frac{3436.2}{120}$$

= 28.63 องศาเซียลเซียส

สรุปการตรวจวัดค่าดัชนีความร้อนตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ.2549 หมวด 1 ความร้อน จากการคำนวณความหนักเบางานเท่ากับ 71.9 กิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมงลักษณะงาน “จัดเป็นงานเบา”กำหนดให้ค่าดัชนีความร้อนไม่เกิน 34 องศาเซียลเซียสจากการคำนวณค่าดัชนีความร้อนเท่ากับ 28.63 องศาเซียลเซียส ดังนั้นอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมาย

การรายงานผล

การประเมินค่าดัชนีความร้อนสถานประกอบกิจการต้องดำเนินการตามกฎหมายตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ.2549 (หมวด 1 ความร้อน) คือ ข้อ 3 นายจ้างจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับความร้อนแสงสว่าง หรือ เสียงภายในสถานประกอบกิจการในสภาวะที่เป็นจริงของสภาพการทำงานอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง กรณีที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักร อุปกรณ์กระบวนการผลิต วิธีการทำงาน หรือการดำเนินการใดๆ ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความร้อนแสงสว่าง หรือการดำเนินการใดๆ ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความร้อนแสงสว่าง หรือเสียง ให้นายจ้างดำเนินการจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์

สภาวะการทำงานฯ เพิ่มเติมภายใน 90 วันนับจากวันที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง ข้อ 4 ให้ตรวจวัดระดับความร้อนบริเวณที่มีลูกจ้างปฏิบัติงานอยู่ในสภาพการทำงานปกติและต้อง ตรวจวัดในช่วงเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดของการทำงานในปีนั้น ข้อ 5 ประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการตรวจวัด ได้แก่ การผลิตน้ำตาลและทำให้บริสุทธิ์ การปั่นทอที่มีการฟอกหรือย้อมสี การผลิตเยื่อกระดาษหรือกระดาษ การผลิตยางรถยนต์หรือหล่อดอกยาง การผลิต กระจก เครื่องแก้วหรือหลอดไฟ การผลิตซีเมนต์หรือปูนขาว การถลุง หล่อหลอมหรือรีดโลหะ กิจการที่มีแหล่งกำเนิดความร้อนหรือมีการทำงานที่อาจทำให้ลูกจ้างได้รับอันตรายเนื่องจากความร้อน

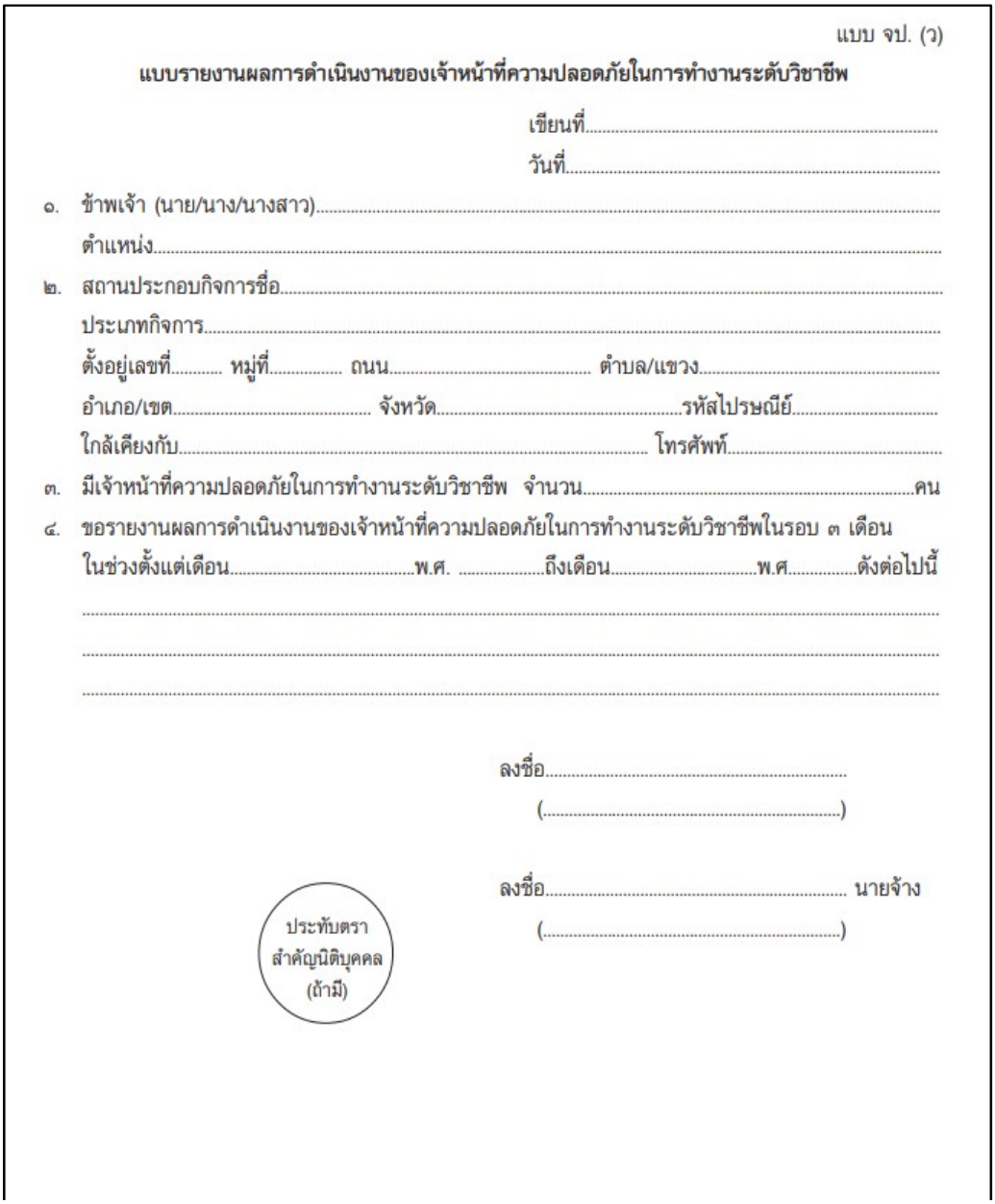
สถานประกอบการต้องรายงานผลการตรวจวัดตาม พระราชบัญญัติ ความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ.2554 หมวด 4การควบคุม กำกับ ดูแล (4) ส่งผลการประเมินอันตราย การศึกษาผลกระทบ แผนการดำเนินงานและแผนการควบคุมตาม (1) (2) และ (3) ให้อธิบดีหรือผู้ซึ่งอธิบดีมอบหมายหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการดำเนินการตามวรรคหนึ่ง ประเภทกิจการขนาดของกิจการที่ต้องดำเนินการ และระยะเวลาที่ต้องดำเนินการ ให้เป็นไปตามที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา ทั้งนี้ทุกสถานประกอบกิจการที่มีลูกจ้างตั้งแต่ 50 คนขึ้นไป กฎหมายกำหนดให้มีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน (จป.) รายงานผลตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ.2549 หมวด 1 ข้อ 18 ให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพมีหน้าที่ (8) ตรวจวัดและประเมินสภาพแวดล้อมในการทำงาน หรือดำเนินการร่วมกับบุคคลหรือหน่วยงานที่ขึ้นทะเบียนกับกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานเป็นผู้รับรองหรือตรวจสอบเอกสารหลักฐานรายงานในการตรวจสอบสภาพแวดล้อมในการทำงานภายในสถานประกอบกิจการ ซึ่งใช้แบบฟอร์มประกอบการรายงาน (ตารางที่ 6.5)

ตารางที่ 6.6 ตารางบันทึงผลการตรวจวัดค่าระดับความร้อน

ชื่อสถานประกอบการและที่ตั้ง.....ตรวจวัดโดย..... วันที่.....
ตรวจวัด.....เครื่องมือตรวจวัด (ชนิด/ยี่ห้อ/รุ่น).....อุณหภูมิอากาศ.....°C ความดันบรรยากาศ .....mmHg ความชื้นสัมพัทธ์.....% ความเร็วลม.....(m/s)

จุดตรวจวัด	ระยะเวลาตรวจวัด			กระเปาะแห้ง °C	กระเปาะเปียก °C	โกลบ °C	WBGT °C	ลักษณะ/ประเภทของงาน
	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด	เวลารวม (T)					

หมายเหตุ
.....
.....



แบบ จป. (ว)

แบบรายงานผลการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ

เขียนที่.....

วันที่.....

๑. ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....

ตำแหน่ง.....

๒. สถานประกอบกิจการชื่อ.....

ประเภทกิจการ.....

ตั้งอยู่เลขที่..... หมู่ที่..... ถนน..... ตำบล/แขวง.....

อำเภอ/เขต..... จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....

ใกล้เคียงกับ..... โทรศัพท์.....

๓. มีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ จำนวน.....คน

๔. ขอรายงานผลการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพในรอบ ๓ เดือน ในช่วงตั้งแต่เดือน.....พ.ศ. .....ถึงเดือน.....พ.ศ.....ดังต่อไปนี้

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ลงชื่อ..... นายจ้าง

(.....)

ประทับตรา
สำคัญนิติบุคคล
(ถ้ามี)

ภาพที่ 6.12 แบบรายงานผลการดำเนินการเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน

ที่มา: กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (2549)

กรณีศึกษา

สกนธ์ ศรีวิไลสกุลวงศ์ (2559) ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบผนังโฟมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความร้อน เพื่อพัฒนาระบบผนังโฟมที่มีคุณสมบัติในการลดความร้อนได้ดี สามารถก่อสร้างได้ง่ายและมีราคาถูกกว่าระบบที่มีการผลิตและจำหน่ายอยู่ในปัจจุบัน คือ ผนังโฟมที่ใส่ฉนวนหนา 2 นิ้วไว้นอกช่องคร่าวและอยู่ด้านนอกอาคารโดยทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติในการลดความร้อนของผนังโฟม ซึ่งมีตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ตำแหน่งการใส่ฉนวนโฟมที่โครงสร้างผนัง ขนาดพื้นที่ของช่องระบายอากาศที่ผนังชั้นนอก และความหนาของฉนวนโฟม

แนวทางการปรับปรุงลดความร้อน

โดยทำการจำลองสภาพอาคารด้วยกล่องทดสอบสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ จำนวน 6 กล่อง ทำการวัดอุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิผิวผนังด้านในกล่อง และอุณหภูมิอากาศในกล่อง โดยเก็บข้อมูลต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง จากนั้นนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติในการลดความร้อนของผนังในแต่ละตัวแปรที่ได้ทำการศึกษา ซึ่งในการวิจัยนี้ประกอบด้วยการทดสอบตัวแปร 3 ขั้นตอน และมีผลการทดสอบ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทดสอบคุณสมบัติในการลดความร้อนของผนังโฟมที่มีตำแหน่งการใส่ฉนวนโฟมที่โครงสร้างผนังแตกต่างกัน 3 ลักษณะ คือ ใส่ฉนวนโฟมนอกช่องคร่าวและอยู่ด้านนอกอาคาร ใส่ฉนวนโฟมในช่องคร่าว และใส่ฉนวนโฟมนอกช่องคร่าวแต่อยู่ด้านในอาคาร ซึ่งผลการทดสอบพบว่า ผนังที่มีการใส่ฉนวนโฟมที่โครงสร้างผนังในตำแหน่งที่แตกต่างกัน 3 ลักษณะข้างต้น จะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่คล้ายคลึงกัน โดยผนังที่ใสโฟมนอกช่องคร่าวและอยู่ด้านนอกอาคารจะสามารถลดความร้อนได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ผนังที่ใส่โฟม นอกช่องคร่าวแต่อยู่ด้านในอาคาร และผนังที่ติดโฟมในช่องคร่าว ตามลำดับ

ขั้นที่ 2 ทดสอบคุณสมบัติในการลดความร้อนของผนังโฟมเมื่อเจาะช่องระบายอากาศที่ผนังชั้นนอก โดยเปรียบเทียบกับผนังโฟมที่มีช่องอากาศแบบผิดทั้งชนิดที่ใส่ฉนวนนอกช่องคร่าวแต่อยู่ด้านในอาคาร และชนิดที่ใสฉนวนโฟมนอกช่องคร่าวและอยู่ด้านนอกอาคาร ซึ่งในขั้นนี้ประกอบด้วยการทดสอบ 2 ขั้นตอนย่อยซึ่งมีผลการทดสอบ ดังนี้

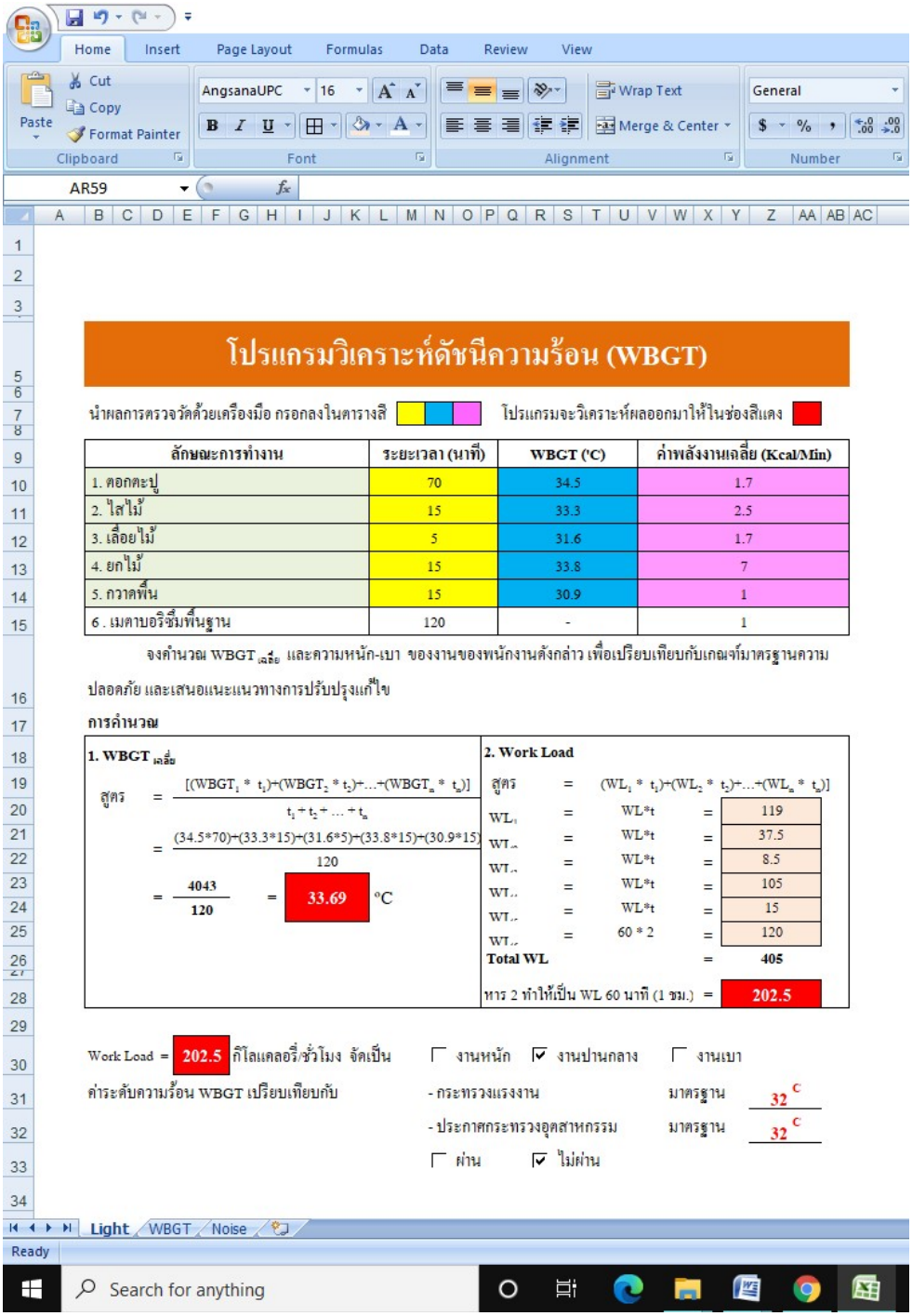
ผนังโฟมที่เจาะช่องระบายอากาศที่ผนังชั้นนอก 30% ไม่สามารถทำให้อุณหภูมิอากาศในกล่องทดสอบลดลงได้อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับกล่องใส่โฟมด้านในอาคารและมีช่องว่างอากาศแบบปิด โดยสามารถลดอุณหภูมิอากาศในกล่องทดสอบลงไปได้เฉลี่ยเพียง 0.32°C เท่านั้น และยังมีอุณหภูมิในกล่องทดสอบสูงกว่าของผนังที่โฟมไว้ด้านนอกอาคารโดยเฉลี่ย 0.11°C

การเพิ่มพื้นที่เจาะช่องระบายอากาศเป็น 100% มีผลทำให้อุณหภูมิอากาศในกล่องลดต่ำลงกว่ากล่องที่ใส่โฟมนอกช่องคร่าวทางด้านในอาคารและมีช่องอากาศแบบปิดโดยเฉลี่ย 0.59°C และมีอุณหภูมิอากาศในล่องต่ำกว่ากล่องที่ใส่โฟมด้านนอกอาคาร 0.53°C

ขั้นที่ 3 ทดสอบคุณสมบัติในการลดความร้อนของผนังเพิ่มเติม โดยเพิ่มความหนาของฉนวนโฟมที่นอกช่องคร่าวแต่อยู่ด้านในอาคารจากหนา 2 นิ้วเป็นหนา 4 นิ้ว เปรียบเทียบกับผนังที่ใส่ฉนวนโฟมหนา 2 นิ้วทั้งที่ใส่นอกช่องคร่าวแต่อยู่ด้านในอาคารและใส่นอกช่องคร่าวและอยู่ด้านนอกอาคาร โดยพบว่าผนังที่มีความหนาของฉนวนโฟมเท่ากัน การใส่โฟมไว้ด้านนอกอาคารจะลดอุณหภูมิอากาศในกล่องลงได้ประมาณ 1°C แต่ถ้าเพิ่มความหนาของโฟมที่ใส่ไว้ด้านในอาคารจาก 2 นิ้วเป็น 4 นิ้ว จะสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศในกล่องต่ำกว่าการใส่โฟม 2 นิ้วไว้ด้านนอกอาคารประมาณ 0.5°C

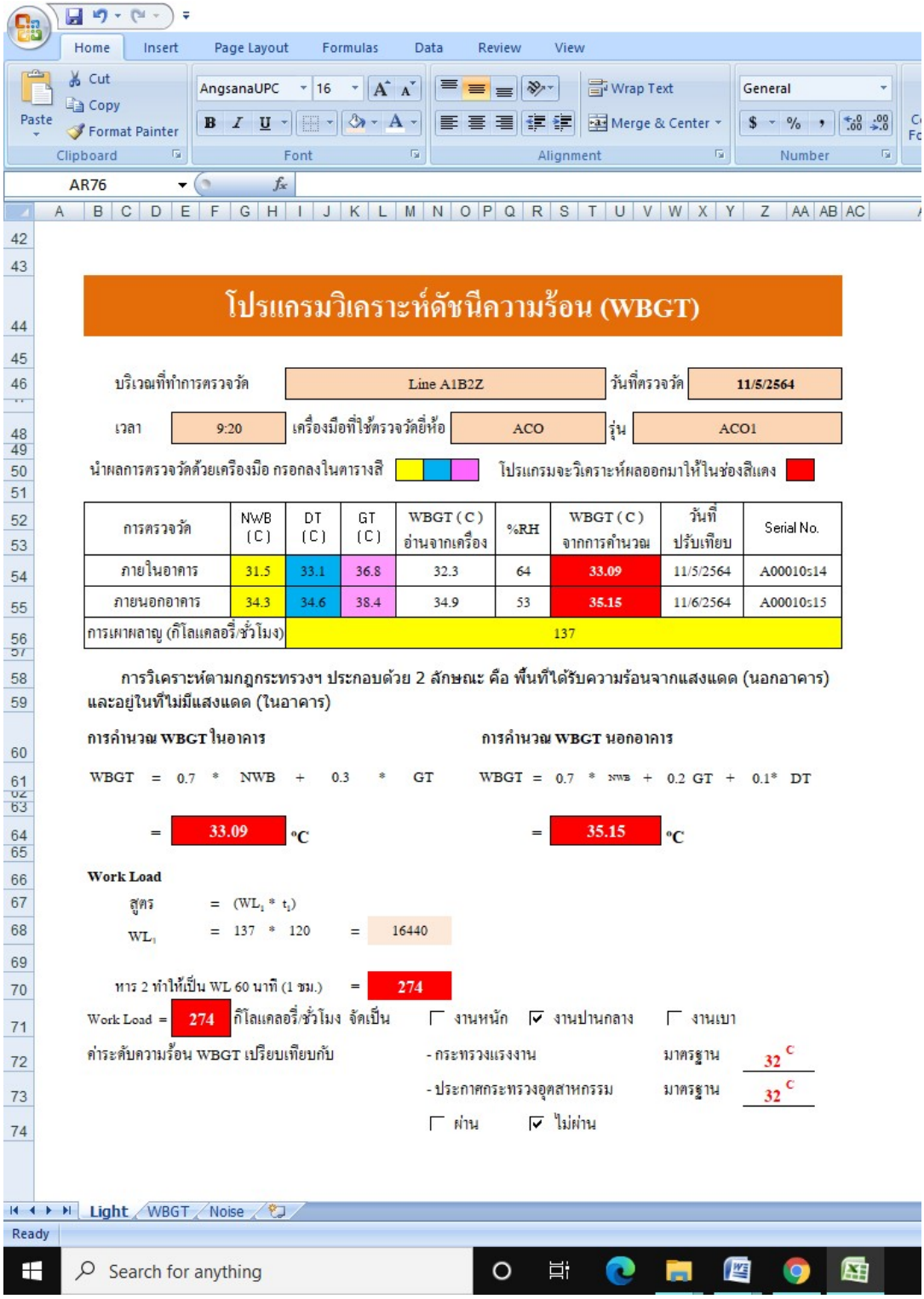
โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ดัชนีระดับความร้อน

โปรแกรมวิเคราะห์ดัชนีระดับความร้อนสำเร็จรูปไฟล์ Excel ช่วยให้ผู้เรียนคำนวณและประมวลผลดัชนีระดับความร้อน ตามวิธีการของกฎหมายที่ได้ประกาศใช้ กฎกระทรวง เรื่อง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559 ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว สามารถดาวน์โหลดใช้งานได้ฟรีในระบบปฏิบัติการ Windows จาก ไดรฟ์ (Google Drive) ของผู้เขียนตำรา (ตาม URL นี้ https://shorturl.asia/smT4D) แสดงลักษณะของโปรแกรม ดังนี้



ภาพที่ 6.13 การวิเคราะห์ดัชนีระดับความร้อนเมื่อได้รับความร้อนหลายๆ แหล่งในการทำงาน 8 ชั่วโมง

จากภาพที่ 6.13 เนื่องจากความร้อนเกิดขึ้นจากหลายๆ กิจกรรมในการทำงานทั้งวัน การประเมินให้ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ค่าดัชนีความร้อนออกมาเพียงค่าเดียว คือ 33.69 $^{\circ}$C และเช่นเดียวกันกับกิจกรรมเหล่านั้นก็เกิดเผาพลาญพลังงานที่แตกต่างกัน จึงวิเคราะห์ค่าพลังงานออกมาเพียงค่าเดียว คือ 202.5 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง



ภาพที่ 6.14 การวิเคราะห์ดัชนีระดับความร้อนเมื่อได้รับความร้อนเพียงแหล่งในการทำงาน 8 ชั่วโมง

จากภาพที่ 6.13 เนื่องจากความร้อนเกิดขึ้นเพียงแหล่งเดียวในการทำงานทั้งวัน การประเมินให้ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ค่าดัชนีความร้อนออกมาในอาคาร 33.09 $^{\circ}$C นอกอาคาร 35.15 $^{\circ}$C ส่วนค่าการเผาผลาญพลังงานวิเคราะห์เพียงค่าเดียว คือ 274 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง

ผลจากการวิเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรม สามารถนำไปประเมินกับค่ามาตรฐานตามกฎกระทรวงฯ ตามลักษณะพื้นแต่ละประเภททั้งในอาคาร (ไม่มีแสงอาทิตย์) หรือนอกอาคาร (มีแสงอาทิตย์) ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและเม่นยำ

สรุป

สภาวะแวดล้อมซึ่งปรากฏอยู่ในบริเวณที่ทำงานของลูกจ้าง ซึ่งรวมถึงสภาวะต่างๆ ในบริเวณที่ทำงาน เครื่องจักร อาคาร สถานที่ การระบายอากาศ ความร้อน แสงสว่าง เสียง ตลอดจนสภาพและลักษณะการทำงานของลูกจ้าง ความร้อนจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน ถูกถ่ายเทมายังร่างกายได้ 3 วิธี คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน สภาวะที่ทำให้ร่างกายเรารู้สึกร้อนขึ้นมากกว่าอุณหภูมิของอากาศจริงที่วัดได้ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ เรียกว่า ดัชนีระดับความร้อน (Heat Index Temperature) ซึ่งเกิดจากการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับความชื้น ทำให้ร่างกายรู้สึกสูญเสียความเย็นออกไปจากบริเวณผิวหนัง ส่งผลให้ร่างกายรู้สึกร้อนมากขึ้นกว่าอุณหภูมิของอากาศที่แท้จริง หรือทำให้ร่างกายสูญเสียความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิ อาจทำให้เกิดการเจ็บป่วยเนื่องจากความเหน็ดเหนื่อยอ่อนเพลีย หรือความเจ็บป่วยรุนแรงเนื่องจากอากาศร้อนจัดได้ กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ.2549 หมวด 1 กำหนดลักษณะการทำงานและมาตรฐานความร้อนในการทำงาน คือ งานเบา ไม่เกิน 34 องศาเซลเซียส งานปานกลาง ไม่เกิน 32 องศาเซลเซียส และงานหนัก ไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส

คำถามทบทวน

1. จงอธิบายอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบ (Wet Bulb Globe Temperature: WBGT)
2. การหาปริมาณงานหรือภาระงาน (Work Load) สามารถทำได้อย่างไร
3. จงอธิบายกลไกการขจัดความร้อนออกจากร่างกาย
4. ความร้อนในการทำงานส่งผลต่อการเจ็บป่วยและผลกระทบต่อสุขภาพอย่างไร
5. ก่อนการการตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อนในที่ทำงานต้องเตรียมการอย่างไร
6. อุปกรณ์และเครื่องมือในการตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อนประกอบด้วยอะไรบ้าง
7. จงอธิบายการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก (Natural–Wet–Bulb Thermometer)
8. จงอธิบายขั้นตอนการตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อนในที่ทำงาน
9. จงอธิบายขั้นตอนการใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับความร้อนชนิดอ่านค่าได้โดยตรง
10. การตรวจวัดค่าดัชนีระดับความร้อนในที่ทำงานตรวจวัดระยะเวลานานเท่าไหร่และตรวจวัดตอนไหน

เอกสารอ้างอิง

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (2549). **แบบฟอร์มตามกฎหมาย, แบบรายงานผลการดำเนินการเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน.** กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน.

การใช้เครื่องวัดความร้อน WBGT. สืบค้น 7 มีนาคม 2559 จากhttp://www.safety-stou.com/UserFiles/File/WBGT.pdf

การตรวจวัดสภาพความร้อน. (2559). **ฝ่ายพัฒนาความปลอดภัยสถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน.** สืบค้น 7 มีนาคม 2559 จาก http://www.oshthai.org/attachments/article/156/156.pdf

กองความปลอดภัยแรงงาน (2562). **ความร้อนกับการทำงาน.** กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน.

เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน. (2554). **การประเมินและวางแผนปรับปรุงสภาวะแวดล้อมการทำงานในงานอุตสาหกรรม.** สาขาวิชาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชนกานต์ สกุลแถว. (2556). **ความร้อนกับการทำงาน**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, หน้า 21-24
สืบค้น 21 กุมภาพันธ์ 2559 จากhttps://www.tcithaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/download/42075/34760

ชวิกา พิสิฏฐศักดิ์, กานต์พงษ์ดีวงศ์. (2554). **อุบัติการณ์และปัจจัยในการเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำ.** วิสัญญีสาร. 37(2), 93–103.

ปราโมช เชี่ยวชาญ. (2554). **เอกสารการสอนชุดวิชาความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรม.** นนทบุรี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์. **มารู้จักกับสิ่งคุกคาม.** สืบค้น 7 มีนาคม 2559 จาก http://www.summacheeva.org/index_article_hazard.htm

ศิริพร วันฟั่น. (2559). **แผนงานสุขศาสตร์อุตสาหกรรม (Industrial Hygiene Program)**. สืบค้น 7 มีนาคม 2559 จากhttp://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=19198&section=9

ศศิภา เลิศจินตนาการ. (2559). **สุขศาสตร์อุตสาหกรรม1.** สืบค้น 7 มีนาคม 2559 จาก http://www.npc- se.co.th/npc_date/npc_previews.asp?id_head=11&id_sub=36&id=732

สกนธ์ ศรีวิไลสกุลวงศ์ (2559). **การพัฒนาระบบผนังโฟมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความร้อน.** สาขาวิชาสถาปัตยกรรม. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Ergonomics Guides. (1971). **American Industrial Hygiene Journal : Vol. 32, August 1971.**

Becker, J., and Stewart, L. (2011). **Heat-related illness. Am Fam Physician**. 83, 1325-1330.

Wexler, R. (2002). **Evaluation and treatment of heat-related illness**. Am Fam Physician. 65, 2307-2316.