ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย | วิศวกรรมศาสตร์

สาขา | **คณะ**

เรื่อง การศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบด้านคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่ทำงาน กรณีศึกษา: โรงงานผลิต - ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟ

A Study and Analysis for Air Quality Impact and Thermal Comfort in Working Area Case Study: Electrical Assemble Factory

นามผู้วิจัย นางสาวสุวภา สอนพรหม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาต แจ้งบำรุง, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปานจิต ดำรงกุลกำจร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบด้านคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่ทำงาน กรณีศึกษา: โรงงานผลิต - ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟ

A Study and Analysis for Air Quality Impact and Thermal Comfort in Working Area Case Study: Electrical Assemble Factory

โดย

นางสาวสุวภา สอนพรหม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุวภา สอนพรหม 2557: การศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบด้านคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่ทำงาน กรณีศึกษา: โรงงานผลิต – ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาต แจ้งบำรุง, Ph.D. 194 หน้า

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบด้านคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่ทำงาน กรณีศึกษา: โรงงานผลิต - ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟ เพื่อประเมิน ตรวจสอบ เกี่ยวกับคุณภาพอากาศและสภาวะความสบายภายในพื้นที่ ซึ่งได้ทำการแยกศึกษาเป็น 2 ส่วน คือคุณภาพอากาศและความสบาย

ด้านคุณภาพอากาศ จากการตรวจสอบเกี่ยวกับปริมาณของฝุ่นละออง ปริมาณการฟุ้งกระจายของสารโทลูอีน ดีบุก และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า ภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 มีปริมาณของฝุ่นละอองและปริมาณการฟุ้งกระจายของสารโทลูอีนและดีบุก ในระดับที่ปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ที่ปฏิบัติงาน นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้มาจากการตรวจวัดชี้ให้เห็นว่าปริมาณก๊าซมีค่าเกินกว่าที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ที่ 1000 ppm ซึ่งทำให้ภายในพื้นที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศที่เป็นปัจจัยหลักในด้านคุณภาพอากาศ ซึ่งได้มีการเสนอแนะมาตรการในการปรับปรุง โดยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเติมภายในพื้นที่ 2,108 cfm ควบคู่ไปกับการเปิดพัดลมระบายที่ถูกติดตั้งไว้แต่เดิมเพื่อให้ภายในพื้นที่มีอัตราการระบายอากาศรวมที่ 2,790 cfm ส่วนทางด้านความสบาย จากการตรวจสอบเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดความสบาย คืออุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม โดยได้ทำการตรวจวัดภายในพื้นที่และนำค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ นำไปพร็อตลงในแผนภูมิไซโครเมตริก เพื่อประเมินสภาวะความสบายในแต่ละช่วงเวลาภายในพื้นที่ ซึ่งพบว่าพื้นที่ในบางจุดนั้นมีปัญหาความสบายทางด้านอุณหภูมิเป็นหลัก ทั้งที่มีการตรวจวัดในเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นหน้าหนาว และไม่ได้มีการเปิดพัดลมระบายอากาศภายในพื้นที่

จากผลการคำนวณภาระความร้อนโดยพิจารณาเงื่อนไขของสภาวะที่ร้อนที่สุดในเดือนเมษายน และมีการเพิ่มปัจจัยการระบายอากาศที่สอดคล้องกับด้านคุณภาพอากาศ จะพบว่าปัจจัยหลักทางด้านภาระความร้อนนั้นมาจากการระบายอากาศ รองลงมา คือค่าภาระความร้อนผ่านโครงสร้างด้านนอกอาคาร โดยเลือกปรับปรุงภาระความร้อนที่ผ่านบริเวณโครงสร้างด้านนอกอาคาร เนื่องจากเป็นปัจจัยที่สามารถปรับปรุงหรือแก้ไขได้ ส่วนการปรับปรุงภาระความร้อนที่มาจากการระบายอากาศ นั้นไม่สามารถทำได้ เนื่องจากภายในพื้นที่นั้นมีปัญหาเรื่องการสะสมของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงทำให้ต้องมีการระบายอากาศ เจือจางปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ทั้งนี้แนวทางการปรับปรุงภาระความร้อนผ่านโครงสร้างด้านนอกอาคาร โดยการติดฉนวน จะสามารถลดภาระความร้อนได้เพียงร้อยละ 5.66 เท่านั้น ซึ่งยังทำให้ต้องมีการเพิ่มขนาดของเครื่องทำความเย็นเพิ่มจาก เดิม 27 ตัน เป็น 50 ตันความเย็นเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีฉนวน จะต้องติดตั้งเครื่องทำความเย็นเป็น 53 ตันความเย็น

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Suwapha Sornprom 2014: A Study and Analysis for Air Quality Impact and Thermal Comfort in Working Area Case Study: Electrical Assemble Factory. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Faculty of Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Apichart Chaengbamrung, Ph.D. 194 pages.

The objective of this thesis is to study and analyze for air quality impact and thermal comfort in working area of the case study: electrical assemble factory. This study is divided into 2 parts : air quality and thermal comforts.

For air quality, the dust quantity, the dispersion of toluene, tin and carbon dioxide gas were determined. The results showed that the dust quantity and the dispersion of toluene and tin on the second floor of the production plant were within the safe limit for operator's health. However, it was found that the quantity of carbon dioxide gas exceeded the standard limit of 1000 ppm for hours per day.This poor indoor air quality caused by inadequate ventilation which was the most influential factor. Suggestion for air quality improvement was to install additional 2,108 cfm ventilation fans together with existing ones to generate 2,790 cfm ventilation capacity.

For thermal comfortable. the factors involved were room temperature, relative humidity, and wind velocity. The values of temperature and relative humidity in the observed area were plotted on a Psychrometric chart to evaluate the comfortable condition in each period of time. It was found that there were problems in some points mainly related to temperature discomfort even though the data collecting was done in November which was during winter and the ventilation fans were not switched on. From the cooling load calculation based on the hottest condition in April and adding the ventilation factor which was consistent to air quality, it was found that the main cooling load came from the air ventilation, followed by the cooling load through outside structure of the building. The improvement was made by considering the load from building structure rather than the inside ventilation as the number of ventilation fans were needed to dilute accumulating carbon dioxide. However, after improvement, the cooling load from building structure be reduced by only 5.66 %, thus the increase in the capacity of refrigeration unit from 27 tons to 50 tons was required while compared with 53 tons of refrigeration capacity for the case of no insulation.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาต แจ้งบำรุง อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการวางแผน ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง ในข้อบกพร่องต่างๆ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถสำเร็จและลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ผู้บังคับบัญชา เพื่อนร่วมงาน และทุกๆท่านที่ไม่ได้เอยนาม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและแนะนำด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณพระมารดา และคุณยาย ซึ่งให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจตลอดเวลาในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

สุดท้ายนี้ ประโยชน์ใดอันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่ มารดา คุณยาย คณาจารย์ และผู้ที่ให้การสนับสนุนทุกท่าน ที่ได้เมตตาสั่งสอน ให้กำลังใจ และช่วยเหลือสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอด

สุวภา สอนพรหม

กุมภาพันธ์ 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	49
อุปกรณ์	49
วิธีการ	52
ผลและวิจารณ์	57
ผล	57
วิจารณ์	85
สรุปและข้อเสนอแนะ	97
สรุป	97
ข้อเสนอแนะ	98
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	99
ภาคผนวก	102
ภาคผนวก ก การคำนวณภาระความร้อน	103
ภาคผนวก ข ตารางแสดงค่าภาระความร้อน	125
ภาคผนวก ค ผลการตรวจวัดมลพิษภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2	162
ภาคผนวก ง ตารางผลการตรวจวัด อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	166
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	194

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าแนะนำสภาวะการออกแบบภายในอาคาร	13
2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและผลที่อาจเกิดขึ้นทางด้านอุณหภูมิและความรู้สึก	14
3	แสดงค่า Clo-Value ของเครื่องแต่งกายแบบต่างๆ	15
4	แสดง Metabolic rate ในกิจกรรมต่างๆ	16
5	ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง (Total Dust) ที่ฟุ้งกระจายภายในบรรยากาศ	33
6	ตารางแสดงความหนาแน่นในการใช้พื้นที่ของพนักงานจำนวน 1 คน ต่อตารางเมตร	38
7	แสดงผลการตรวจวัดปริมาณการฟุ้งกระจายของสารเคมีภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2	39
8	ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2	58
9	แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 2	77
10	แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 3	78
11	แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 4	79
12	แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 5	80
13	แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 6	81
14	แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 7	82
15	แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 8	83
16	แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 9	84
17	ผลการคำนวณภาระความร้อนสัมผัส	87
18	ผลการคำนวณภาระความร้อนแฝง	87
19	ผลรวมของภาระความร้อนแฝงและสัมผัส	88
20	การคำนวณภาระความร้อนรูปแบบที่ 1	90
21	การคำนวณภาระความร้อนรูปแบบที่ 2	90
22	การคำนวณภาระความร้อนรูปแบบที่ 3	91

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
23	การคำนวณภาระความร้อนรูปแบบที่ 4	92
24	การคำนวณภาระความร้อนรูปแบบที่ 5	93

ตารางผนวกที่

ข1	COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCES (CLTD) FOR CALCULATING COOLING LOAD FROM FLAT ROOF, F - without suspended celling	126
ข2	COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCES (CLTD) FOR CALCULATING COOLING LOAD FROM FLAT ROOF, F - with suspended celling	129
ข3	COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERNCES (CLTD) FOR CALCULATING COOLING FROM SUNLIT WALL, F	132
ข4	WALL CONSTRUCTION GROUP DESCRIPTION	136
ข5	CLTD CORRECTION FOR LATTITUDE AND MONTH APPLIED TO WALL AND ROOF, NORTH LATTITUDES, F	138
ข6	COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCES (CLTD) FOR CONDITION THROUGH GLASS	141
ข7	MAXIMUM SOLAR HEAT GAIN FACTOR (SHGF) BTU/HR-FT^2 FOR SUNLIT GLASS, NORTH LATITUDES.	142
ข8	SHADING COEFFICIENTS FOR GLASS WITHOUT OR WITH INTERIOR DEVICES	146
ข9	COOLING LOAD FACTORS (CLF) FOR GLASS WITHOUT INTERIOR SHADING, IN NORTH LATITUDE SPACES HAVING CARPETED FLOORS	147

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ข10	COOLING LOAD FACTORS (CLF) FOR GLASS WITHOUT INTERIOR SHADING, IN NORTH LATITUDE SPACES HAVING UNCARPETED FLOORS	149
ข11	COOLING LOAD FACTORS (CLF) FOR GLASS WITH INTERIOR SHADING, NORTH LATITUDES (ALL ROOM CONSTRUCTIONS)	151
ข12	SHADING FROM OVERHEAD PROJECTIONS	153
ข13	RATES OF HEAT GAIN FROM OCCUPANTS OF CONDITIONED SPACES	154
ข14	HEAT GAIN FROM EQUIPMENT	156
ข15	HEAT GAIN FROM TYPICAL ELECTRIC MOTORS	158
ข16	OVERALL HEAT TRANSFER COEFFICIENT U FOR GLASS (BTU/HR-FT^2-^{o}F)	160
ข17	MINIMUM MECHANICAL VENTILATION REQUIREMENT RATES	161
ง1	ผลการตรวจวัดจุดที่ 1	167
ง2	ผลการตรวจวัดจุดที่ 2	170
ง3	ผลการตรวจวัดจุดที่ 3	173
ง4	ผลการตรวจวัดจุดที่ 4	176
ง5	ผลการตรวจวัดจุดที่ 5	179
ง6	ผลการตรวจวัดจุดที่ 6	182
ง7	ผลการตรวจวัดจุดที่ 7	185
ง8	ผลการตรวจวัดจุดที่ 8	188
ง9	ผลการตรวจวัดจุดที่ 9	191

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากมนุษย์กับกิจกรรม	9
2	แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart)	19
3	แสดงช่วงของอุณหภูมิโอเปอเรทีฟและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับพื้นที่หน่วยเซลเซียส ,^{o}C	20
4	ช่วงสภาวะความสบาย (Comfort Zone) ในแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart)	21
5	ภาพแสดงลักษณะพื้นที่โดยรอบบริเวณอาคารโรงงาน	29
6	แสดงลักษณะโครงสร้างของตัวอาคาร	30
7	แผนผังพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของชั้น1	31
8	แสดงพื้นที่ภายในคลังเก็บสินค้า	32
9	พื้นที่ภายในห้องเครื่องมือ	34
10	ลักษณะพื้นที่และกระบวนการผลิตภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 1	35
11	แผนผังพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของชั้น 2	36
12	พื้นที่สำนักงานชั้น 2	37
13	เส้นแสดงทิศทาง จุดติดตั้ง และจุดตรวจวัดสารเคมี (เส้นสีดำ คือรัศมีการกวาดของพัดลม, เส้นสีม่วง คือทิศทางลมจากช่องลม)	40
14	แสดงลักษณะพื้นที่และกระบวนการผลิตภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2	41
15	แสดงลักษณะของเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในการตรวจวัด	49
16	แสดงลักษณะของเครื่องวัดความเร็วลมที่ใช้ในการตรวจวัด	50
17	เครื่องตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	51
18	แสดงขอบเขตพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2	52
19	แสดงการแบ่งเขตพื้นที่ย่อยๆ	53
20	เส้นแสดงทิศทาง จุดติดตั้ง และจุดตรวจวัดสารเคมี (เส้นสีดำ คือรัศมีการกวาดของพัดลม, เส้นสีม่วง คือทิศทางลมจากช่องลม)	54
21	แสดงระยะห่างในการตรวจวัด	55

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 1	59
23	กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 2	60
24	กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 3	60
25	กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 4	61
26	กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 5	61
27	กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 6	62
28	กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 7	62
29	กราฟ แสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 8	63
30	กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 9	63
31	กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 1	65
32	กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 2	66
33	กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 3	66
34	กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 4	67
35	กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 5	67
36	กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 6	68
37	กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 7	68
38	กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 8	69
39	กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 9	69
40	กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 1	70
41	กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 2	70
42	กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 3	71
43	กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 4	71
44	กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 5	72
45	กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 6	72
46	กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 7	73
47	กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 8	73

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
48	กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 9	74
49	กราฟแสดงผลการตรวจวัดความเร็วลม จุดที่ 1	75
50	กราฟแสดงผลสภาวะความสบาย จุดที่ 1	76
51	กราฟแสดงผลสภาวะความสบาย จุดที่ 2	76
52	กราฟแสดงผลสภาวะความสบาย จุดที่ 3	77
53	กราฟแสดงผลสภาวะความสบาย จุดที่ 4	78
54	กราฟแสดงผลสภาวะความสบาย จุดที่ 5	79
55	กราฟแสดงผลสภาวะความสบาย จุดที่ 6	80
56	กราฟแสดงผลสภาวะความสบาย จุดที่ 7	81
57	กราฟแสดงผลสภาวะความสบาย จุดที่ 8	82
58	กราฟแสดงผลสภาวะความสบาย จุดที่ 9	83

ภาพผนวกที่

ค1	แสดงผลการตรวจวัดปริมาณดีบุกภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2	163
ค2	แสดงผลการตรวจวัดปริมาณโทลูอีนภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2	164
ค3	แสดงผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองรวมภายในห้องเครื่องมือ	165

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

%	=	เปอร์เซ็นต์
Btu	=	Britishthermal unit
cfm	=	ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที
fpm	=	ฟุตต่อนาที
ft/min	=	ฟุตต่อนาที
ft^2	=	ตารางฟุต
hr	=	ชั่วโมง
km/hr	=	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
knots	=	นอต
m/s	=	เมตรต่อวินาที
m^2	=	ตารางเมตร
m^3	=	ลูกบาศก์เมตร
met	=	Metabolic Rate
Mg	=	มิลลิกรัม
mile/h	=	ไมล์ต่อชั่วโมง
mph	=	ไมล์ต่อชั่วโมง
^oC	=	องศาเซลเซียส
^oF	=	องศาฟาเรนไฮต์
PMV	=	Predicted Mean Vote
PPD	=	PredictedPercentage of Dissatisfied
ppm	=	Part Per Million
V	=	Voltage

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบด้านคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่ทำงาน กรณีศึกษา: โรงงานผลิต - ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟ

A Study and Analysis for Air Quality Impact and Thermal Comfort in Working Area Case Study: Electrical Assemble Factory

คำนำ

ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยมีผลจากการศึกษาสถานภาพปัจจุบันพบว่า สัดส่วนมูลค่าผลผลิตอุตสาหกรรมต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ และมูลค่าการส่งออกสินค้าอุตสาหกรรมต่อมูลค่าการส่งออกรวม มีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีผลทำให้ภาคแรงงานมีความสำคัญต่อการขับเคลื่อนกลไกทางการตลาดเกี่ยวกับการผลิตจนทำให้ความต้องการทางด้านแรงงานมีสูงขึ้นตามไปด้วย

แต่ในปัจจุบันพบว่าความต้องการทางด้านแรงงานของผู้ประกอบกิจการที่มากขึ้นนั้นสวนทางกับปริมาณแรงงานที่มีอยู่ภายในตลาดจึงทำให้ผู้ประกอบกิจการเองต้องให้ความสนใจและใส่ใจดูแลพนักงานภายในบริษัทเป็นอย่างมาก เพื่อลดจำนวนการลาออกของพนักงานภายใน เนื่องจากผู้ดำเนินงานวิจัยปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่โรงงานผลิต - ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟ จึงทำให้ทราบถึงสาเหตุของข้อเรียนของพนักงานเกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศและความสบายภายในอาคาร อันเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ปฏิบัติงาน โดยจะเห็นได้จากงานวิจัยที่กล่าวถึงโรคที่เกิดขึ้นภายในอาคาร (Sick Building Syndrome) ซึ่งเป็นโรคที่มีสาเหตุมาจากสภาพอากาศภายในพื้นที่การทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ความเร็วลมที่มากไปหรือน้อยไป การระบายอากาศที่ไม่ดี โดยปัจจัยที่กล่าวไปนั้นส่งผลต่อสภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงานภายในพื้นที่

ดังนั้นจากการตรวจสอบข้อมูลภายในพื้นที่โรงงานผลิต - ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟที่กำลังประสบปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่การทำงานที่ไม่เหมาะสมนั้น เป็นปัจจัยที่ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานลดลง ปริมาณผลผลิตที่ได้มีจำนวนน้อย อันมีสาเหตุมาจากสภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติที่อ่อนแอและความรู้สึกไม่สบายในระหว่างที่ปฏิบัติงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากเหตุผลที่กล่าวไปมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าปัญหาทางด้านคุณภาพอากาศและความสบายภายในอาคารนั้นมีบทบาทสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่และสมรรถภาพของพนักงานภายในพื้นที่การผลิต หากได้มีการศึกษาและปรับปรุงปัญหาดังกล่าว จะสามารถทำให้คุณภาพอากาศและความสบายดีขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้พนักงานสามารถทำงานได้ตามประสิทธิภาพและทำให้ผู้ประกอบการได้ผลผลิตที่ดีขึ้น ดังนั้นผู้ดำเนินงานวิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่ทำงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่การทำงาน

2. ประเมินคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่การทำงาน

3. นำผลการประเมินคุณภาพอากาศและความสบายมาใช้ปรับปรุงภายภายในพื้นที่การทำงานให้ดียิ่งขึ้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อให้ทราบถึงคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่การทำงานที่เหมาะสมกับพื้นที่ปฏิบัติงานภายในอาคาร โรงงาน

2. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศและภาวะความสบายภายในพื้นที่ปฏิบัติงานของอาคาร โรงงานอื่นๆได้

ขอบเขตงานวิจัย

1. งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในพื้นที่ภายในโรงงานผลิต - ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟ บริเวณพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2

2. งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่สามารถทำให้เกิดคุณภาพอากาศ (Indoor Air Quality) ได้แก่ ปริมาณฝุ่นละออง (Total Dust) ปริมาณการฟุ้งกระจายของสารเคมี (Tin, Toluene) และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

3. งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยทำให้เกิดความสบาย (Thermal Comfort) ตามมาตรฐาน ASHRAE 55 ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาผลกระทบด้านคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่ทำงาน กรณีศึกษา: โรงงานผลิต - ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟ

ซึ่งผู้ดำเนินงานวิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา โดยรวบรวมประเด็นต่างๆไว้ ดังนี้

1. คุณภาพอากาศภายในอาคาร
2. ความหมายของคุณภาพอากาศภายในอาคาร
3. ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร
4. วิธีการควบคุมคุณภาพอากาศภายในตัวอาคาร
5. มาตรฐานเกี่ยวกับระดับความเข้มข้นของมลพิษ
6. ความสบาย
7. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสบาย
8. แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart)
9. ขอบเขตความสบาย (Comfort Zone)
10. ภาระความร้อนของห้องปรับอากาศ
11. แหล่งกำเนิดปริมาณความร้อนที่ห้องได้รับ
12. การจำแนกแหล่งกำเนิดปริมาณความร้อน
13. การประเมินภาระความร้อน
14. ลักษณะอาคาร
15. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณภาพอากาศภายในอาคาร

กิตติพงศ์ (2549) กล่าวว่าก่อนเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันครั้งแรกในราวต้นศตวรรษที่ 70 การออกแบบอาคารตลอดจนระบบต่างๆภายในอาคารจะเน้นความสุขสบายของผู้อยู่อาศัยโดยไม่คำนึงถึงเรื่องการประหยัดพลังงานมากนัก เนื่องจากน้ำมันและพลังงานไฟฟ้ายังมีราคาถูก โดยลักษณะของอาคารในยุคนั้นมักมีลักษณะ เช่น

- โครงสร้างอาคารไม่สูงแน่นหนา
- การส่องสว่างมีความสม่ำเสมอ
- ระบบปรับอากาศจะควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

ผู้อยู่อาศัยภายในอาคารเหล่านี้ ส่วนใหญ่จะรู้สึกสบายและไม่พบอาการเจ็บป่วยเนื่องจากสภาพอากาศภายในอาคารแต่ประการใด อย่างไรก็ตาม ภายหลังการเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันครั้งแรก หลักการออกแบบตัวอาคารและระบบต่างๆภายในได้เปลี่ยนแปลงไป โดยเน้นความสำคัญของการประหยัดพลังงานเป็นหลัก ส่วนความสุขสบายได้ลดลงมาอยู่ในระดับที่ผู้อาศัยส่วนใหญ่รับได้ เช่น

- ตัวอาคารก่อสร้างแน่นหนามากขึ้น
- ใช้ฉนวนกันความร้อน เพื่อลดการถ่ายเทความร้อน
- ลดความเข้มของแสงในการส่องสว่าง
- ใช้ระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System)
- ควบคุมอุณหภูมิภายในอาคาร
- นำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารน้อยลง
- ลดปริมาณการหมุนเวียนของอากาศภายในอาคารเพื่อประหยัดพลังงาน

ผลจากการออกแบบในลักษณะเช่นนี้ ทำให้มีสิ่งสกปรกสะสมปนกับอากาศภายในอาคารเป็นจำนวนมากจนบางครั้ง อากาศภายในอาคารบางแห่งสกปรกมากกว่าอากาศภายนอกอาคารเสียอีก โดยเฉพาะพวกสารเคมีต่างๆซึ่งทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัย ประสิทธิภาพการทำงานลดต่ำลง การขาดงานมีมากขึ้น ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการใช้พลังงานที่ลดน้อยลงอาจทำให้ผลตอบแทนไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายอื่นๆที่เพิ่มขึ้น เช่น ค่ารักษาพยาบาล กรณีเกิดโรคที่มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สาเหตุมาจากคุณภาพอากาศภายในอาคาร ดังนั้น ตั้งแต่ปลายทศวรรษที่ 80 เป็นต้นมา การออกแบบอาคารและระบบต่างๆจึงมุ้งเน้นสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม อากาศภายในอาคารมีความสะอาดปราศจากสิ่งระคายเคืองหรือเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์

ความหมายของคุณภาพอากาศภายในอาคาร

วันทนี (2549) คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality, IQA) หมายถึง คุณภาพโดยรวมของอากาศภายในอาคาร ซึ่งครอบคลุมจุลชีพแขวนลอยในอากาศ สารเคมี และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายและความพึงพอใจของผู้ที่อยู่ในอาคารนั้น เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เสียงดัง และแสง เป็นต้น ซึ่งมีความหมายที่คล้ายคลึงกับ วรวิชญ์ (ม.ป.ป.) ที่กล่าวว่าคุณภาพอากาศที่ดีภายในอาคาร หมายถึง สภาวะการที่อากาศภายในอาคาร ที่อาจมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณที่ไม่มากพอที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัย หรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ หรือต่อสิ่งแวดล้อมภายในอาคารนั้นๆโดยนอกจากความหมายที่กล่าวไปในข้างต้นนั้น สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย (2545) ยังได้กล่าวถึงความหมายของคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ (Acceptable Indoor Air Quality) ในเชิงปริมาณ ซึ่งได้ให้ความหมายไว้ว่าอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ คืออากาศซึ่งไม่มีมลพิษที่ทราบอยู่ในระดับความเข้มข้นที่เป็นอันตรายตามที่เจ้าหน้าที่เป็นผู้กำหนดไว้และคนส่วนใหญ่ (ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่า) แสดงความพึงพอใจต่อสภาวะอากาศ

นอกจากความหมายของคุณภาพอากาศภายในอาคารที่กล่าวไปข้างต้นแล้วนั้น สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย (2552) ยังได้ให้ความหมายเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ เพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องไว้ว่าคือ สภาวการณ์ที่บรรยากาศกลางแจ้งมีสิ่งเจือปน เช่น ฝุ่นละออง ก๊าซต่างๆ ละอองไอ กลิ่น ควัน เป็นต้นที่ อยู่ในลักษณะของปริมาณและระยะเวลาที่นานพอที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ ทรัพย์สินของมนุษย์ หรือสิ่งแวดล้อมอื่น ๆซึ่งมีความหมายที่คล้ายคลึงกับ นพภาพร และคณะ (2547) ที่กล่าวถึงความหมายของ มลพิษทางอากาศ (Air Pollution) ไว้ว่าคือภาวะอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอ และเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ อนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ สารดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของก๊าซ หยดของเหลว หรืออนุภาค ซึ่งมลพิษทางอากาศในแต่ละพื้นที่จะมีสภาพและลักษณะที่แตกต่างกันตามแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ (Emission Sources) จากการให้ความหมายของคุณภาพอากาศภายในอาคารและมลพิษที่กล่าวไปข้างต้น พบว่า คุณภาพอากาศภายในอาคาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คือ คุณภาพอากาศภายในพื้นที่ๆทำให้ผู้ที่อยู่ภายในพื้นที่รู้สึกสบายและปราศจากมลพิษที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของผู้ที่อยู่ภายในพื้นที่นั้นๆ

ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร

Godish (1989) ได้สำรวจและศึกษาอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศโดย NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) พบว่าการเกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายนั้น มีสาเหตุที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถแยกประเภทของสาเหตุต่างๆได้ดังนี้

- ร้อยละ 50 การขาดการระบายอากาศที่เพียงพอ หมายถึง การนำอากาศใหม่เข้ามาเพื่อระบายอากาศเก่าและสิ่งสกปรกในอากาศภายในอาคาร ให้ออกไปอย่างเพียงพอ ซึ่งสิ่งที่เป็นตัวชี้วัดว่าการระบายอากาศเพียงพอหรือไม่นั้น สามารถตรวจสอบได้จากความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมิได้เป็นก๊าซที่เป็นอันตรายโดยตรง แต่เป็นการบ่งบอกว่าภายในอาคารนั้นมีการระบายอากาศที่เพียงพอหรือไม่

ณัฐพงษ์ (2548) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศและระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศกับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นไปในลักษณะผกผันกัน โดยเมื่อมีอัตราการระบายอากาศมากระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารจะลดลง นอกจากนั้นการศึกษาของมณีรัตน์ (2556) ยังแสดงให้เห็นคุณสมบัติของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่นิยมใช้วัดอัตราการระบายอากาศได้ โดยนำปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารเพราะเป็นก๊าซที่มาจากการหายใจของคนที่อยู่ในอาคารนั้นๆ

- ร้อยละ 30 เกิดจากสารปนเปื้อนหรือสารระเหยอินทรีย์ต่างๆที่เกิดขึ้นภายในอาคาร โดยมีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายใน เช่น การใช้สารเคมีภายในพื้นที่กระบวนการผลิต การใช้เครื่องมือหรือเครื่องจักรที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งมลพิษอากาศภายในอาคารสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยภายในอาคารได้

- ร้อยละ10 เกิดจากมลภาวะภายนอกอาคาร เช่น ก๊าซพิษจากการเผาไหม้ของยานพาหนะเป็นต้น

- ร้อยละ10 ที่เหลือไม่สามารถระบุสาเหตุที่ชัดเจนได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากข้อความข้างต้นที่กล่าวไปนั้นพบว่า สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารนั้นมาจากปัจจัยที่อยู่ภายในอาคารคือ การระบายอากาศ และสารปนเปื้อนหรือสารระเหยอินทรีย์ต่างๆซึ่งได้มาจากการเทียบจากสัดส่วนร้อยละสาเหตุการเกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารที่กล่าวไปข้างต้น

วิธีการควบคุมคุณภาพอากาศภายในตัวอาคาร

วิธีการควบคุมคุณภาพอากาศภายในตัวอาคาร คือการจำกัดความเข้มข้นของมลพิษชนิดต่างๆที่ทราบแน่ชัดให้อยู่ในระดับที่กำหนดไว้ วิธีนี้ใช้หลักการประเมินคุณภาพอากาศทั้งเชิงปริมาณและการใช้ดุลพินิจส่วนบุคคล

1. การประเมินคุณภาพอากาศเชิงปริมาณ (Quantitative Evaluation) ซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดระดับมลพิษของอากาศภายในอาคาร ตามระยะเวลาที่คนอาศัยได้สัมผัสกับสิ่งสกปรกเหล่านั้นด้วยมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้อง
2. การประเมินคุณภาพอากาศโดยใช้ดุลยพินิจ (Subjective Evaluation) ในบางครั้งมลพิษที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่อาคารไม่มีมาตรฐานกำหนดเกี่ยวกับปริมาณภายในพื้นที่ ดังนั้น ผู้ออกแบบสามารถกำหนดเกณฑ์จากดุลยพินิจของบุคคลที่มีความรู้

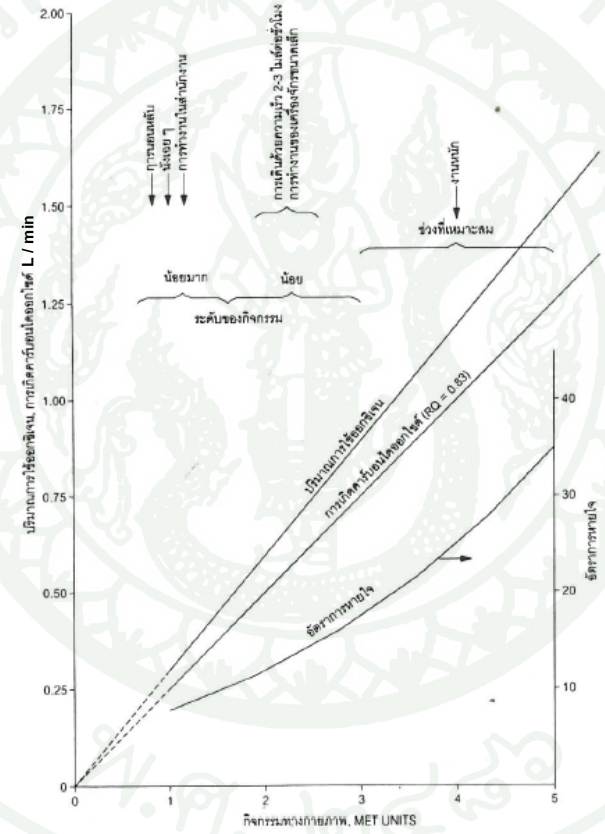
มาตรฐานเกี่ยวกับระดับความเข้มข้นของมลพิษ

1. มาตรฐานเกี่ยวกับระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคาร

ณัฐพงษ์ (2548) กล่าวว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือสสารสถานะก๊าซชนิดหนึ่งที่มีสภาพไร้สี ไร้กลิ่น ไร้พิษ เกิดจากการเผาไหม้และกระบวนการเผาผลาญอาหารในร่างกายมนุษย์จากการทำกิจกรรมต่างๆและแม้ว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ได้มีคุณสมบัติเป็นสารพิษต่อร่างกาย แต่ถ้าหากร่างกายได้รับปริมาณที่มากอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อร่างกาย เช่น มีอาการปวดศีรษะ เหนื่อยล้า และมีปัญหาทางเดินหายใจส่วนบน นอกจากคุณสมบัติของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นพิษต่อร่างกายแล้วนั้น สมาคมวิศวกรรมการทำความร้อน การทำความเย็น และการปรับอากาศประเทศสหรัฐอเมริกา (American Society of Heating, Refrigeration and

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Air - Conditioning Engineers, ASHRAE) ได้กำหนดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารไว้ไม่ควรเกิน 1000 ppm ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดจากระดับสารชีวภาพจากการขับถ่ายของคนที่ผู้อาศัยสามารถยอมรับได้ สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย (2548) กล่าวว่าระดับกิจกรรมที่ 1.2 met (1.0 met มีค่าเท่ากับ 18.4 Btu/hr.ft^2) จะมีอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.31 ลิตร/นาที โดยจะสอดคล้องกับบุคคลที่นั่งอยู่ ซึ่งจากการทดลองและศึกษาจะพบว่าอากาศที่จ่ายให้กับคนที่นั่งอยู่ประมาณ 7.5 ลิตร/นาที (15 cfm) จะสามารถเจือจางกลิ่นจาก Human Bio - Effluent ถึงระดับที่คนส่วนใหญ่พึงพอใจ ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากมนุษย์กับกิจกรรม

ที่มา: สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. มาตรฐานเกี่ยวกับปริมาณการฟุ้งกระจายของดีบุก (Tin) ภายในบรรยากาศ

กรมควบคุมมลพิษ กล่าวถึงความอันตรายของดีบุกไว้ว่าหากหายใจเอาสารดีบุกเข้าไปภายในร่างกายจะมีผลทำลายเนื้อเยื่อบุเมมเบรน (Membrane) และทางเดินหายใจส่วนบนรวมไปจนถึงการแสดงอาการในลักษณะของการไอ หายใจติดขัด กล่องเสียงอักเสบ คอแห้ง เจ็บคอ หายใจลำบาก หายใจถี่ๆปวดศีรษะคลื่นไส้ และอาเจียน ซึ่งสารนี้สามารถดูดซึมเข้าไปในร่างกายโดยการหายใจอาจทำให้มีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง ตับ ไต ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เป็นโรคปอดบวม และปอดอักเสบ โดย The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ได้กำหนดเกี่ยวกับปริมาณการสัมผัสสารดีบุกไว้ที่ Time - Weighted Average (TWA) เท่ากับ 2 mg/m^3

3. มาตรฐานเกี่ยวกับปริมาณการฟุ้งกระจายของโทลูอีน (Toluene) ภายในบรรยากาศ

วิไล และคณะ (2531) กล่าวว่าความวามเป็นพิษของโทลูอีน คือการกดระบบประสาทส่วนกลางและกดการทำงานของไขกระดูก Wilson และ C.R.H. (1943) พิษของโทลูอีน แบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือพิษเฉียบพลัน และพิษเรื้อรัง ซึ่งพิษเฉียบพลันมีอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน แน่นหน้าอก เดินโซเซ ตาพร่า ตัวสั่นกระตุก หายใจเร็วขึ้น หัวใจเต้นไม่สม่ำเสมอ อัมพาต หมดสติ ไต และตับถูกทำลาย Knox *et al.* (1966) พิษเรื้อรังมีอาการปวดศีรษะ เบื่ออาหาร เซื่องซึม ตกใจง่าย ระบบประสาทหายใจช่วงต้นอักเสบ โดยประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) หมวด 1 ข้อ 4 กล่าวว่า ห้ามมิให้นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานในที่ที่มีปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีเกินกว่าที่กำหนดไว้ ซึ่งได้กำหนดเกี่ยวกับปริมาณความเข้มข้นของสารโทลูอีน ไว้ที่ Time - Weighted Average (TWA) เท่ากับ 200 ppm

4. มาตรฐานเกี่ยวกับการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง (Total Dust) ในบรรยากาศ

อาทร (2547) ฝุ่นละอองรวม คือมลสารในอากาศอาจเป็นของแข็งหรือของเหลวเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะรบกวนระบบทางเดินหายใจ และการทำงานของปอด พงศ์สฤษดิ์ (2550) ได้กล่าวถึงระดับความอันตรายของฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ที่สัมผัส โดยระดับความอันตรายนั้นจะขึ้นอยู่กับความสามารถ ในการผ่านเข้าไปในทางเดินหายใจ และยังส่งผลกระทบต่อทางเดินหายใจในลักษณะอาการต่างๆ เช่น การระคายเคือง โดยเมื่อสูดดมฝุ่นละอองที่ระคายเคือง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต่อเยื่อบุทางเดินหายใจเข้าไป ต่อมเมือกจะเกิดการขยายตัวมีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นผลทำให้มีการผลิตสารเมือกมากขึ้นภายในหลอดลม จนทำให้พื้นที่ภายในหลอดลมแคบลง จนเป็นสาเหตุนำไปสู่อาการหลอดลมอักเสบ ซึ่งถ้าเป็นบ่อยๆอาจนำไปสู่ปัญหาโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง โดยประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) หมวด 1 ข้อ 5 ห้ามมิให้นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานในพื้นที่ที่มีปริมาณฝุ่นแร่ในบรรยากาศของการทำงาน ตลอดระยะเวลาการทำงานปกติโดยเฉลี่ยเกินกว่าที่กำหนดไว้ ซึ่งได้กำหนดเกี่ยวกับปริมาณฝุ่นแร่เฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ เท่ากับ 15 mg/m^3

ความสบาย

ASHRAE55 (2004) ความสบาย (Thermal Comfort) คือสภาวะอากาศที่กล่าวถึงความพึงพอใจเกี่ยวกับอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมในภาพรวม เพราะการตอบสนองต่อความสบายในแง่ต่างๆที่มาจากแต่ละบุคคลนั้นมีความหลากหลายและเป็นเรื่องยากที่จะทำให้บุคคลหลายๆคนมีความคิดเห็นที่ตรงกันหรือเหมือนกัน ซึ่ง Reynolds and Stein (1992) สภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิอาจ หมายถึงการที่ตัวเราไม่รู้สึกอยู่ในสภาวะไม่น่าสบาย หรือไม่รู้สึกตัวเองว่าเราได้มีการสูญเสียความร้อน หรือได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อม เป็นสภาวะที่สมดุลทางอุณหภูมิหรือระหว่างร่างกายกับสภาวะแวดล้อม

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสบาย

ซึ่งทาง ASHRAE ได้กำหนดเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความสบาย จำนวน 6 ปัจจัย คือ

1. อุณหภูมิอากาศ (Air temperature)
2. อุณหภูมิพื้นผิว (Radiant Temperature)
3. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
4. ความเร็วลม (Air Speed)
5. ความต้านทานของเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย (Clothing Insulation)
6. อัตราการเผาผลาญ (Metabolic Rate)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)

อุณหภูมิอากาศเป็นตัวแปรหนึ่งในการบ่งบอกถึงความสบายด้านอุณหภูมิและยังเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศบริเวณโดยรอบร่างกายจะสร้างผลกระทบต่ออุณหภูมิร่างกายมนุษย์ ทั้งภายใน (Core Body Temperature) และภายนอกร่างกาย โดยทั่วไปกระบวนการภายในร่างกายมนุษย์จะมีการปรับสมดุลของอุณหภูมิภายในร่างกายตัวเองเพื่อตอบรับกับสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน เช่น ในกรณีอากาศร้อน ร่างกายจะเพิ่มอัตราการหมุนเวียนของโลหิตไปยังที่ผิวหนังเพื่อให้เกิดการขับเหงื่อ เพื่อถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายและรักษาอุณหภูมิภายในร่างกายไม่ให้สูงขึ้นมากนัก หรือในบางครั้งร่างกายต้องลดอัตราการหมุนเวียนของโลหิตเพื่อลดการสูญเสียความร้อนในร่างกาย และเพิ่มกระบวนการเผาผลาญพลังงาน (Metabolism) เพื่อรักษาอุณหภูมิในร่างกายในกรณีที่ต้องต่อสู้กับอากาศที่หนาวเย็น โดยกระบวนการเผาผลาญพลังงานภายในร่างกายจะเปลี่ยนแปลงไปตามวัย ซึ่งจะพบว่าผู้สูงอายุที่มีวัยเกิน 80 ปีจะมีการเผาผลาญพลังงานต่ำกว่าหนุ่มสาววัย 20 ปี กว่า 20% ดั้งนั้น ในสภาวะอากาศเดียวกันผู้สูงอายุจะมีอุณหภูมิในร่างกายและอุณหภูมิที่ผิวหนังต่ำกว่าคนหนุ่มสาว

2. อุณหภูมิพื้นผิว (Radiant Temperature)

อุณหภูมิพื้นผิวเป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบอันเกิดจากการแผ่รังสีความร้อนที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมนั้นๆซึ่งรวมไปถึงแสงแดดโดยตรงด้วยการแผ่รังสีของทุกพื้นผิวที่กระทำกับร่างกายและตำแหน่งของส่วนที่เปิดเผยของร่างกายเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอย่างมากเพราะอาจทำให้รู้สึกร้อนหรือไม่สบาย แม้ว่าอุณหภูมิของอากาศภายในอาคารจะอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมก็ตาม โดยสามารถวัดค่าอุณหภูมิพื้นผิวออกมาได้ในรูปของOperation Temperature โดยที่ค่า Operation Temperature นั้นจะเป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศในห้องและค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวต่างๆภายในห้องนั้น (Mean Radiant Temperature)

3. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์เป็นสัดส่วนส่วนของความชื้นที่มีอยู่ในอากาศขณะนั้น เมื่อเทียบกับปริมาณสูงสุดที่อากาศสามารถมีความชื้นได้โดยปราศจากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ Condensation) ช่วงของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ทำให้เกิดความสบายกำหนดไว้ที่ 20 – 80 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะแสดงค่าในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ (%) และเมื่อเทียบลำดับความสำคัญของความชื้นในอากาศ พบว่าค่าความชื้นในอากาศจะมีความสำคัญที่น้อยในสภาพอากาศที่เย็น เนื่องจากการสูญเสียความร้อนโดยการนำ การพา และการแผ่รังสี จะมีผลมากกว่า แต่ความชื้นจะมีความสำคัญมากในสภาพอากาศที่ร้อนและแห้ง โดยความชื้นจะระเหยออกจากร่างกายได้อย่างรวดเร็วในรูปแบบของเหงื่อ

ตารางที่ 1 ค่าแนะนำสภาวะการออกแบบภายในอาคาร

ลักษณะการใช้งาน	**อุณหภูมิกระเปราะแห้ง (องศาเซลเซียส)**	**ความชื้นสัมพัทธ์ เปอร์เซ็นต์**
เพื่อความสบายโดยทั่วไป ที่พักอาศัย โรงแรม สำนักงาน โรงเรียน	24	55
ร้านค้าและการใช้งานในระยะเวลาสั้น ห้างสรรพสินค้า ซูปเปอร์มาร์เก็ต สถานีขนส่งทางเดิน	25	55
พื้นที่ที่มีอัตราส่วนความร้อนสัมพัทธ์ต่ำ ร้านอาหาร สนามกีฬาในร่ม หอประชุม สถานที่ชุมนุมคน ครัว	25	60
หมายเหตุ:กรณีที่มีการควบคุม Mean Radian Temperature ของพื้นผิวในพื้นที่ปรับอากาศ หรือความเร็วกระแสลมในพื้นที่ปรับอากาศ ให้นำผลดังกล่าวมาประกอบพิจารณาการกำหนดสภาวะการออกแบบในอาคารด้วย		

ที่มา: สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (2548)

4. ความเร็วลม (Air Speed)

ความเร็วลมที่ผ่านผู้อยู่อาศัยมีผลกระทบต่อความสบาย พบว่าการถ่ายเทความร้อนโดยการพาระหว่างร่างกายกับสภาพแวดล้อมเมื่ออากาศรอบๆตัวเราเคลื่อนไหวผ่านร่างกาย ก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวของร่างกายกับอากาศที่อยู่บริเวณผิวกาย โดยลมที่พัดผ่านตัวคนจะพาความร้อนรอบตัวไป ทำให้รู้สึกเย็น ทั้งยังพัดพาความชื้นบริเวณผิวร่างกายออกไปซึ่งช่วยให้การ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระเหยของเหงื่อดีขึ้น เมื่อร่างกายสูญเสียความร้อนได้ดีขึ้น จะทำให้รู้สึกเย็นสบายแต่จะต้องมีความเร็วลมที่เหมาะสม เมื่อความเร็วลมที่น้อยเกินไปจะทำให้รู้สึกอึดอัดไม่มีการถ่ายเทอากาศและเมื่อความเร็วลมมากเกินไปก็จะทำให้รู้สึกรำคาญหรือรบกวนการทำงานหรือกิจกรรมต่างๆ สมสิทธิ์ (2541) การพัดของลมต้องพิจารณาทั้งภายนอกอาคารและการหมุนเวียนของอากาศภายในอาคาร การพัดผ่านภายนอกอาคารทำให้เกิดการพาความร้อน และการรั่วของความร้อนเนื่องจากช่องต่างๆ เช่น ขอบวงกบช่องเปิดซึ่งมีความสำคัญสำหรับการปรับอากาศ

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและผลที่อาจเกิดขึ้นทางด้านอุณหภูมิและความรู้สึก

ความเร็วลม	ความเป็นไปได้ของความรู้สึกอุณหภูมิที่ลดลง (ระหว่าง 80 - 90 °F ตัวเลขที่มากสนองกับบริเวณที่มีความชื้นสูง)	ผลที่อาจจะเกิดขึ้น
0 - 50 fpm	ไม่มีความรู้สึกเปลี่ยนแปลงในความสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
50 - 100 fpm	รู้สึกอุณหภูมิต่ำลง 2 - 3 °F	สบาย
100 - 200 fpm	รู้สึกอุณหภูมิต่ำลง 4 - 5 °F	โดยทั่วไปรู้สึกว่าสบาย แต่รับรู้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ
200 - 300 fpm	รู้สึกอุณหภูมิต่ำลง 5 - 7 °F	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อย จนถึงรู้สึกรบกวนได้
สูงกว่า 300 fpm	รู้สึกอุณหภูมิต่ำลงมากกว่า 5 - 7 °F	ต้องการแก้ไขที่ถูกต้อง เพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพและถูกสุขลักษณะ

ที่มา: Benjamin (1992)

5. ความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า (Clothing insulation)

เสื้อผ้าที่เราสวมใส่นั้นทำหน้าที่เสมือนชั้นของฉนวนหรือตัวขัดขวางการสูญเสียความร้อนไปสู่สิ่งแวดล้อม โดยมีผลอย่างมากต่อการถ่ายเทความร้อนของร่างกายไปสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบ 4 ลักษณะ คือการนำ การพา การแผ่รังสี และการระเหย ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบสูง ผู้ที่สวมใส่เสื้อผ้าหนาหลายชั้นจะรู้สึกร้อน เนื่องจากเสื้อผ้าเป็นฉนวนที่ทำให้การถ่ายเทความร้อนส่วนเกินออกจากร่างกายช้าลงและลำบากขึ้น ซึ่งมีค่าความต้านทานหรือความเป็นฉนวนของเสื้อผ้าประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือชนิดของเสื้อผ้า (Fabric) และช่องว่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของอากาศระหว่างเนื้อผ้า (Air Layer) โดยหน่วยที่ใช้วัดความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้าที่นิยมใช้กันคือ หน่วยเป็น Clo โดยค่า 1 Clo จะมีค่าประมาณเทียบเท่ากับชุดสูททำงานโดยทั่วไปของชาวอเมริกันปี 1941 และถือให้คนไม่สวมใส่เสื้อผ้า (เปลือย) มีค่า Clo เท่ากับ 0

ตารางที่ 3 แสดงค่า Clo - Value ของเครื่องแต่งกายแบบต่างๆ

ลักษณะการแต่งกาย	I_{cl} (Clo)	I_{cl} ($m^2\ ^oC/W$)
กางเกงขาสั้น + เสื้อเชิ้ตแขนสั้น	0.41	0.064
กางเกงขายาว + เสื้อเชิ้ตแขนสั้น	0.50	0.078
กางเกงขายาว + เสื้อเชิ้ตแขนยาว	062	0.096
กางเกงขายาว + เสื้อเชิ้ตแขนยาว + เสื้อแจ็คเกต	0.96	0.015
เสื้อยืด + เสื้อแขนยาว + กางเกงขายาวหลวม + เสื้อสเวตเตอร์แขนยาว	0.01	0.157
กระโปรงยาวถึงเข่า +เสื้อเชิ้ตแขนสั้น + รองเท้าแตะ	0.54	0.084
กระโปรงยาวถึงเข่า + เสื้อเชิ้ตแขนยาว + สลิปแบบเต็มตัว + รองเท้าแตะ	0.67	0.104
กระโปรงยาวถึงเข่า + เสื้อเชิ้ตแขนยาว + สลิปแบบครึ่งตัว + ชุดสูท	1.10	0.171

ที่มา: Benjamin (1992)

6. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolic rate)

ร่างกายของมนุษย์มีการผลิตความร้อนออกมาอย่างต่อเนื่องแม้กระทั่งในเวลาพักผ่อน ซึ่งในแต่ละกิจกรรมจะมีการผลิตในปริมาณค่าที่แตกต่างกันไป เช่น เมื่อมนุษย์หลับ ร่างกายจะผลิตความร้อนในอัตราเล็กน้อย เมื่อเทียบกับกิจกรรมที่จะต้องออกแรงมาก จะมีอัตราในการผลิตความร้อนที่สูง อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายของมนุษย์ขึ้นอยู่กับลักษณะของกิจกรรม (Activity Level) เช่น นั่งทำงาน เดิน วิ่ง หรือเล่นกีฬา เป็นต้น โดยจะวัดค่าเป็นพลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่มีหน่วยเป็น met โดย 1 met เท่ากับ 58.15 W/m^2 หรือ 18.4 Btu/h - ft^2 ของพื้นผิวของร่างกายซึ่งความร้อนที่ถูกผลิตออกมานั้น มีเพื่อรักษาสมดุลของร่างกายให้คงที่ ซึ่งความต้องการด้านพลังงานของร่างกายมนุษย์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเกี่ยวกับการผลิตความร้อนมาจากการบริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เช่น การกินอาหาร การดื่มน้ำ และกระบวนการในการเปลี่ยนแปลงอาหารให้เป็นพลังงาน คือการเผาผลาญพลังงาน (Metabolism) ดังนั้นร่างกายจึงจำเป็นจะต้องมีการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนกับสิ่งแวดล้อมภายนอกอยู่ตลอดเวลา โดยถ้าร่างกายผลิตความร้อนมากกว่าความร้อนที่ร่างกายสูญเสียไป มนุษย์จะมีความรู้สึกไม่สบายหรือรู้สึกร้อน ซึ่งในทางกลับกันถ้าอัตราการสูญเสียความร้อนของร่างกายมีมากกว่าอัตราการผลิตและได้รับความร้อนมา อุณหภูมิร่างกายจะลดลง จนทำให้รู้สึกหนาว เย็น

ตารางที่ 4 แสดง Metabolic Rate ในกิจกรรมต่างๆ

ระดับกิจกรรม	**Metabolic Rate (Met)**	**Btu /h - ft^2**
นอนพักผ่อน	0.7	13
นั่งพักผ่อน	1.0	18
เดิน (1.34 เมตร/วินาที)	2.6	48
นั่งอ่านหนังสือ, เขียนหนังสือ	1.0	18
ขับรถ	1.0 - 2.0	18 - 37
ทำอาหาร	1.6 - 2.0	29 - 37
ทำความสะอาด, ทำงานบ้าน	2.0 - 3.4	37 - 63

ที่มา: Walter T *et al.* (1992)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แผนภูมิไซโครเมตริก

อากาศที่อยู่รอบตัวเราประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ อากาศแห้งและไอน้ำ (ความชื้น) ซึ่งสามารถทราบค่าคุณสมบัติของอากาศ ณ เวลาต่างๆ ได้จากการอ่านค่าจากแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) ซึ่งภายในแผนภูมิไซโครเมตริกจะประกอบไปด้วยข้อมูลที่เกี่ยวกับ

1. อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry - Bulb Temperature)

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง หมายถึง อุณหภูมิของวัตถุที่สามารถอ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ทั่วไป หรือเครื่องวัดอุณหภูมิ โดยขณะที่ทำการวัดอุณหภูมิอยู่นั้น จะต้องควบคุมไม่ให้ได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีความร้อนของแหล่งกำเนิดความร้อนต่างๆ เช่น ดวงอาทิตย์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการดูดซับความร้อนระหว่างตัวรับรู้และแหล่งกำเนิด จนทำให้ค่าที่ได้จากการตรวจวัดผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง

2. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet - Bulb Temperature)

อุณหภูมิกระเปาะเปียก หมายถึง ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถบันทึกได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดธรรมดาหรือเครื่องมือวัดอุณหภูมิอื่นๆที่กระเปาะถูกหุ้มด้วยสำลีชุบน้ำและมีความเร็วลมหรืออากาศพัดผ่านจนทำให้เกิดการระเหยของน้ำในบริเวณนั้น

3. อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew - Point Temperature)

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง หมายถึง อุณหภูมิที่เปลี่ยนจุดกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนของไอน้ำในอากาศและกำลังดันของตัวมันเอง ซึ่งกล่าวได้ว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเป็นอุณหภูมิที่ไอน้ำเกิดการควบแน่นและกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศมีอุณหภูมิลดลงแต่ปริมาณไอน้ำในอากาศยังคงเท่าเดิม โดยหากมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า ณ ขณะนั้นเป็นสภาวะที่อากาศอิ่มตัว คือไม่สามารถรับไอน้ำเพิ่มขึ้นได้อีกและหากมีปริมาณไอน้ำเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้ไอน้ำในอากาศเกิดการกลั่นตัวและควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำ สภาวะนี้เรียกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio)

อัตราส่วนความชื้น หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่ระเหยขึ้นสู่อากาศที่มีหน่วยเป็น กรัม ไอน้ำต่อกิโลกรัมอากาศแห้ง

5. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

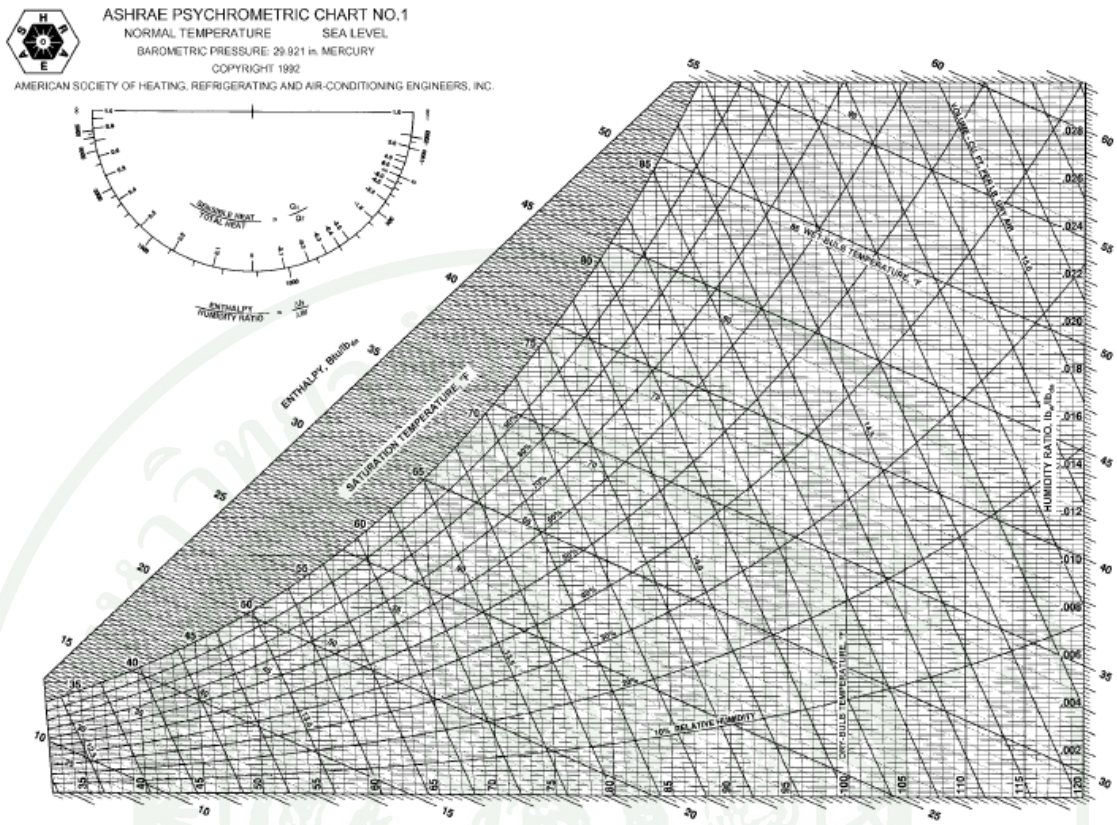
ความชื้นสัมพัทธ์ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความดันย่อยของไอน้ำที่อุณหภูมิหนึ่งต่อความดันย่อยของไอน้ำอิ่มตัว ที่อุณหภูมิเดียวกัน หรือเป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของไอน้ำในอากาศแห้งหนึ่งลูกบาศก์เมตร ต่อน้ำหนักของไอน้ำที่อิ่มตัวในสภาวะเดียวกันที่อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ความชื้นจำเพาะและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ เสมอ

6. เอนทัลปี (Enthalpy)

เอนทัลปี หมายถึง คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ที่บ่งบอกถึงระดับพลังงานที่ผสมผสานระหว่างความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) ความร้อนแฝง (Latent Heat) และงานไหล (Flow Work) ซึ่งเป็นค่า ณ สภาวะใดๆ

พารามิเตอร์หรือคุณสมบัติต่างๆที่กล่าวมาข้างต้น มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน สามารถคำนวณ หรือบอกพิกัดของค่าต่างๆได้ เพียงแค่ทราบค่าคุณสมบัติที่อิสระต่อกัน 2 ค่า ก็สามารถหาค่าคุณสมบัติอื่นๆได้ทางแผนภูมิไซโครเมตริกได้ทั้งหมด ดังภาพที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



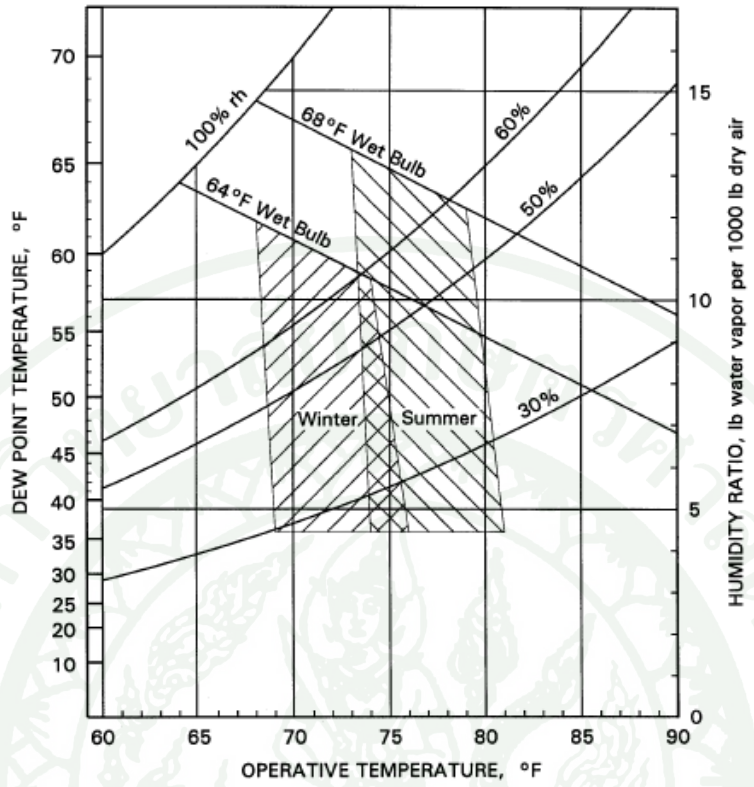
ภาพที่ 2 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart)

ที่มา: ASHRAE (2009)

ขอบเขตความสบาย

ขอบเขตความสบาย คือ ขอบเขตของสภาพอากาศในช่วงเวลาหนึ่งที่ทำให้ร่างกายมนุษย์อยู่ในสภาวะอากาศที่เกิดความสบาย ซึ่งหมายความถึง สภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นในอากาศที่พอเหมาะที่จะทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกสบาย ไม่ร้อนหรือไม่หนาวจนเกินไป ร่างกายไม่มีเหงื่อ มีปริมาณไอน้ำในอากาศที่พอเหมาะจนไม่เกิดความชื้นหรือแห้งจนเกินไป อัตราความเร็วลมอยู่ในเกณฑ์ที่พอเหมาะ และไม่ก่อให้เกิดการรบกวน ซึ่งทาง ASHRAE ได้กำหนดขอบเขตเกี่ยวกับความสบาย โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงฤดู คือ ฤดูหนาวและฤดูร้อน ตามภาพที่ 3 และภาพที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

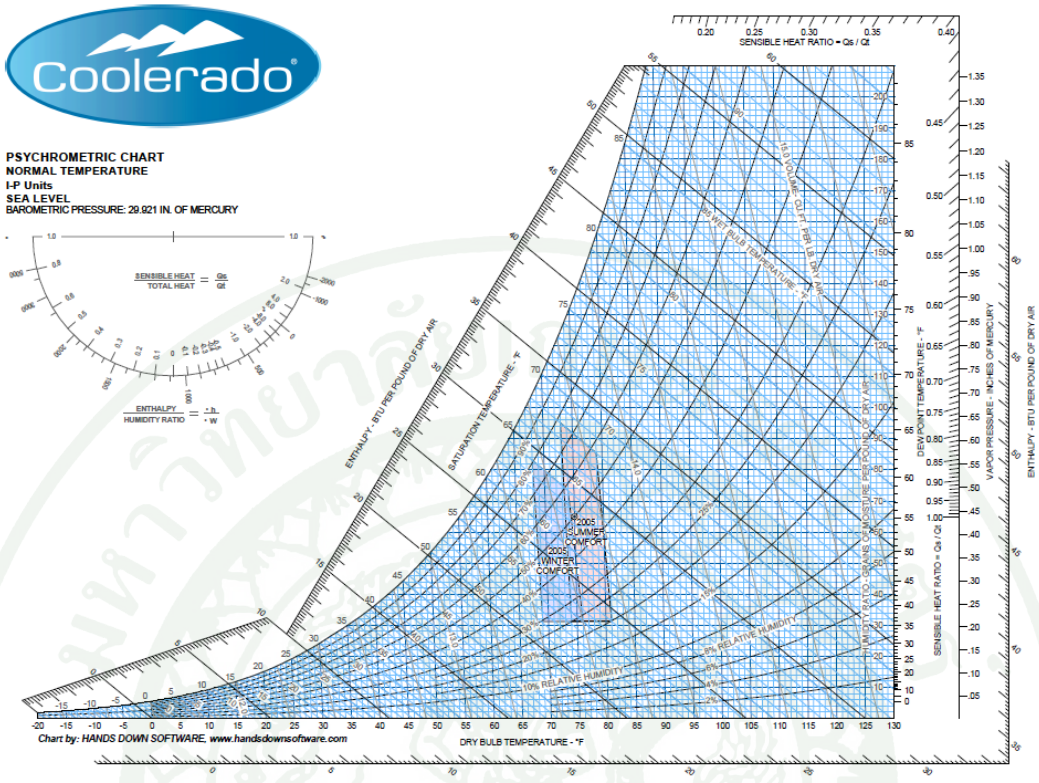


ภาพที่ 3 แสดงช่วงของอุณหภูมิโอเปอเรทีฟและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับพื้นที่

หน่วยเซลเซียส, °C

ที่มา: ASHRAE (2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 ช่วงความสบาย(Comfort Zone) ในแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart)

ที่มา: Coolerado (2556)

ภาระความร้อนของห้องปรับอากาศ

วุฒิไกร (2547) และ Pita (1989) ภาระความร้อนของห้องปรับอากาศ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ถูกดูดออกไป เพื่อควบคุมและรักษาอุณหภูมิและความชื้นไว้ในระดับที่ทำให้คนรู้สึกสบายภายในห้องได้ตามที่ออกแบบไว้ ดังนั้นภาระของการทำความร้อนภายในห้องปรับอากาศจึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการทราบขนาดของเครื่องปรับอากาศ วัสดุ อุปกรณ์ ท่อน้ำ และท่อลม รวมไปถึงการเลือกชนิดของเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับอาคารนั้นๆ และการคำนวณภาระความร้อนที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากสิ่งต่างๆ โดยการคำนวณภาระความร้อนนี้เป็นพื้นฐานของหลักการแลกเปลี่ยนความร้อน ในที่นี้จะใช้การคำนวณการสูญเสียความร้อนและภาระความร้อนวิธีการคำนวณภาระความร้อนเป็นข้อเสนอของ 1985 ASHRAE Handbook Fundamentals

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อากาศที่อยู่ภายในอาคาร ในห้องทำงาน จะรับเอาความร้อนจากแหล่งต่างๆระหว่างที่มีการปรับอากาศ เนื่องจากการสูญเสียความร้อน ณ เวลาใดๆจะเท่ากับภาระความร้อน ณ เวลานั้น โดยที่ปริมาณความร้อนที่จะต้องเอาออกไปจากห้องหรืออาคารจะไม่เท่ากับปริมาณความร้อนที่รับเข้ามา ณ เวลานั้นเสมอไป ความแตกต่างนี้มีผลมาจากการเก็บสะสมความร้อนของอาคาร ปริมาณความร้อนที่เข้ามาทั้งหมดภายในอาคารที่เวลาใดๆ ความร้อนเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นที่จะส่งผลทำให้อากาศภายในห้องร้อนขึ้น ความร้อนส่วนที่เหลือจะทำให้ห้องร้อนขึ้นในเวลาต่อมา เนื่องจาก หลังคา ผนัง พื้น และเฟอร์นิเจอร์ มีการอมความร้อนส่วนที่เหลือเอาไว้จนกระทั่งเมื่อถึงช่วงเวลาหนึ่งความร้อนส่วนที่เหลือที่ถูกอมไว้จะถ่ายเทให้อากาศภายในห้อง โดยการพาความร้อน

แหล่งกำเนิดปริมาณความร้อนที่ห้องได้รับ

1. ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านนอก เช่น หลังคาและกระจก
2. ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านใน เช่น เพดานและพื้นห้อง
3. ความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านกระจก
4. ความร้อนจากไฟแสงสว่าง
5. ความร้อนจากผู้อยู่อาศัย
6. ความร้อนจากอุปกรณ์และเครื่องมือ
7. ความร้อนจากการระบายอากาศ

ความร้อนจากแหล่งที่ 1 ถึง 4 จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นแต่เพียงอย่างเดียว ถือได้ว่าเป็นแหล่งความร้อนสัมผัส และความร้อนจากแหล่งที่ 5, 7 จะทำให้ทั้งอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องสูงขึ้น หรือเป็นทั้งแหล่งความร้อนสัมผัสและแหล่งความร้อนแฝง ส่วนความร้อนจากแหล่ง 6 อาจเป็นแหล่งความร้อนได้ทั้งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ โดยในการคำนวณโหลดความเย็นของห้องจำเป็นต้องแยกคำนวณความร้อนจากทั้ง 2 แหล่งกำเนิด คือความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง เพื่อประโยชน์ในการเลือกเครื่องทำความเย็นต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประเมินภาระความร้อน

1. ความร้อนผ่านถ่ายเทผ่านผนังด้านนอก เป็นการนำความร้อนผ่านโครงสร้างด้านนอกผ่านหลังคา ผนัง และกระจก อาจหาสมการนี้ได้จาก

$$Q = U \times A \times CLTD_C \quad (1)$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ ความร้อนสุทธิที่ไหลผ่านหลังคา ผนัง หรือกระจก (Btu/hr)

U คือ สัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา ผนัง หรือ กระจก (Btu/hr-^{o}F-ft^{2}) เป็นค่าที่ได้จากตารางผนวกที่ ข1 ข2 ข4 และ ข16

A คือ พื้นที่ของหลังคา ผนัง หรือกระจก (ft^{2})

$CLTD_c$ คือ ค่า CLTD ที่ได้มีการปรับแก้แล้ว (^{o}F)

โดย

$$CLTD_C = \left[CLTD+LM+\left(78-t_R\right)+\left(t_a-85\right)\right] \quad (2)$$

สามารถหาได้จาก

CLTD คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิ เป็นค่าที่ได้จากตารางผนวกที่ ข1 ข2 ข3 และ ข6 (^{o}F)

LM คือ ปรับละติจูดและเดือน เป็นค่าที่ได้จากตารางผนวกที่ ข5

t_R คือ ค่าอุณหภูมิห้อง (^{o}F)

t_a คือ อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย ซึ่งได้มาจากค่าสูงสุดเฉลี่ยในฤดูร้อนที่คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514 – 2543) คือ 93 (^{o}F)

2. ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านใน เช่น เพดานและพื้นห้องค่าความร้อนที่ไหลผ่านจากพื้นที่ภายในอาคารผนังกั้น พื้น และเพดาน อาจหาได้จากสมการนี้

$$Q = U \times A \times TD \quad (3)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถหาได้จาก

Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังกั้นด้านใน พื้น และเพดาน (Btu/hr)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสำหรับผนังด้านใน พื้น และเพดาน (Btu/hr-^{o}F-ft^{2}) เป็นค่าที่ได้จากตารางผนวกที่ ข4 และ ข16

A คือ พื้นที่ผนังด้านใน พื้น และเพดาน (ft^{2})

TD คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างห้องปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ อาจประมาณได้ที่ 5 ^{o}F

3. ความร้อนจากแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านกระจก ค่าพลังงานการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านวัสดุโปร่งใส เช่น กระจก และกลายเป็นค่าความร้อนภายในห้อง โดยค่านี้จะแปรเปลี่ยนไปตามเวลา ทิศ ร่มเงาที่บังกระจกและการเก็บสะสมความร้อนภายในห้อง อาจหาได้จากสมการนี้

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF \quad (4)$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ ค่าความร้อนสุทธิที่ได้รับจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านกระจก (Btu/hr)

SHGF คือ แฟคเตอร์ความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ (Btu/hr-ft^{2}) เป็นค่าที่ได้จากตารางผนวกที่ ข7

A คือ พื้นที่ของกระจก (ft^{2})

SC คือ แฟคเตอร์เครื่องบังแสง (การบังแดด) เป็นค่าที่ได้จากตารางผนวกที่ ข8

CLF คือ แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับกระจก เป็นค่าที่ได้จากตารางผนวกที่ ข9 ข10 และ ข11

4. ความร้อนจากแสงสว่าง (Light) ค่าความร้อนแสงสว่าง อาจหาได้จากสมการนี้

$$Q = 3.4 \times W \times BF \times CLF \quad (5)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถหาได้จาก

Q	คือ	ความร้อนสุทธิที่ได้รับจากแสงสว่าง (Btu/hr)
3.4	คือ	ค่าตัวคงที่ที่ใช้ในการเปลี่ยน wattsให้เป็น Btu โดย 1 watt มีค่าเท่ากับ 3.4 Btu/hr
W	คือ	ขนาดของหลอดไฟ (watts)
BF	คือ	แฟคเตอร์ของบัลลาสท์ มีค่าเท่ากับ 1.25
CLF	คือ	แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับหลอดไฟ โดย ASHRAE Fundamental Volume กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.0

5. ค่าความร้อนจากคน ความร้อนจากคน แบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และความร้อนแฝง (Latent Heat) ความร้อนสัมผัสที่ถ่ายเทออกมานั้นส่วนหนึ่งอาจถูกดูดซับเอาไว้ แต่ไม่รวมถึงความร้อนแฝงสามารถคำนวณหาความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงได้จากสมการนี้

$$Q_S = q_s \times n \times CLF \quad (6)$$

$$Q_l = q_l \times n \quad (7)$$

สามารถหาได้จาก

Q_S	คือ	ความร้อนสัมผัสที่ได้รับ (Btu/hr)
Q_l	คือ	ความร้อนแฝงที่ได้รับ (Btu/hr)
q_s	คือ	ความร้อนสัมผัสที่ได้รับต่อคน จากตารางผนวกที่ ข14
q_l	คือ	ค่าความร้อนแฝงที่ได้รับต่อคน จากตารางผนวกที่ ข14
n	คือ	จำนวนคน
CLF	คือ	แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับคน มีค่าเท่ากับ 1.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ค่าความร้อนของเครื่องจักร ความร้อนจากอุปกรณ์และเครื่องมือ บางครั้งอาจหาได้โดยตรงจากโรงงานผู้ผลิต หรือ แผ่นป้ายข้อมูลประจำเครื่อง เครื่องมืออุปกรณ์บางชนิดอาจผลิตได้ทั้งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง ค่าความร้อนที่ปล่อยออกมา โดยค่าความร้อนที่ปล่อยออกมาจากมอเตอร์และจากอุปกรณ์ที่ถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เป็นผล เนื่องมาจากการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถศึกษาค่าความร้อนที่ถ่ายเทออกมาจากอุปกรณ์ที่ถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ ดังจากตารางผนวกที่ ข14 และ ข15 หรืออาจคำนวณได้จากสมการนี้

$$Q = 3.4 \times W \times n \times Time \tag{8}$$

สามารถหาได้จาก

Q	คือ	ค่าความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า (Btu/hr)
3.4	คือ	ค่าคงที่ๆได้จาก 1 watt มีค่า 3.4 Btu/hr
W	คือ	จำนวนพลังงานที่ถูกปล่อยออกมา (watts)
n	คือ	จำนวนอุปกรณ์
Time	คือ	จำนวนชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ (hr)

7. ความร้อนจากการระบายอากาศ การระบายอากาศมีความจำเป็นต่อการปรับอากาศในบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัย เพื่อรักษาคุณภาพของอากาศภายในบริเวณนั้นให้เป็นไปตามมาตรฐานและเพื่อความสบายของผู้อยู่อาศัย ความร้อนที่เกิดจากการระบายอากาศจะมาสองส่วนด้วยกันคือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิห้องกับอากาศภายนอก และความแตกต่างระหว่างความชื้นจำเพาะของอากาศภายในห้องกับความชื้นจำเพาะของอากาศภายนอก ซึ่งอาจหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$Q_s = 1.1 \times cfm \times TC \tag{9}$$

$$Q_l = 0.68 \times cfm \times \left(W_o - W_i \right) \tag{10}$$

สามารถหาได้จาก

Q_s	คือ	ความร้อนสัมผัสที่ได้รับจากการระบายอากาศ (Btu/hr)
Q_l	คือ	ความร้อนแฝงที่ได้รับจากการระบายอากาศ (Btu/hr)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1 คือ ตัวคงที่ซึ่งได้จากผลคูณ

$$\frac{60\ \text{min/hr} \times 0.244\ \text{Btu/l-}^{\circ}\text{F}}{13.34\ \text{ft}^3/\text{lb}}$$

0.68 คือ ตัวคงที่ซึ่งได้จากผลคูณ

$$\frac{60\ \text{min/hr} \times 1{,}050\ \text{Btu/hr}}{13.34\ \text{ft}^3/\text{lb} \times 700\ \text{gr}_w/\text{lb}_a}$$

cfm คือ อัตราการไหลของการระบายอากาศจากตารางผนวกที่ ข17 (ft^3/min)

TC คือ ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกห้องปรับอากาศ ($^{\circ}$F)

W_o คือ ความชื้นจำเพาะของอากาศภายนอกห้องปรับอากาศ (gr_w/lb_a)

W_i คือ ความชื้นจำเพาะของอากาศภายในห้องปรับอากาศ (gr_w/lb_a)

8. การถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมโดยรอบ เนื่องจากส่วนหนึ่งของความร้อนสัมผัสที่ห้องได้รับถ่ายเทผ่านโครงสร้างอาคารออกไปยังสิ่งแวดล้อมโดยรอบ ดังนั้นความร้อนส่วนนี้จึงไม่ใช่โหลดของห้อง ความร้อนส่วนนี้เป็นความร้อนอีกส่วนหนึ่งต่างหากนอกเหนือไปจากการสะสมความร้อนของอาคาร ปกติจะคำนวณความร้อนส่วนนี้โดยปรับค่าความร้อนสัมผัสที่ห้องได้รับจากการนำความร้อน รังสีจากดวงอาทิตย์ แสงสว่าง คน และอุปกรณ์ การปรับค่าเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมโดยรอบ คำนวณได้จากสมการ

$$F_c = 1\text{-}0.02K \tag{11}$$

$$K = \frac{U_w A_w + U_g A_g}{L} \tag{12}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยที่

F_c	คือ	ตัวคูณในการปรับแก้ค่าความร้อนสัมผัสที่ห้องได้รับ
K	คือ	ค่าการนำความร้อนต่อหน่วยความยาว (Btu/hr-^{o}F-ft)
L	คือ	ความยาวของผนังด้านนอก (ft)
U_w	คือ	สัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนของผนัง (Btu/hr-^{o}F-ft^2) จากตารางผนวกที่ ข4
U_g	คือ	สัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนของกระจก (Btu/hr-^{o}F-ft^2) จากตารางผนวกที่ ข16
A_w	คือ	พื้นที่ของผนัง (ft^2)
A_g	คือ	พื้นที่ของกระจก (ft^2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะอาคาร

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยจากอาคารจริง โดยทำการสำรวจ เก็บข้อมูลโครงสร้างอาคารและปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศและความสบายภายในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิต - ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟ ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะภายในและภายนอก ของอาคารดังนี้

1. ลักษณะสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร โดยสภาพแวดล้อมโดยรอบโรงงานผลิต - ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟ ซึ่งอาคารหลังนี้ถูกใช้งานมาแล้วตั้งแต่ปี 2536 หรือมีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี และมีขนาดทิศทางของอาคารทั้ง 4 ด้าน ดังนี้

ฝั่งด้านหน้า	ตรงกับ	ทิศตะวันตก
ฝั่งด้านหลังอาคาร	ตรงกับ	ทิศตะวันออก
ฝั่งด้านซ้ายของอาคาร	ตรงกับ	ทิศเหนือ
ฝั่งด้านขวาของอาคาร	ตรงกับ	ทิศใต้



ภาพที่ 5 ภาพแสดงลักษณะพื้นที่โดยรอบบริเวณอาคารโรงงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ลักษณะสภาพแวดล้อมภายในอาคาร โดยมีลักษณะการออกแบบพื้นที่ใช้สอยภายในตัวอาคารแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ ชั้น 1 และชั้น 2 ซึ่งขนาดพื้นที่ใช้สอยภายในชั้น1 และชั้น 2 มีขนาดไม่เท่ากัน

โดย ชั้น 1 มีพื้นที่ใช้สอยขนาด 2,537 ตารางเมตร
ชั้น 2 มีพื้นที่ใช้สอยขนาด 1,585 ตารางเมตร

พื้นที่ใช้สอยที่กล่าวไปข้างต้นนั้นได้รวมไปจนถึงพื้นที่สัญจร พื้นที่ห้องน้ำ พื้นที่อาบน้ำ ห้องอบรม ห้องปฐมพยาบาล เป็นต้น



ภาพที่ 6 แสดงลักษณะโครงสร้างของตัวอาคาร

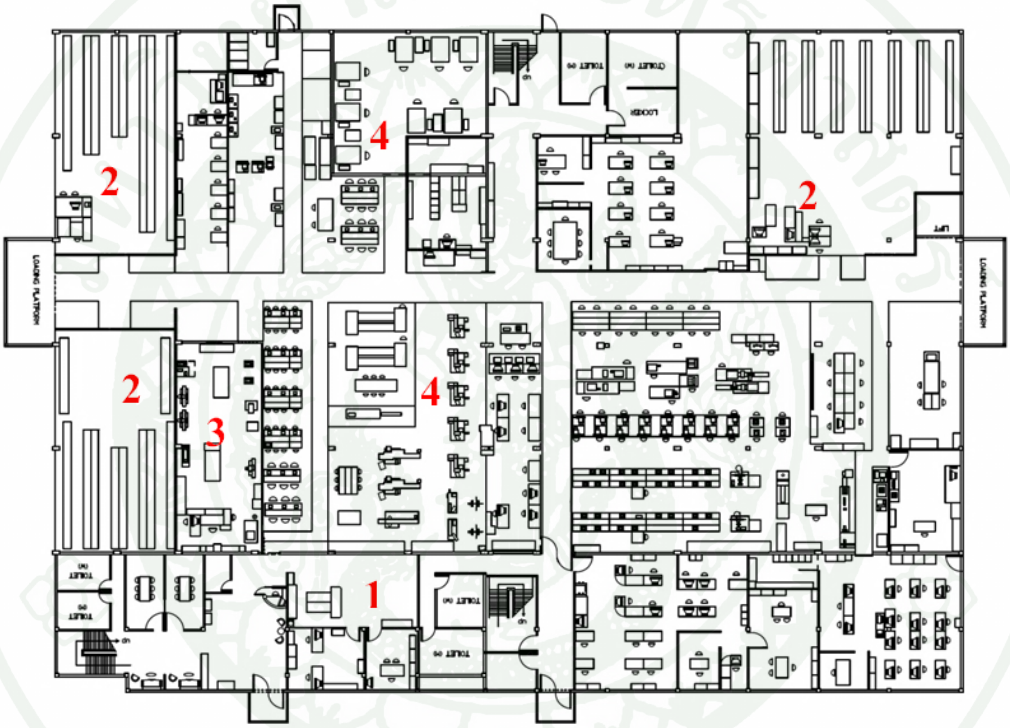
2.1 พื้นที่บริเวณชั้น 1

พื้นที่ใช้สอยภายในบริเวณชั้น 1 มีขนาด 2,537 ตารางเมตร โดยพื้นที่ภายในได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

คือ	พื้นที่ส่วนที่	1	ใช้สำหรับ	ดำเนินกิจกรรมทางด้านสำนักงาน
	พื้นที่ส่วนที่	2	ใช้สำหรับ	ดำเนินการผลิตชิ้นงานหรือกระบวนการผลิตต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยพื้นที่ส่วนที่ 2 จะประกอบไปด้วยพื้นที่หรือห้องของฝ่ายการผลิตต่างๆที่ใช้สำหรับทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆ เช่น คลังสินค้า, ห้องเครื่องมือ เป็นต้น และภายในพื้นที่บริเวณชั้น 1 จะมีระบบปรับอากาศที่อาศัยหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เพื่อทำให้ผู้ที่ปฏิบัติงานภายในพื้นที่รู้สึกเย็นสบาย ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดโดยรวมของพื้นที่แต่ละฝ่าย จึงได้จัดทำแผนผังที่ได้มีการกำหนดจุดในแต่ละพื้นที่ ตามภาพที่ 7 ซึ่งหมายเลขในแต่ละพื้นที่หรือห้องสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 7 แผนผังพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของชั้น1

หมายเลข 1 พื้นที่สำนักงานชั้น 1

พื้นที่สำนักงานชั้น 1 เป็นพื้นที่ส่วนที่ 1 ซึ่งมีขนาดประมาณ 531 ตารางเมตร และเป็นห้องที่ใช้ในกิจกรรมส่วนสำนักงาน เช่น การพิมพ์เอกสารจากคอมพิวเตอร์ การพูดคุยกับลูกค้า การติดต่อบุคคลภายนอก เป็นต้น โดยพื้นที่ส่วนสำนักงานชั้น 1 จะประกอบไปด้วยฝ่ายขายและฝ่ายทรัพยากรบุคคลจำนวน 2 ฝ่าย จึงทำให้จำนวนผู้ใช้งานภายในพื้นที่สำนักงานมีจำนวนน้อยหรือเพียงแค่ 30 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หมายเลข 2 คลังสินค้า

คลังสินค้า (Warehouse) คือสถานที่สำหรับวาง จัดเก็บ พัก และกระจายสินค้า ซึ่งลักษณะของกิจกรรมภายในพื้นที่เป็นกิจกรรมที่จะต้องมีการจัดเก็บอุปกรณ์และวัตถุดิบต่างๆ ตามภาพที่ 8 พื้นที่คลังสินค้าจะมีขนาดประมาณ 489.6 ตารางเมตร และมีลักษณะคล้ายกับสี่เหลี่ยมผืนผ้า ตามภาพที่ 7 และจะพบว่าตำแหน่งของพื้นที่คลังเก็บสินค้าจะกระจายตัวอยู่ตามมุมของตึก จำนวน 3 จุด เพื่อให้ง่ายต่อการขนส่งและเคลื่อนย้ายสินค้าต่างๆเข้า - ออก ตามภาพที่ 7

โดยลักษณะพื้นที่คลังสินค้าเป็นห้องที่ถูกควบคุมอุณหภูมิเพื่อรักษาคุณภาพของวัตถุดิบต่างๆ จึงทำให้ภายในพื้นที่จะต้องมีระบบปรับอากาศที่ต้องอาศัยหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศและจำนวนของพนักงานผู้ปฏิบัติงานภายในพื้นที่คลังสินค้าประมาณ 2 - 3 คน



ภาพที่ 8 แสดงพื้นที่ภายในคลังเก็บสินค้า

หมายเลข 3 ห้องเครื่องมือ

ห้องเครื่องมือ (Tooling) คือห้องที่ใช้สำหรับทำกิจกรรมที่มีการตัด การขัด การเจียรและการเจาะ ที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานหรืออุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งพื้นที่ใช้สอยส่วนใหญ่ภายในห้องจะใช้วางเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการทำงาน โดยภายในห้องจะมีเพียงแค่ผู้มีหน้าที่หรือผู้ที่เกี่ยวข้องจำนวน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4 - 5 คน โดยมีพื้นที่ของห้องเครื่องมือจะมีขนาดประมาณ 68 ตารางเมตร ตามภาพที่ 7 และพื้นที่ภายในห้องได้ถูกควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานรู้สึกเย็นสบาย โดยจะพบว่าบริเวณภายห้องจะมีระบบปรับอากาศที่ต้องอาศัยหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจำนวน 1 เครื่อง เพื่อสร้างลมเย็นภายในห้องเครื่องมือ เนื่องจากห้องเครื่องมือเป็นห้องที่มีกิจกรรมเกี่ยวกับการตัด การขัด การเจียรและการเจาะ จึงทำให้ภายในห้องมีปัจจัยเสี่ยงเกี่ยวกับปัญหาทางด้านคุณภาพอากาศทางด้านฝุ่นละอองรวมทุกขนาด (Total Dust) ซึ่งฝุ่นละอองเหล่านี้ได้มาจากการดำเนินกิจกรรมภายในห้องเครื่องมือจึงอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเสี่ยงเกี่ยวกับปัญหาทางด้านสุขภาพทางด้านระบบการหายใจที่มีสาเหตุมาจากฝุ่นละอองรวม (Total Dust) ได้ จากเอกสารคู่มือวิชาการเรื่องการควบคุมและจัดการปัญหาเหตุรำคาญ กล่าวว่า อนุภาคฝุ่น (Particle Matter) เมื่อเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ สามารถจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอย่างมาก เช่น การเกิดปัญหาโรคหอบหืด (Asthma) โรคระบบไหลเวียนโลหิต (Cardiovascular Issues) และมะเร็งปอด (Lung Cancer) นอกจากผลกระทบที่อาจเกิดกับผู้ที่สัมผัสกับฝุ่นละอองรวมที่กล่าวไปข้างต้นนั้น ประกาศกระทรวงมหาดไทยเรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ยังได้กำหนดเกี่ยวกับปริมาณฝุ่นละออง (Total Dust) ในบรรยากาศของการทำงานตลอดระยะเวลาการทำงานปกติโดยเฉลี่ยห้ามเกินกว่า 15 mg/m^3 จึงทำให้โรงงานผลิต - ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟจะต้องมีการตรวจสภาพแวดล้อมในการทำงานบริเวณห้องเครื่องมือเป็นประจำทุกปีเพื่อให้มั่นใจว่าปริมาณฝุ่นละอองรวม (Total Dust) ที่ฟุ้งกระจายภายในพื้นที่ นั้นเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดโดยพบว่าผลจากการตรวจวัดตามตารางที่ 5 ค่าที่ได้จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองรวม (Total Dust) ที่ฟุ้งกระจายภายในบรรยากาศมีปริมาณค่าฝุ่นละอองที่น้อยและต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนดไว้

ตารางที่ 5 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง (Total Dust) ที่ฟุ้งกระจายภายในบรรยากาศ

สารเคมี	วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ	ค่ามาตรฐาน	หน่วย
ฝุ่นละออง	Gravimetric	<0.8	15	mg/m^3

นอกจากการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในพื้นที่การทำงาน ทางฝ่ายโรงงานผลิต – ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟ ยังได้มีการตรวจสุขภาพของพนักงานผู้ที่ปฏิบัติงานภายในห้องเครื่องมือเกี่ยวกับสมรรถภาพปอด เพื่อประเมินเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบการหายใจ ซึ่งผลการตรวจสุขภาพของพนักงานในห้องเครื่องมือ พบว่าอยู่ในระดับเกณฑ์ปกติ จึงทำให้มั่นใจได้ว่าคุณภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อากาศภายในห้องเครื่องมือมีระดับปลอดภัยต่อผู้ที่ปฏิบัติงานภายในพื้นที่ นอกจากนั้น ห้องเครื่องมือยังถือได้ว่าเป็นห้องที่มีกิจกรรมที่มีการสร้างฝุ่นละอองมากที่สุดเนื่องจากกิจกรรมที่มีอยู่ภายในห้องเครื่องมือนั้นเป็นกิจกรรมที่ทางโรงงานมีการจำกัดพื้นที่การทำงาน โดยมีการกำหนดให้ทุกๆกิจกรรมที่อาจก่อฝุ่นละอองจะต้องเข้ามาปฏิบัติงานภายในห้องเครื่องมือเท่านั้น จึงทำฝุ่นละอองถูกจำกัดอยู่แค่ภายในห้องเครื่องมือ



ภาพที่ 9 พื้นที่ภายในห้องเครื่องมือ

หมายเลข 4 พื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 1

พื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 1 เป็นพื้นที่ๆมีกระบวนการและขั้นตอนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิต โดยพื้นที่ภายในฝ่ายการผลิตชั้น 1 มีขนาดประมาณ 1,448.4 ตารางเมตร ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น การปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน การประกอบชิ้นงาน การทดสอบคุณภาพชิ้นงาน การตัดชิ้นงาน โดยมีพนักงานผู้ปฏิบัติงานภายในพื้นที่ประมาณ 258 คนและด้วยกระบวนการผลิตที่ต้องแข่งกับเวลา เพื่อผลิตสินค้าให้ได้ปริมาณมากๆ ดังนั้นจึงทำให้ทางสถานประกอบการจะต้องแบ่งจำนวนพนักงานในฝ่ายการผลิตชั้น 1 ออกเป็น 2 กะ คือ

จำนวนพนักงานกะที่ 1 หรือกะเช้าจะมีจำนวนพนักงานฝ่ายการผลิตประมาณ 158 คน
จำนวนพนักงานกะที่ 2 หรือกะดึกจะมีจำนวนพนักงานฝ่ายการผลิตประมาณ 100 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการสำรวจภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 1 พบว่าพื้นที่การผลิตมีขนาดใหญ่มากที่สุดในชั้น 1 เนื่องมาจากสาเหตุของจำนวนเครื่องจักรที่มีจำนวนมากและกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนจึงทำให้พื้นที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งรวมไปจนถึงพื้นที่ในส่วนอื่นๆ เช่น พื้นที่ทางสัญจรภายในฝ่ายการผลิตชั้น 1 พื้นที่ห้องเก็บล็อคเกอร์ของพนักงานฝ่ายผลิตชั้น 1 ห้องน้ำของพนักงานฝ่ายการผลิตชั้น 1 เป็นต้น



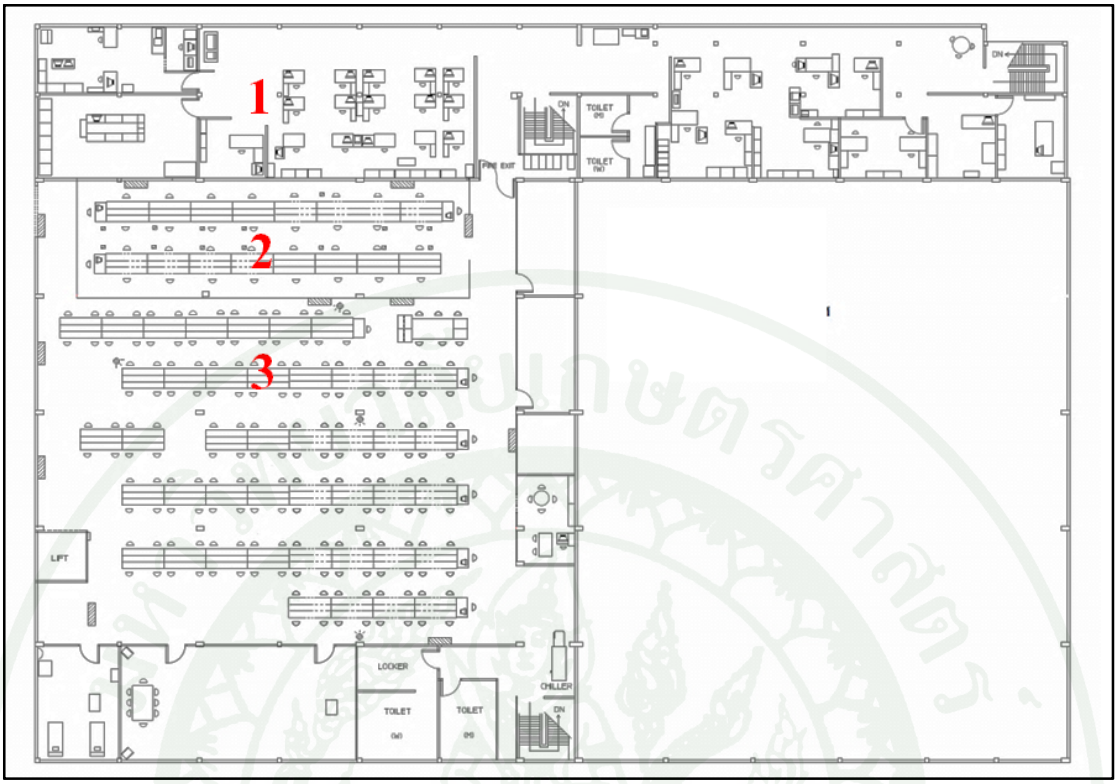
ภาพที่ 10 ลักษณะพื้นที่และกระบวนการผลิตภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 1

2.2 พื้นที่บริเวณชั้น 2

พื้นที่ใช้สอยภายในบริเวณชั้น 2 มีขนาด 1,585 ตารางเมตร โดยพื้นที่ภายในได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ส่วนที่ 1 ใช้สำหรับ ดำเนินกิจกรรมสำนักงาน
พื้นที่ส่วนที่ 2 ใช้สำหรับ ดำเนินการผลิตชิ้นงานหรือกระบวนการผลิตต่างๆ

ซึ่งพื้นที่ส่วนที่ 2 จะประกอบไปด้วยพื้นที่ของฝ่ายผลิตหรือแผนกต่างๆที่ใช้สำหรับทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตหรือขั้นตอนต่างๆ เช่น ฝ่ายกระบวนการผลิต และสำนักงานฝ่ายการผลิต เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดโดยรวมของพื้นที่ในแต่ละฝ่าย จึงได้จัดทำแผนผังที่ได้มีการกำหนดจุดในแต่ละพื้นที่ ตามภาพที่ 11 ซึ่งหมายเลขในแต่ละพื้นที่สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 แผนผังพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของชั้น 2

หมายเลข 1 พื้นที่สำนักงานชั้น 2

พื้นที่สำนักงานชั้น 2 เป็นพื้นที่ส่วนที่ 1 ซึ่งมีขนาดประมาณ 531 ตารางเมตร และเป็นห้องที่ใช้ในกิจกรรมส่วนสำนักงาน เช่น กิจกรรมพิมพ์เอกสารจากคอมพิวเตอร์ การพูดคุยกับลูกค้า การติดต่อบุคคลภายนอก เป็นต้น ซึ่งพื้นที่ส่วนสำนักงานชั้น 2 จะประกอบไปด้วยจำนวน 5 ฝ่าย คือ ฝ่ายกระบวนการ, ฝ่ายสิ่งแวดล้อม, ฝ่ายคอมพิวเตอร์, ฝ่ายวัสดุ และฝ่ายบัญชี จึงทำให้จำนวนผู้ใช้งานภายในพื้นที่สำนักงานมีเพียงแค่ 40 คน โดยภายในพื้นที่สำนักงานชั้น 2 มีระบบปรับอากาศที่อาศัยการทำงานของระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเพื่อส่งลมเย็นเข้าสู่ภายในตัวพื้นที่ของสำนักงานชั้น 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 พื้นที่สำนักงานชั้น 2

หมายเลข 2 พื้นที่สำนักงานฝ่ายการผลิตชั้น 2

พื้นที่สำนักงานฝ่ายการผลิตชั้น 2 มีขนาดประมาณ 156.4 ตารางเมตร และเป็นพื้นที่ๆใช้ในกิจกรรมส่วนสำนักงานของฝ่ายการผลิต เช่น กิจกรรมพิมพ์เอกสารจากคอมพิวเตอร์ การประชุมภายในฝ่าย การติดต่อบุคคลภายนอก เป็นต้น ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีการออกแรงน้อยและประกอบไปด้วยฝ่ายความปลอดภัย ฝ่ายคุณภาพชิ้นงาน ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายกระบวนการผลิต เป็นต้น จึงทำให้จำนวนผู้ใช้งานภายในพื้นที่สำนักงานมีเพียงแค่ 45 คน

หมายเลข 3 พื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2

พื้นที่ฝ่ายการผลิตเป็นพื้นที่ๆมีกระบวนการและขั้นตอนต่างๆ โดยพื้นที่ภายในฝ่ายการผลิตมีขนาดประมาณ 563.04 ตารางเมตร ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น การปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน การประกอบชิ้นงาน การทดสอบชิ้นงาน การทำความสะอาดชิ้นงาน และ การSolderชิ้นงาน (การเคลือบผิวชิ้นงานด้วยดีบุก) ซึ่งภายในพื้นที่มีพนักงานผู้ปฏิบัติประมาณ 186 คน

จากตารางแสดงความหนาแน่นในการใช้พื้นที่ของพนักงาน ตามตารางที่ 6 จะพบว่า พื้นที่ฝ่ายผลิตชั้น 2 มีพื้นที่การใช้งานของพนักงาน 1 คน เท่ากับ 3.02 ตารางเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หลายๆพื้นที่ๆตามตารางที่ 6 จะพบว่าปริมาณพื้นที่ต่อคน ของฝ่ายผลิตชั้น 2 มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งนำไปสู่ปัญหาการแออัด ความไม่สบาย และคุณภาพอากาศภายในพื้นที่ปฏิบัติงาน รวมไปจนถึงข้อร้องเรียนต่างๆ

ตารางที่ 6 ตารางแสดงความหนาแน่นในการใช้พื้นที่ของพนักงานจำนวน 1 คน ต่อ ตารางเมตร

พื้นที่	ขนาดพื้นที่ใช้งาน (ตารางเมตร)	จำนวนคนใช้งาน (คน)	จำนวนพื้นที่ต่อคน 1 คน ต่อ ตารางเมตร
คลังสินค้า จุด 1	489.6	2	244.8
คลังสินค้า จุด 2	489.6	2	244.8
คลังสินค้า จุด 3	489.6	2	244.8
ห้องเครื่องมือ	68	5	13.6
พื้นที่ฝ่ายผลิตชั้น1 กะเช้า	1448.4	158	9.1
พื้นที่ฝ่ายผลิตชั้น1 กะดึก	1448.4	100	14.4
สำนักงานชั้น 1	531	30	17.7
สำนักงานชั้น 2	531	40	13.2
สำนักงานฝ่ายการผลิต ชั้น 2	156.4	45	3.4
พื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2	563.04	186	3.02

และจากการสำรวจบริเวณพื้นที่โดยรอบพบบริเวณฝ่ายผลิตชั้น 2 พบว่าผนังทั้ง 4 ด้านของพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ทิศตะวันตก มีลักษณะของผนังที่ไม่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรง
ทิศเหนือ มีลักษณะของผนังไม่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรง
ทิศใต้ มีลักษณะของผนังที่ไม่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรง
ทิศตะวันออก มีลักษณะของผนังที่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรง

โดยผนังฝั่งทิศตะวันตก, ทิศเหนือ และทิศใต้ เป็นผนังที่ไม่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรง เนื่องจากฝั่งของผนังมีลักษณะติดกับห้องที่มีการปรับอากาศ ซึ่งแตกต่างกับผนังในทิศตะวันออกที่

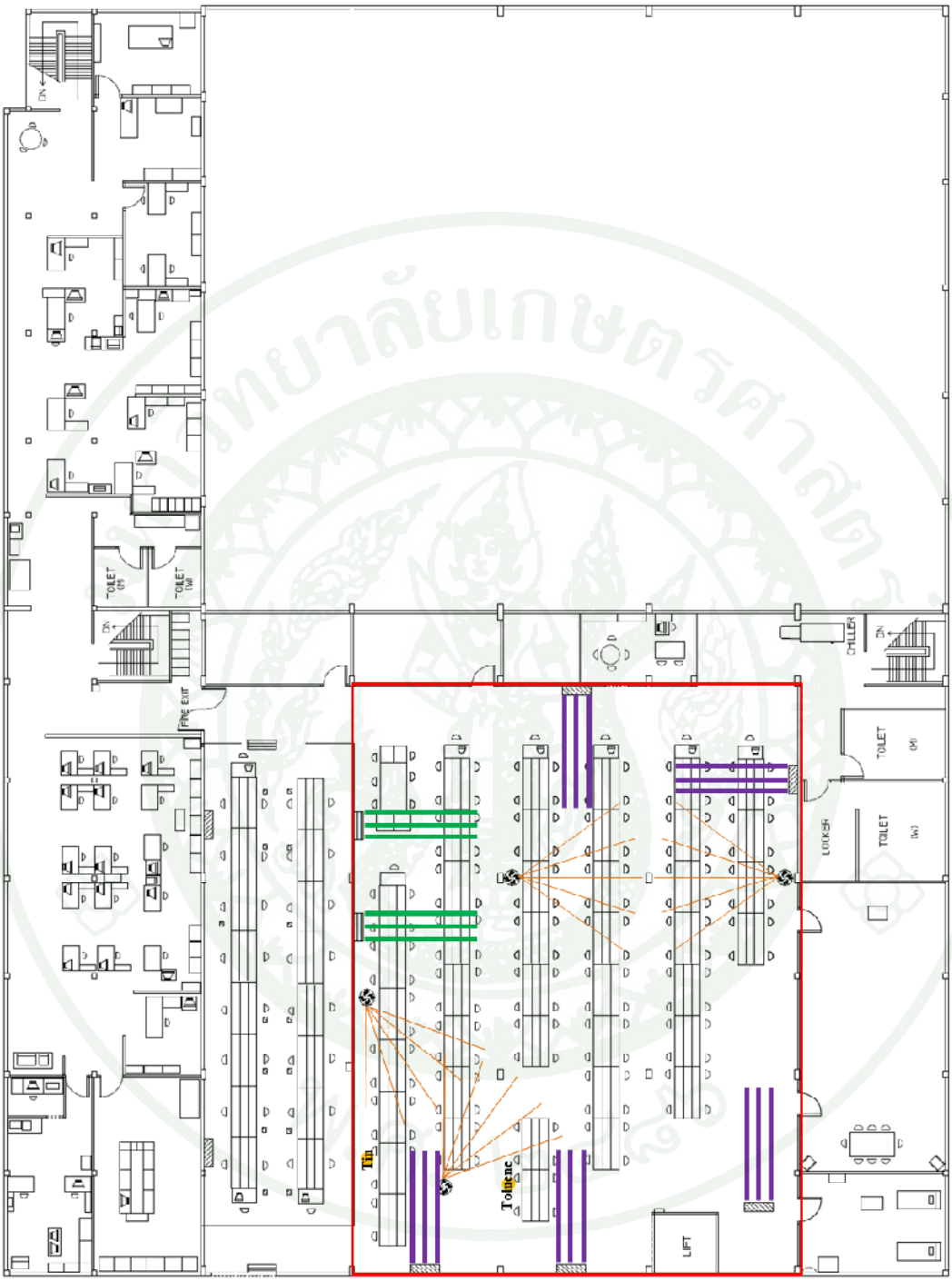
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จะสัมผัสกับแสงแดดโดยตรงที่ผ่านผนังชนิดคอนกรีตและหน้าต่างชนิดกระจก นอกจากลักษณะของผนังทั้ง 4 ด้าน ที่ปรากฏในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 แล้วนั้น ยังพบว่าด้วยลักษณะของอาคารโรงงานหลังนี้ มี 2 ชั้น จึงทำให้พื้นที่ชั้น 2 สัมผัสกับแสงแดดโดยตรงผ่านหลังคาเมนทรัลชีสแบบมีฝ่าเพดาน พร้อมกับระบบปรับอากาศแบบ Chiller ขนาดทำความเย็น 324,000 Btu/hr โดยผ่าน Fan Coil Unit จำนวน 7 ตัว กระจายตามจุดต่างๆ และพัดลมตั้งพื้น/ติดผนังขนาด 22 นิ้ว อัตราการระบายอากาศ 184 m^3/min จำนวน 4 ตัว ตามภาพที่ 13 นอกจากลักษณะของอาคารที่ส่งผลต่อความสบายแล้ว กิจกรรมที่อยู่ภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 ยังส่งถึงคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยพบว่าภายในพื้นที่การทำงานมีการใช้สารเคมีในปริมาณมากและบ่อยครั้งคือ Toluene และ Tin จึงทำให้พื้นที่ในการทำงานมีความเสี่ยงต่อการฟุ้งกระจายของสารเคมีที่อาจเป็นปัจจัยนำไปสู่ปัญหาที่เกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ดังนั้นทางสถานประกอบกิจการจึงได้ทำการตรวจวัดปริมาณการฟุ้งกระจายของสารเคมีทั้ง 2 ชนิด โดยมีการกำหนดจุดตรวจวัดจำนวน 2 จุดตามภาพที่ 13 เพื่อให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ที่ทางสถานประกอบการจะต้องดำเนินการตรวจสอบเกี่ยวกับระดับมลพิษทางด้านสารเคมี เพื่อให้มั่นใจได้ว่าพนักงานผู้ที่ปฏิบัติงานอยู่ภายในพื้นที่นั้น มีคุณภาพอากาศที่เหมาะสม ซึ่งจากผลการตรวจวัดพบว่าปริมาณสารเคมีที่ฟุ้งกระจายภายในพื้นที่มีค่าน้อยมากจนเครื่องตรวจวัดไม่สามารถตรวจวัดได้ ตามตารางที่ 7 และนอกจากภายในพื้นที่จะมีการตรวจวัดปริมาณการฟุ้งกระจายของสารเคมีแล้ว ทางสถานประกอบกิจการเอง ยังได้ทำการตรวจสุขภาพของพนักงานตามปัจจัยเสี่ยงในด้านสารเคมีที่พนักงานให้กับพนักงานที่ปฏิบัติภายในพื้นที่ เพื่อติดตามเกี่ยวกับสุขภาพของพนักงาน ซึ่งผลการตรวจสุขภาพของพนักงานที่ทำงานกับความเสี่ยงทางด้านสารเคมีอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติ

ตารางที่ 7 แสดงผลการตรวจวัดปริมาณการฟุ้งกระจายของสารเคมีภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2

สารเคมี	วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ	ค่ามาตรฐาน	หน่วย
ดีบุก	Filtration, ICP - AES	<0.01	2.0	mg/m^3
โทลูอีน	Sorbent Adsorption, Gas Chromatography	<0.50	200	ppm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 13 เส้นแสดงทิศทาง จุดติดตั้ง และจุดตรวจวัดสารเคมี (เส้นสีดำ คือรัศมีการกวาดของพัดลม, เส้นสีม่วง คือทิศทางลมจากช่องลม)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 แสดงลักษณะพื้นที่และกระบวนการผลิตภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hellwig *et al.* (n.d) ความสบายทางด้านอุณหภูมิภายในสำนักงานที่มีระบบปรับอากาศแบบธรรมชาติและระบบที่อาศัยเครื่องปรับอากาศ การศึกษาได้ดำเนินการเพื่อที่จะระบุความแตกต่างของทัศนคติของพนักงานภายในสำนักงานระหว่างความสบายทางด้านอุณหภูมิของพื้นที่ๆมีระบบปรับอากาศแบบธรรมชาติและระบบปรับอากาศที่อาศัยเครื่องปรับอากาศ โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับความคิดเห็นส่วนบุคคลจากการกรอกแบบสอบถามและการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ทำงาน ซึ่งได้ทำการรวบรวมข้อมูลจำนวน 2 ครั้ง (ครั้งแรก คือปี 1995 และครั้งที่สองคือปี 1998) ภายใน 14 อาคารสำนักงานในประเทศเยอรมนีและเป็นอาคารที่ก่อสร้างภายในปี 1900 – 1995

ซึ่งแบ่งออกเป็นอาคารที่มีระบบการระบายอากาศแบบธรรมชาติจำนวน 6 อาคารและอาคารที่มีระบบที่อาศัยเครื่องปรับอากาศ จำนวน 8 อาคาร จากการสำรวจในครั้งแรกมีผู้เข้าร่วมในการสัมภาษณ์จำนวน 4,500 คนและในครั้งที่สองอีกจำนวน 1,500 คน พร้อมกับการตรวจสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ทำงาน จากผลการตอบแบบสอบถามพบว่า 41 เปอร์เซ็นต์ ของผู้ที่ตอบแบบสอบถามทำงานในพื้นที่ๆมีระบบปรับอากาศแบบธรรมชาติ ในขณะที่จำนวน 22 เปอร์เซ็นต์ของผู้ที่ตอบแบบสอบถามทำงานในพื้นที่ๆมีระบบปรับอากาศที่อาศัยเครื่องปรับอากาศในบางพื้นที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และจำนวน 37 เปอร์เซ็นต์ ของผู้ที่ตอบแบบสอบถามทำงานในพื้นที่ๆมีระบบปรับอากาศซึ่งอาศัยเครื่องปรับอากาศในทุกพื้นที่ใช้งาน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามในระบบปรับอากาศแบบธรรมชาติมีความพึงพอใจในความสบายทางด้านอุณหภูมิมากกว่าผู้ที่ทำงานในพื้นที่ๆมีระบบปรับอากาศแบบที่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ และยังพบว่าจากผู้ตอบแบบสอบถามที่อาศัยในสำนักงานที่มีระบบปรับอากาศแบบที่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศมีความพึงพอใจต่อความสบายด้านอุณหภูมิเพียง 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในขณะเดียวกันจากผู้ตอบแบบสอบถามที่อาศัยภายในพื้นที่ที่มีระบบปรับอากาศแบบธรรมชาติมีความพึงพอใจในด้านความสบายทางด้านอุณหภูมิถึง 77 เปอร์เซ็นต์ นอกจากผลการศึกษาที่ได้จากการสำรวจความพึงพอใจแล้วยังพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสบายทางด้านอุณหภูมิ แบ่งออกเป็น 3 ปัจจัย คือ

1. พารามิเตอร์อาคารและโครงสร้างและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความร้อนและระบบระบายอากาศ เช่น ประเภทของระบบระบายอากาศ ประเภทของระบบปรับอากาศ ประเภทของระบบทำความร้อนและเย็น ตำแหน่งของจุดปล่อยและดูดของอากาศ ความชื้นของระบบจ่ายลม ร้อยละพื้นที่ของพื้นที่ผิวอาคาร พลังงานความร้อนจากแสงแดด ลักษณะของหน้าต่าง (หน้าต่างปิด - เปิด) ลักษณะของการก่อสร้าง การควบคุมการรับรู้ถึงสภาพอากาศภายในอาคาร

2. สถานภาพทางสังคม เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา ลักษณะอาการของโรค Sick Building Syndrome ความพึงใจในงาน ความพึงพอใจในการใช้ชีวิต ความเครียดของงาน ความเครียดอื่นๆ

3. ปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับสภาพอากาศภายในอาคาร เช่น คุณภาพเสียง การรับรู้กลิ่น แสงสว่าง สภาวะอากาศ ความส่องสว่าง ความแปรปรวนของอุณหภูมิและลม

Razman *et al*. (2011) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสบายทางด้านอุณหภูมิในอาคาร โฮส - เทลของมหาวิทยาลัย Tun Hussein Onn ประเทศมาเลเซียโดยทำการศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดขอบเขตความสบายทางด้านอุณหภูมิในห้องพักและชี้ให้เห็นถึงสภาวะอากาศที่มีความสบายภายในห้องพัก ที่สามารถอาศัยระบบระบายอาการแบบธรรมชาติได้หรือไม่ โดยมีวิธีการในการศึกษา 1. การตรวจวัด อุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิการแผ่รังสี อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม โดยทำการตรวจวัดจำนวน 5 วัน ในช่วงเวลา 11:00 – 17:00 น. ภายในห้องจำนวน 3 ห้อง คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ห้องที่ 1 ไม่มีผู้ใช้งาน และใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติ
- ห้องที่2 มีระบบระบายอากาศแบบกลไก (ceiling fan) และมีผู้ใช้งานเป็นเพศหญิง
- ห้องที่3 มีระบบระบายอากาศแบบกลไก (ceiling fan) และมีผู้ใช้งานเป็นเพศชาย

และการทำการเก็บข้อมูลภายในห้องเกี่ยวกับ การระบายความร้อนของเสื้อผ้า กระบวนการผลิตความร้อนของร่างกาย เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ โดยใช้เอกสารจากการวิเคราะห์ ประกอบไปด้วยผลจากการตรวจวัดสภาพแวดล้อมและค่าเฉลี่ย เพื่อใช้ในการหาค่า อุณหภูมิโอเปอเรทีฟ (t_o) และ Predicted Mean Vote (PMV) - Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)
ผลการตรวจวัด พบว่าภายใน

ห้องที่ 1 มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 27.78 - 29.51 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 55.58 - 69.90 เปอร์เซ็นต์ และบริเวณรอบๆมีความเร็วลม 0.19 - 0.24 เมตร/วินาที

ห้องที่ 2 และ 3 ที่มีระบบระบายอากาศแบบกลไก จึงทำให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 26.4 - 28.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 67.8 -77 .6 เปอร์เซ็นต์ และบริเวณรอบๆมีความเร็วลม 0.14 - 0.28 เมตร/วินาที

และได้มีการจัดทำแบบสอบถามจำนวน 178 ชุด โดยผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิง จำนวน 103 คน และเพศชาย 75 คน ที่ได้พักอาศัย ใน Tun Dr. Ismail residential college (KKTDI) การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของข้อมูลจากการตอบแบบสอบถาม เราพบว่า 70 เปอร์เซ็นต์มีความรู้สึกร้อนและไม่สบายในระหว่างเที่ยง ซึ่งพบว่าค่าของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 27.78 - 29.51 องศาเซลเซียส ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าที่พักที่ทำการตรวจวัดไม่สามารถสร้างความพึงพอใจได้ในความสบาย และยังพบว่า 94 เปอร์เซ็นต์ ของผู้ตอบแบบสอบถามมีความรู้สึกสบายในพื้นที่ๆมีระบบปรับอากาศแบบกลไกและปิดหน้าต่าง จึงทำให้สามารถพูดได้ว่าระบบปรับอากาศแบบกลไก สามารถที่จะจัดสรรความสบายให้กับผู้ใช้สอยภายในพื้นที่ได้

GABRIEL และ KAREN (2012) ได้ทำการศึกษาเรื่องความสบายทางด้านอุณหภูมิและสุขภาพของพนักงานสำนักงานที่มีระบบปรับอากาศในเขตสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบผลกระทบทางด้านอุณหภูมิต่อปัญหาทางด้านสุขภาพและศึกษาความถี่การ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกิดโรค Sick Building Syndrome Symptoms (SBS) ในสำนักงานที่มีระบบปรับอากาศ จำนวน 11 ประเภท ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ของเมืองโกลีมา ประเทศเม็กซิโก

วิธีการวิจัยครั้งนี้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบ 2 ทาง คือการใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติโดยใช้รูปแบบของแบบสอบถามตามมาตรฐาน ISO 10551: 1995 (E) สเกล จำนวนทั้งหมด 414 ชุดแบบสอบถาม ซึ่งใช้ระยะเวลาในการกรอกแบบสอบถามตั้งแต่เดือนตุลาคม 2010 ถึง เดือนเมษายน 2011 และการตรวจวัดทางด้านฟิสิกส์ เกี่ยวกับ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry - Bulb Temperature) อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet - Bulb Temperature) อุณหภูมิโกลบ (Globe Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) และ ความเร็วลม (Air Velocity) ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า 70% ของผู้ตอบแบบสอบถามแสดงลักษณะของอาการอย่างน้อยหนึ่ง ลักษณะอาการที่เกี่ยวข้องกับการเกิดป่วยของโรค Sick Building Syndrome Symptoms (SBS) โดยลักษณะของอาการที่พบบ่อยที่สุดคือการระคายเคืองดวงตา เจ็บคอ น้ำมูกไหล และผิวแห้ง โดยผลมาจากความสัมพันธ์ของความถี่ของอาการ โรค Sick Building Syndrome Symptoms (SBS) และการตอบสนองความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิ สรุปผลการศึกษาจากวิจัยในครั้งนี้พบว่าความสำคัญสำหรับการปรับปรุงสภาพแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันความสบายทางด้านอุณหภูมิสำหรับมนุษย์ คือการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับสภาพสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการควบคุมสภาพภูมิอากาศเพื่อควบคุมผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อผู้ใช้สอยในพื้นที่ และการค้นพบนี้แสดงให้เห็นว่าตัวชี้วัดที่สำคัญควรจะคำนึงถึงสถานที่กับการออกแบบและการควบคุมระบบระบบอากาศเพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่อาจจะเกิดโรค ในผู้ใช้สอยพื้นที่เพราะสภาพแวดล้อมภายในมีอิทธิพลต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัย

Baird และ Carmeny (2012) ความสบายทางด้านอุณหภูมิในอาคาร ผลจากการสำรวจในตัวบุคคลที่รับรู้ด้านความสบายทั่วโลก โดยมุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลถึง การรับรู้ความสบายทางด้านอุณหภูมิรวมไปถึงคุณภาพอากาศในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวตามสภาพอากาศภายในพื้นที่และสภาพภูมิอากาศของสถานที่เป็นระยะเวลา 5 ปี ในการดำเนินการปฏิบัติและทดสอบในอาคาร จำนวน 11 ประเทศทั่วโลก (ออสเตรเลีย, แคนนาดา, เยอรมนี, อินเดีย, ไอส์แลนด์, เจแปน, มาเลเซีย, นิวซีแลนด์, สิงคโปร, อังกฤษ และสหรัฐอเมริกา) เพื่อตรวจสอบการรับรู้ทางด้านสภาวะของผู้ที่อาศัยอยู่ภายในพื้นที่ เกี่ยวกับทางด้านสิ่งแวดล้อม การควบคุม และความพึงพอใจ โดยการใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อมทั่วไป คุณภาพอากาศ และอุณหภูมิ ซึ่งผลจากการสำรวจแบ่งออกเป็น 2 ฤดู

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- การรับรู้ความสบายในช่วงฤดูหนาว พบว่าความพึงพอใจในด้านความสบายเกี่ยวกับอุณหภูมิและสภาพอากาศโดยรวมอยู่ที่ 75 - 78 เปอร์เซ็นต์
- การรับรู้ความสบายในช่วงฤดูร้อน พบว่าความพึงพอใจในด้านความสบายเกี่ยวกับอุณหภูมิและสภาพอากาศโดยรวมอยู่ที่ 64 - 75 เปอร์เซ็นต์

จากการเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่าการประเมินความสอดคล้องของสภาพอากาศความเป็นจริงกับเกณฑ์มาตรฐานความสบายนั้น ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้องกับข้อกำหนด แต่ในบางสถานที่ในบางประเทศ พบว่าอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวจะหนาวมากและในช่วงฤดูร้อนจะร้อนมากเช่นกัน ซึ่งคงต้องอาศัยการออกแบบและการปฏิบัติที่ดีเพื่อสร้างความสบายให้กับผู้ใช้พื้นที่เอง

วิลาศ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่องการประเมินผลคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคารสำนักงานประหยัดพลังงาน กรณีศึกษา: อาคารสำนักงานใหญ่ธนาคารกสิกรไทย เพื่อประเมินสภาพแวดล้อมภายในอาคารสำนักงาน กรณีศึกษา: อาคารสำนักงานใหญ่ธนาคารกสิกรไทย กรุงเทพมหานคร ซึ่งดำเนินการโดยการสำรวจอุณหภูมิอากาศและอัตราการไหลของอากาศภายนอกแทนที่อากาศภายในและการออกแบบสอบถามผลการรับรู้และความพึงพอใจของผู้ใช้สอยจำนวน 233 คน พบว่า

1. อุณหภูมิอากาศในแต่ละบริเวณของพื้นที่ทำงาน มีความแตกต่างกันอย่างมาก ตั้งแต่ 22.0 - 27.5 องศาเซลเซียส ในขณะที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศไว้ที่ 24.5 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความร้อนที่ผ่านผนังภายนอกอาคารที่เป็นกระจกขนาดใหญ่และตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิอากาศที่อยู่สูงกว่าระดับนั่งทำงานมาก ทำให้ระบบปรับอากาศไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิอากาศในระดับนั่งทำงานให้สม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังพบว่าความหนาแน่นของผู้ใช้สอยภายในชั้นที่มีความหนาแน่นมากจะพึงพอใจต่ออุณหภูมิอากาศ แต่กลุ่มที่มีความหนาแน่นน้อยและปานกลางกลับไม่มีความพึงพอใจ ซึ่งสังเกตได้ว่าในกลุ่มชั้นความหนาแน่นที่ไม่พึงพอใจนั้น มีจำนวนของผู้ที่มีโรคประจำตัวที่เกี่ยวกับอากาศ เช่น ภูมิแพ้ สูงกว่า ซึ่งอาจเป็นสาเหตุ ประกอบกับลักษณะงานที่แตกต่างกันและความเครียดที่มีมากกว่าอาจส่งผลต่อความพึงพอใจ

2. อัตราการไหลของอากาศภายนอกแทนที่อากาศภายในสำนักงาน มีอัตรา 2.5 - 4 ลูกบาศก์ฟุต/คน ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62 – 1999 ซึ่งกำหนดไว้ 20 ลูกบาศก์ฟุต/คน แต่พบว่า ผู้ใช้สอยในบางกลุ่มยังสามารถพึงพอใจ และรู้สึกว่าปริมาณการถ่ายเทอากาศเพียงพอ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้แก่ ผู้ใช้สอยในกลุ่มชั้นความหนาแน่นน้อยและมาก ส่วนผู้ใช้สอยในความหนาแน่นปานกลางนั้นจะไม่พึงพอใจ ทั้งนี้คาดว่าอาจเกี่ยวข้องกับลักษณะงานและความเครียดในงานของผู้ใช้สอย

จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิอากาศในระดับนั่งทำงานค่อนข้างเบี่ยงเบนจากระดับที่ควบคุมพอสมควร แม้จะติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ กระจายตามจุดต่างๆเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับตำแหน่งการติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิอากาศ และการออกแบบอาคารที่ลดปริมาณความร้อนซึ่งถ่ายเทผ่านกรอบอาคารได้อย่างมากและรวดเร็วของผนังกระจกขนาดใหญ่ เพื่อช่วยให้สามารถควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในให้สม่ำเสมอได้ดีขึ้น และควรออกแบบให้มีอัตราการไหลเพื่อแลกเปลี่ยนอากาศตามมาตรฐาน ASHRAE 62 - 1999

จากการศึกษาและการตรวจเอกสารข้างต้นเกี่ยวกับสาเหตุและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศและความสบาย ชี้ให้เห็นว่าทั้ง 2 ส่วนนั้นมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานและคุณภาพชีวิตของพนักงานภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิต โดยจะพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องนั้นส่งผลโดยตรงต่อร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเน้นในการศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับคุณภาพอากาศและความสบาย ซึ่งเนื้อหาภายในถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ คุณภาพอากาศ และความสบาย

โดยใช้พื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 ในการศึกษา ทดลอง และเก็บข้อมูล เนื่องจากพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 มีจำนวนพื้นที่การใช้สอยต่อคนในปริมาณที่น้อยที่สุดเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแต่ละพื้นที่ตามตารางที่ 6 และข้อร้องเรียนที่มาจากพนักงานเกี่ยวกับคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่ จึงนำไปสู่การวิเคราะห์ หาสาเหตุ และกำหนดเป็นแนวทางในการแก้ไขเพื่อสร้างคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่การทำงาน

1. คุณภาพอากาศภายในอาคาร

จากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศ จะพบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศ มี 2 ปัจจัยหลัก คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- การระบายอากาศ

การระบายอากาศภายในพื้นที่ถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศและผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นสำหรับผู้ที่อยู่อาศัยภายในพื้นที่นั้นๆซึ่งในแง่ของการระบายอากาศ ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ใช้ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวบ่งชี้ถึงเกี่ยวกับระดับของการระบายอากาศภายในพื้นที่ โดยใช้ผลจากการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์รวมไปจนถึงการนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ ASHRAE 62 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับระดับมลพิษภายในพื้นที่

- ปริมาณความเข้มข้นของมลพิษภายในพื้นที่

ความเข้มข้นของมลพิษที่กล่าวถึงนี้คือปริมาณความเข้มข้นของ Toluene (โทลูอีน) Tin (ดีบุก) ฝุ่นละออง (Total Dust) โดย Toluene (โทลูอีน) และ Tin (ดีบุก) เป็นสารเคมีที่ใช้ภายในพื้นที่การทำงาน ซึ่งถือว่าเป็นมลพิษที่อาจส่งผลถึงคุณภาพอากาศภายในอาคารและผู้ที่สัมผัสกับสารเคมี ซึ่งสามารถนำไปสู่อันตรายต่อสุขภาพร่างกาย โดยผู้ดำเนินงานวิจัยได้นำผลจากการตรวจวัดคุณภาพอากาศทางด้านสารเคมีภายในพื้นที่การทำงานนำมาใช้อ้างอิงเพื่อทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารในด้านสารเคมี ซึ่งผู้ดำเนินงานวิจัยไม่ได้ทำการตรวจวัดเอง แต่อาศัยบริษัทภายนอกหรือบริษัทที่รับตรวจวัดสุขศาสตร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม เข้ามาดำเนินการตรวจวัดภายภายใต้วิธีการและขั้นตอนตามมาตรฐาน นอกจากการตรวจวัดมลพิษทางด้านสารเคมี ผู้ดำเนินงานวิจัยเองได้ทำการศึกษามลพิษทางด้านฝุ่นละออง (Total Dust) โดยอ้างอิงผลการตรวจวัดปริมาณการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองภายในห้องเครื่องมือและนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้เกี่ยวกับปริมาณฝุ่นละอองภายในพื้นที่ฝ่ายผลิตชั้น 2

2. ความสบาย (Thermal Comfort)

เนื่องจากผู้ดำเนินการวิจัยได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับความสบาย ตามมาตรฐานของ American Society of Heating, Refrigeration and Air - Conditioning Engineers No. 55 (ASHRAE 55) ที่ได้กำหนดเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความสบาย จำนวน 6 ปัจจัย ได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. อุณหภูมิอากาศ
2. อุณหภูมิพื้นผิว
3. ความชื้นสัมพัทธ์
4. ความเร็วลม
5. ความต้านทานของเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย
6. อัตราการเผาผลาญ

ซึ่งผู้ดำเนินงานวิจัยนั้นมีความสนใจในการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพียง 3 ปัจจัยเพียงเท่านั้น คือ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม โดยไม่ได้ทำการศึกษาอีก 3 ปัจจัยที่เหลืออัน ได้แก่ อุณหภูมิพื้นผิว เนื่องจากมีความยุ่งยากและซับซ้อนในการตรวจวัด รวมไปจนถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานของเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย และอัตราการเผาผลาญ ซึ่งเป็นอีก 2 ปัจจัยที่ผู้ดำเนินงานวิจัยไม่ได้ทำการศึกษา เนื่องจากปัจจัยทั้ง 2 นั้น เกี่ยวกับกฎระเบียบและวิธีการปฏิบัติงานของทางสถานประกอบการ ซึ่งไม่สามารถปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นผู้ดำเนินงานวิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะความสบายเพียงแค่ 3 ปัจจัยเท่านั้น โดยมีแนวทางในการศึกษาดังนี้

- อุณหภูมิและค่าความชื้น

โดยทั้ง 2 ปัจจัยนี้จะได้มาจากการตรวจวัดค่าภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 ซึ่งหลังจากที่ได้ข้อมูลมาแล้ว จะต้องนำค่าที่ได้ มาทำการตรวจสอบและทำการพล็อตกราฟลงบนชาร์ตความสบายเพื่อประเมินความสบายภายในพื้นที่

- ความเร็วลม

เป็นปัจจัยนี้จะได้มาจากการตรวจวัดค่าภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 ซึ่งหลังจากที่ได้ข้อมูลมาแล้ว จะต้องนำค่าที่ได้มาหาสัมพันธ์กับความสบายภายในพื้นที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น (HYGRO/THERMO - ANEMOMETER) รุ่น 407412 ยี่ห้อ EXTECH เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นโดยเครื่องมือสามารถบันทึกข้อมูลได้ ทั้งอุณหภูมิ และความชื้น ภายในเวลาเดียวกันพร้อมกับฟังชั่นหน่วยอุณหภูมิที่มีให้เลือกทั้ง 2 แบบ คือองศาเซลเซียส และฟาเรนไฮต์ ซึ่งอาศัยหลักการทำงานของหัวเซ็นเซอร์ (Probe Head) ที่บริเวณปลายสำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้น ซึ่งตัวเครื่องทำด้วยวัสดุพลาสติกจึงทำให้เครื่องมีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบา พร้อมกับหน้าจอแสดงผลแบบ LCD และแบตเตอร์รี่ขนาด 9 V โดยมีวิธีในการใช้งาน คือให้นำอุปกรณ์ตรวจวัดวัดอุณหภูมิ และความชื้นไปวางไว้ในพื้นที่ๆต้องการตรวจวัด และรอจนกว่าตัวเลขจะปรากฏบนหน้าจอแสดงผลจนมีค่าที่นิ่ง ซึ่งหลังจากนั้นให้ทำการจดค่าที่ปรากฏบนหน้าจอเพื่อไปทำการวิเคราะห์

ข้อควรระวัง คือห้ามนำอุปกรณ์ไปทำการตรวจวัดในบริเวณที่มีความร้อนสูง เช่น หน้าเตาหลอม เตาไฟ เพราะอาจจะทำให้โครงพลาสติกของเครื่องมือหรืออุปกรณ์เกิดการหลอมละลาย



ภาพที่ 15 แสดงลักษณะของเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในการตรวจวัด

ที่มา: Extech Instruments Corporation (2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. เครื่องตรวจวัดความเร็วลม (THERMO - ANEMOMETER) รุ่น DA - 40 ยี่ห้อ DIGICONโดยเป็นเครื่องมือสำหรับวัดความเร็วลมโดยอาศัยหลักการทำงานของหัวใบพัด (Vane Probe Head) ที่บริเวณปลายสำหรับตรวจวัดความเร็วลมพร้อมกับฟังชั้นหน่วยความเร็วลมที่มีให้เลือกทั้ง 5 แบบ คือ m/s, km/hr, ft/min, knots และ mile/h ซึ่งสามารถวัดความเร็วลมในช่วงตั้งแต่ 0.5 ถึง 89 mile/h หรือ 0.22 ถึง 39.78 m/s และตัวเครื่องที่ทำด้วยวัสดุพลาสติก จึงทำให้เครื่องมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาเพียงแค่ 85 กรัม พร้อมกับหน้าจอแสดงผลแบบ LCD และแบตเตอร์รี่ขนาด 3 V โดยมีวิธีในการใช้งาน คือให้นำอุปกรณ์ตรวจวัดวัดความเร็วลมไปวางไว้ในพื้นที่ๆ ต้องการตรวจวัด และให้หันด้านที่ไม่มีจุดสีเหลือง หันเข้าหาทิศทางลมและรอจนกว่าตัวเลขที่ปรากฏบนหน้าจอแสดงผลนิ่ง ซึ่งหลังจากนั้นให้ทำการจดค่าที่ปรากฏบนหน้าจอเพื่อไปทำการวิเคราะห์

ข้อควรระวังคือ ห้ามนำอุปกรณ์ไปทำการตรวจวัดในบริเวณที่มีความร้อนสูง เช่น หน้าเตาหลอม เตาไฟ เพราะอาจจะทำให้โครงพลาสติกของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ภายในเกิดการหลอม



ภาพที่ 16 แสดงลักษณะของเครื่องวัดความเร็วลมที่ใช้ในการตรวจวัด

3. เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) รุ่น AQ 100 ยี่ห้อ KIMO ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยสามารถวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิได้ในเวลาเดียวกันเหมาะสำหรับงานภาคสนาม หรือตั้งโต๊ะด้วยระบบ Infrared Sensor วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แบบ NDIR ซึ่งมีช่วงการวัด ตั้งแต่ 0 ถึง 5000 ppm และมีความละเอียดการแสดงผลที่ 1 ppm นอกจากนั้น ฟังก์ชั่นที่เพิ่มเข้ามาภายในตัวเครื่อง คือระบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Auto Shut Off ที่สามารถตั้งค่าเวลาได้ตั้งแต่ 0 - 120 นาที และหน้าจอ LCD ที่แสดงผลได้อย่างชัดเจน รวมไปจนถึงขนาดของตัวเครื่องเพียง 147.7 × 70.6 × 34.7 มิลลิเมตร

ข้อควรระวัง คือห้ามนำอุปกรณ์ไปทำการตรวจวัดในบริเวณที่มีความร้อนสูง เช่น หน้าเตาหลอม เตาไฟ เพราะอาจจะทำให้โครงพลาสติกของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ภายในเกิดการหลอมละลาย



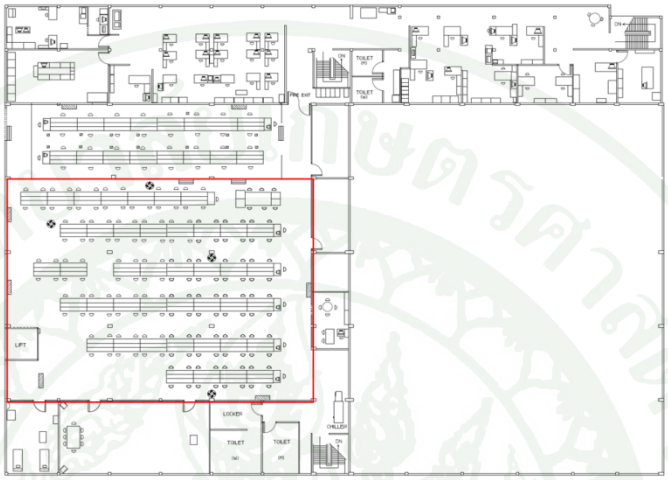
ภาพที่ 17 เครื่องตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ที่มา: PRC Technologies Corporation (2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. การเก็บข้อมูลด้านคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่



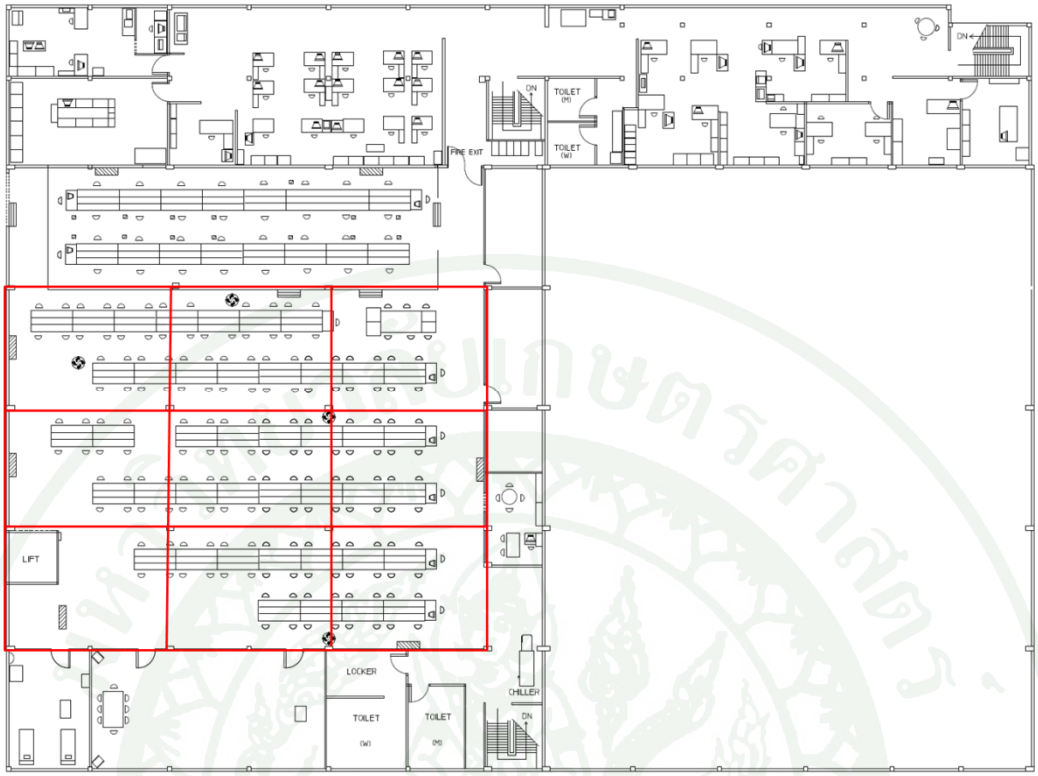
ภาพที่ 18 แสดงขอบเขตพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2

2. กำหนดค่าพารามิเตอร์ในการตรวจวัดคือ

- อุณหภูมิ
- ความชื้น
- ความเร็วลม
- ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3. นำพื้นที่มาแบ่งออกเป็นพื้นที่ขนาดย่อยๆ ประมาณ 62.56 ตารางเมตร โดยแยกตามระยะห่างของเสาอาคาร (6.8 เมตร × 9.2 เมตร) ตามภาพที่ 19 เพื่อให้ง่ายต่อการกำหนดจุดในการตรวจวัด

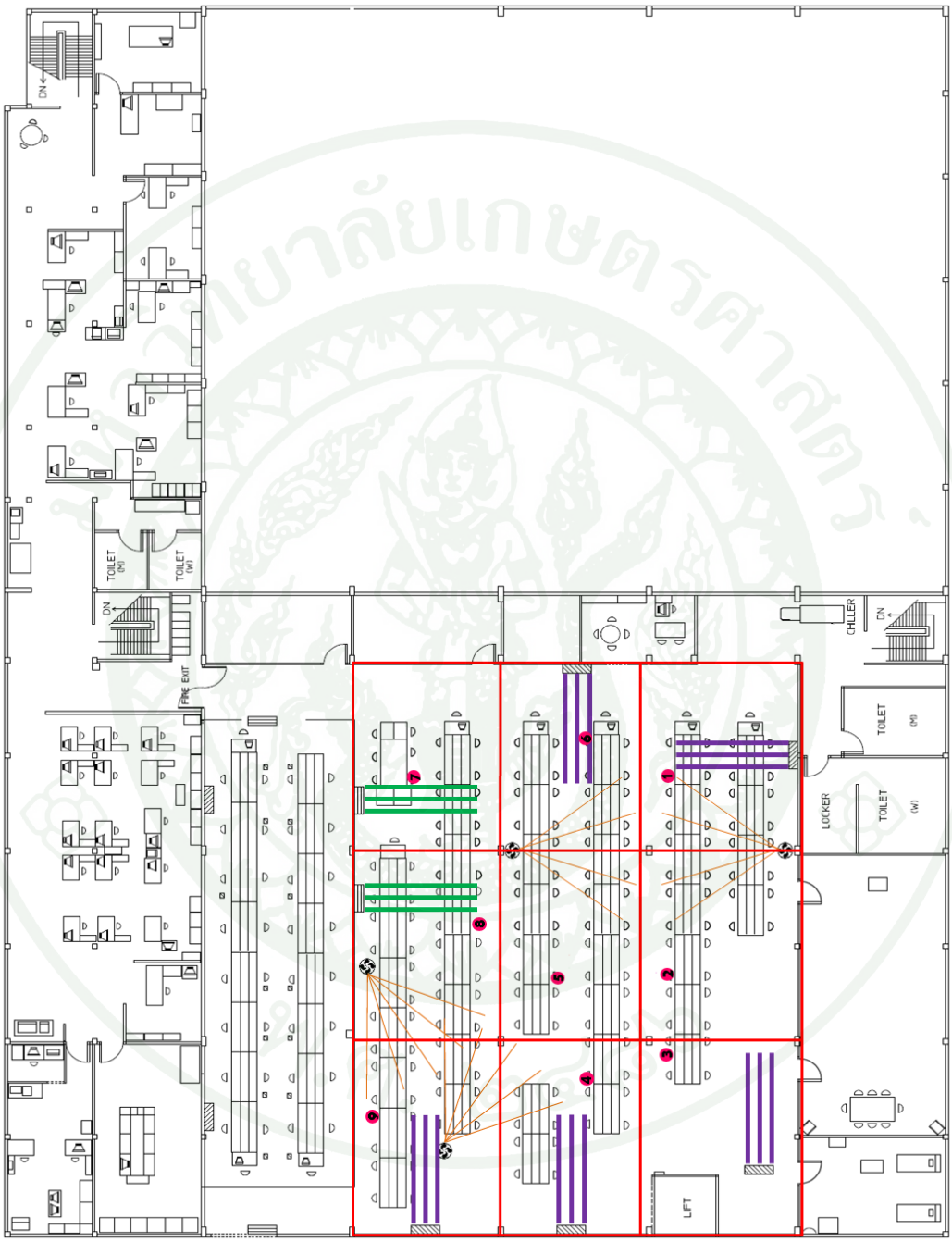
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 แสดงการแบ่งเขตพื้นที่ย่อยๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. กำหนดจุดที่จะต้องทำการตรวจวัด ตามภาพที่ 20



ภาพที่ 20 เส้นแสดงทิศทาง จุดติดตั้ง และจุดตรวจวัดสารเคมี (เส้นสีดำ คือรัศมีการกวาดของพัดลม, เส้นสีม่วง คือทิศทางลมจากช่องลม)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุดตรวจวัดแต่ละจุด จะต้องอยู่สูงจากพื้นประมาณ 0.75 - 0.85 เมตร และอยู่ห่างจากบริเวณใบหน้าของผู้ปฏิบัติงานประมาณ 15 - 20 เซนติเมตร โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง ซึ่งเป็นระดับที่ผู้ปฏิบัติงานนั่งทำงานและทำกิจกรรมที่มีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับสภาวะอากาศ



ภาพที่ 21 แสดงระยะห่างในการตรวจวัด

5. ทำการตรวจวัดและจดบันทึกการตรวจพารามิเตอร์ตามที่ได้กำหนดไว้ (อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)

- ตรวจวัดในจุดที่กำหนดจำนวน 9 จุด โดยทำการตรวจวัดทุกๆ 5 นาที ในแต่ละจุดตั้งแต่เวลา 08:30 - 17:30 น. เป็นระยะเวลาประมาณ 5 วัน
- ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น

  ตรวจครั้งที่ 1 ในวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ตั้งแต่เวลา 08:30 - 17:25 น.

  ตรวจครั้งที่ 2 ในวันที่ 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ตั้งแต่เวลา 08:30 - 17:25 น.

  ตรวจครั้งที่ 3 ในวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ตั้งแต่เวลา 08:30 - 17:25 น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
  ตรวจครั้งที่ 4 ในวันที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ตั้งแต่เวลา 08:30 - 17:25 น.
- ตรวจวัดความเร็วลม
  ตรวจครั้งที่ 5 ในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2557 ตั้งแต่เวลา 08:30 - 17:25 น.

6. นำค่าที่ได้จากการตรวจวัดในข้อ 5 ไปพิจารณาเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่สามารถก่อปัญหาอย่างมีนัยสำคัญเกี่ยวกับคุณภาพอากาศและความสบาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

1. คุณภาพอากาศ

1.1 การระบายอากาศ

จากการตรวจวัดภายในพื้นที่เกี่ยวกับปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านคุณภาพอากาศ ได้แก่ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โทลูอีน ดีบุก และฝุ่นละอองรวม โดยได้ทำการตรวจวัดภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 ซึ่งในส่วนของการตรวจวัดปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์นั้น ผู้ดำเนินงานวิจัยได้เป็นผู้ดำเนินการตรวจวัดเองภายในพื้นที่ ซึ่งได้ทำการตรวจวัดภายใน วันที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ตั้งแต่เวลา 08:30 - 17:25 น. เป็นระยะเวลาประมาณ 1 วัน จำนวน 9 จุด ซึ่งจากผลการตรวจวัดพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ตรวจพบนั้น มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งวันมีค่าเท่ากับ 1069.43 ppm โดยพบว่าค่าสูงสุดที่ตรวจวัดได้นั้นมีค่าเท่ากับ 1189.0 ppm และค่าต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 910 ppm ซึ่งผู้ดำเนินงานวิจัยได้แสดงค่าการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละจุด ตามภาพที่ 22 ถึง ภาพที่ 30 ในรูปแบบของกราฟ เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงบ่าย และยังพบว่าในช่วงเวลาที่มีการพัก คือช่วงเวลา 10:00 ถึง 10:15, 11:30 ถึง 12:15 น. และ 15:00 ถึง 15:15 นั้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณลดต่ำลง เนื่องจากเมื่อถึงเวลาพักพนักงานบางส่วนจะออกจากพื้นที่ไปบริเวณโรงอาหารด้านนอกจึงทำให้จำนวนพนักงานที่อยู่ภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 ในช่วงพักมีจำนวนลดน้อยลง ซึ่งทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในพื้นที่มีปริมาณน้อยลงตามไปด้วย

ซึ่งหากมองในภาพรวมโดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาประเมินตามค่ามาตรฐานที่ ASHRAE กำหนดนั้นจะพบว่ามีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณเกินกว่าที่ค่ามาตรฐานกำหนดไว้ที่ระดับ 1000 ppm โดยหากมองปัจจัยที่เกี่ยวข้องภายในพื้นที่ๆนำไปสู่ปัญหาทางด้านการระบายอากาศ นอกจากจำนวนพนักงาน จะพบว่าภายในพื้นที่นั้นมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่มีอัตราการระบายอากาศที่ 341 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที จำนวน 2 เครื่อง ซึ่งหากนำค่าอัตราการระบายอากาศของพัดลมทั้ง 2 เครื่องมารวมกันจะพบว่ามีค่าอัตราการระบายอากาศอยู่ที่ระดับ 682 ลูกบาศก์ฟุตต่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นาที ซึ่งทางสถานประกอบการไม่ได้มีการเปิดใช้งานพัดลมระบายอากาศแต่อย่างใด เนื่องมาจากทางสถานประกอบการเล็งเห็นว่าขนาดของเครื่องทำความเย็นภายในพื้นที่นั้นมีปริมาณเพียงแค่ 27 ตันความเย็น ต่อพื้นที่ขนาด 563.04 ซึ่งมีขนาดไม่เพียงพอ จึงทำให้ทางสถานประกอบยกเลิกการเปิดใช้งานพัดลมระบายระอากาศ เพื่อเป็นการลดความสูญเสียพลังงานและลดปริมาณการรั่วไหลของอากาศภายในพื้นที่ จากข้อความที่กล่าวไปข้างต้นนั้นจะพบว่าพัดลมระบายอากาศภายในพื้นที่นั้นมีส่วนสำคัญในการเจือจางปริมาณอากาศภายในพื้นที่ให้เหมาะสมกับผู้ใช้งาน

1.2 สารปนเปื้อนหรือสารระเหยอินทรีย์ต่างๆ

ในการตรวจวัดปริมาณสารเคมีภายในพื้นที่ และปริมาณฝุ่นละอองรวมนั้น ทางผู้ดำเนินการตรวจวัดได้อ้างอิงค่าที่ทางสถานประกอบการมีการตรวจวัดไว้ในบริเวณแหล่งกำเนิดมลพิษ ดังตารางที่ 8

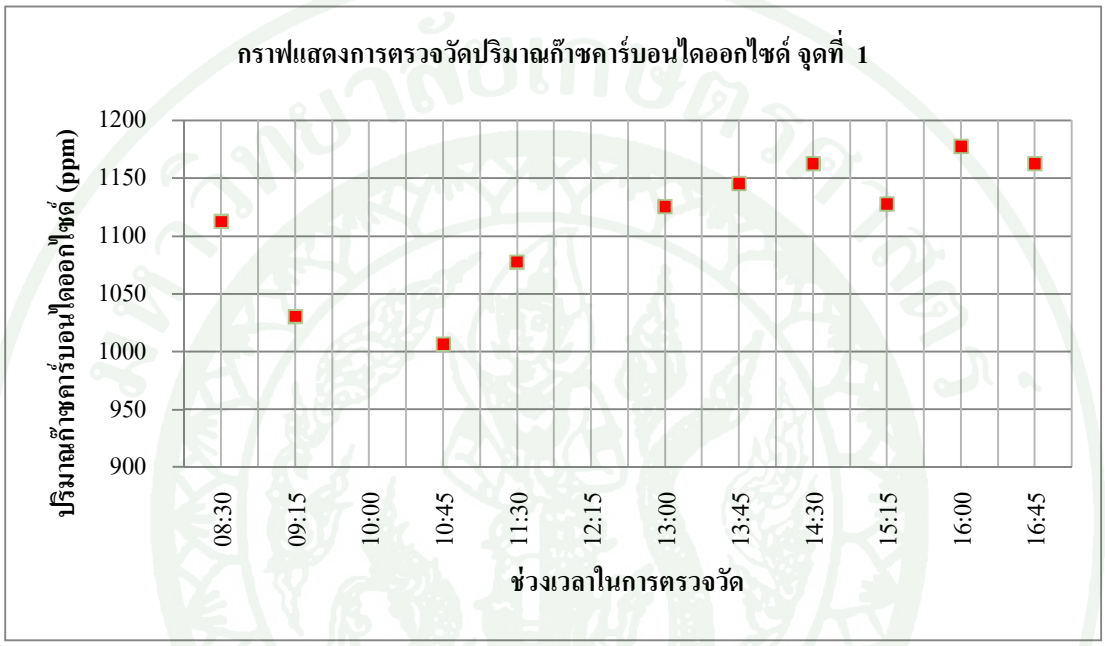
ตารางที่ 8 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2

สารเคมี	วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ	ค่ามาตรฐาน	หน่วย
ฝุ่นละออง	Gravimetric	<0.8	15	mg/m^3
ดีบุก	Filtration, ICP - AES	<0.01	2.0	mg/m^3
โทลูอีน	Sorbent Adsorption, Gas Chromatography	<0.50	200	ppm

จากผลการตรวจวัดปริมาณสารโทลูอีน ดีบุก และฝุ่นละอองรวมภายในพื้นที่ตามตารางที่ 8 จะพบว่าปริมาณสารโทลูอีน และดีบุกนั้น เป็นการตรวจวัดภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 บริเวณแหล่งกำเนิดสารเคมี แต่การตรวจวัดฝุ่นละอองรวมภายในพื้นที่นั้น ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ใช้การอ้างอิงค่าการตรวจวัด โดยนำผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองรวมภายในห้องเครื่องมือ มาใช้ในการอ้างอิงแสดงให้เห็นว่าปริมาณฝุ่นละอองรวมที่ตรวจวัดได้นั้นมีปริมาณที่น้อยมาก จนเครื่องไม่สามารถตรวจวัดได้ ซึ่งพบว่ากิจกรรมภายในห้องเครื่องมือนั้นมีกิจกรรมที่มีความเสี่ยงที่ทำให้เกิดฝุ่นได้มากกว่าพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 จึงทำให้มั่นใจได้ว่าพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 นั้นไม่มีปัญหาทางด้านปริมาณฝุ่นละอองรวมภายในพื้นที่ โดยผู้ดำเนินงานวิจัยได้แนบแผนผังแสดงจุดตรวจวัดปริมาณสารเคมี (โทลูอีน, ดีบุก) ตามภาพที่ 13 และแบบรายงานผลการตรวจไว้ตามภาพผนวกที่ ค1

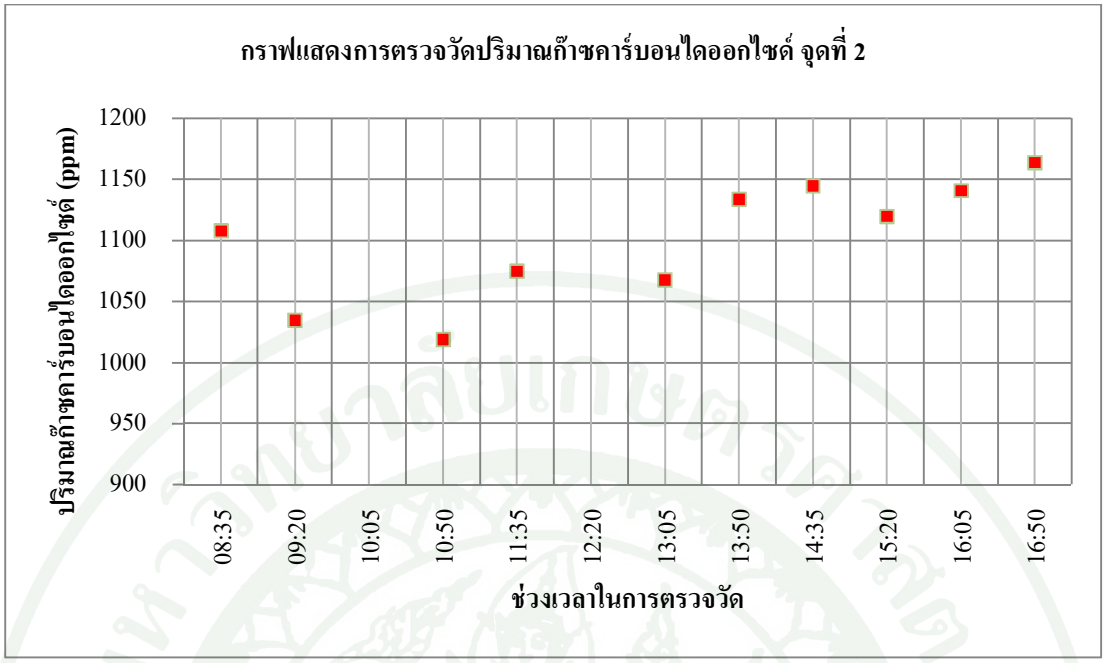
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถึง ภาพผนวกที่ ค3 จากข้อความที่กล่าวไปข้างต้นเกี่ยวกับสารปนเปื้อนหรือสารระเหยอินทรีย์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ ซึ่งผู้ดำเนินงานวิจัยได้แสดงค่าผลตรวจวัดตามตารางที่ 8 จึงทำให้มั่นใจได้ว่า พื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 นั้นไม่ประสบปัญหาเกี่ยวกับสารปนเปื้อนหรือสารระเหยอินทรีย์ต่างๆ เนื่องจากปริมาณที่มาจากการตรวจวัดได้มีค่าที่น้อยมาก



ภาพที่ 22 กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 23 กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 2



ภาพที่ 24 กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 25 กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 4

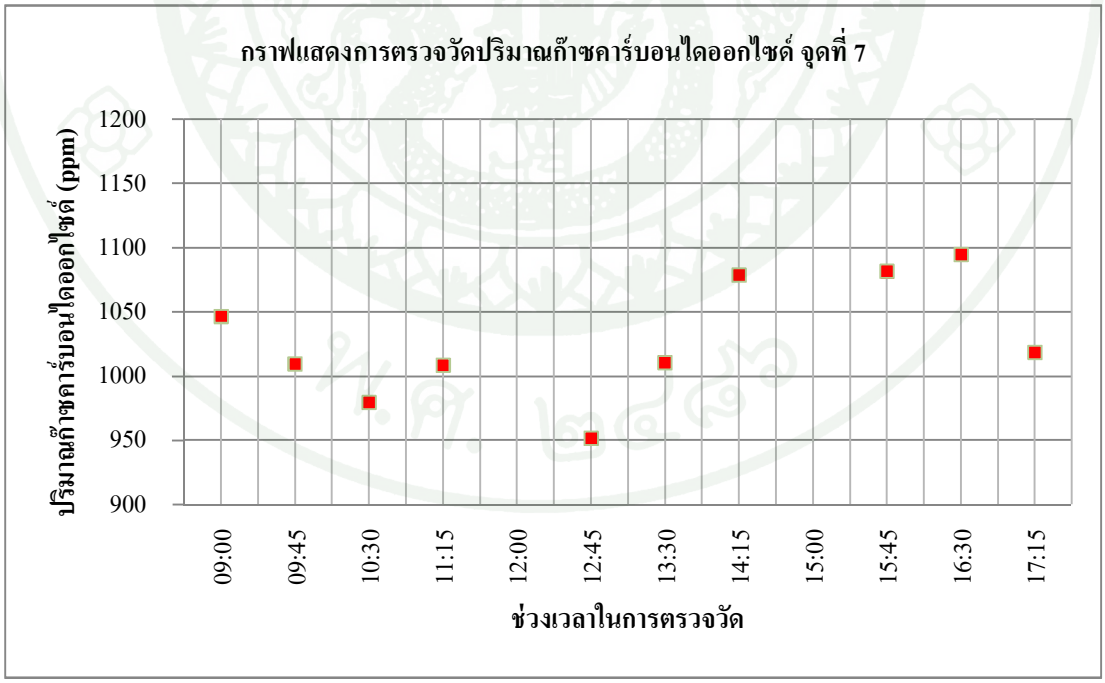


ภาพที่ 26 กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 27 กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 6



ภาพที่ 28 กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 29 กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 8



ภาพที่ 30 กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุดที่ 9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ความสบาย

2.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

จากการศึกษาเกี่ยวกับสภาวะความสบายซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ โดยผู้ดำเนินงานวิจัยได้ทำการตรวจวัดปริมาณอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์พร้อมกัน โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดที่มีสามารถตรวจอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งได้ทำการตรวจวัดเป็นระยะเวลา 3 วัน คือ

ตรวจครั้งที่ 1 ในวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ตั้งแต่เวลา 08:30 - 17.25 น.
ตรวจครั้งที่ 2 ในวันที่ 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ตั้งแต่เวลา 08:30 - 17.25 น.
ตรวจครั้งที่ 3 ในวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ตั้งแต่เวลา 08:30 - 17.25 น.

โดยระยะเวลาในการตรวจแต่ละจุดจะเริ่มต้นและสุดท้ายแตกต่างกันไป เนื่องจากผู้ดำเนินงานวิจัยเป็นผู้ดำเนินการตรวจวัดเพียงผู้เดียว จึงต้องเดินเวียนตรวจวัดในแต่ละจุดไม่พร้อมกัน ซึ่งผู้ดำเนินงานวิจัยได้นำเสนอข้อมูลที่ตรวจวัดได้ในรูปแบบของกราฟ ตามภาพที่ 31 ถึง ภาพที่ 48 เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจากค่าที่ตรวจวัด ได้แก่

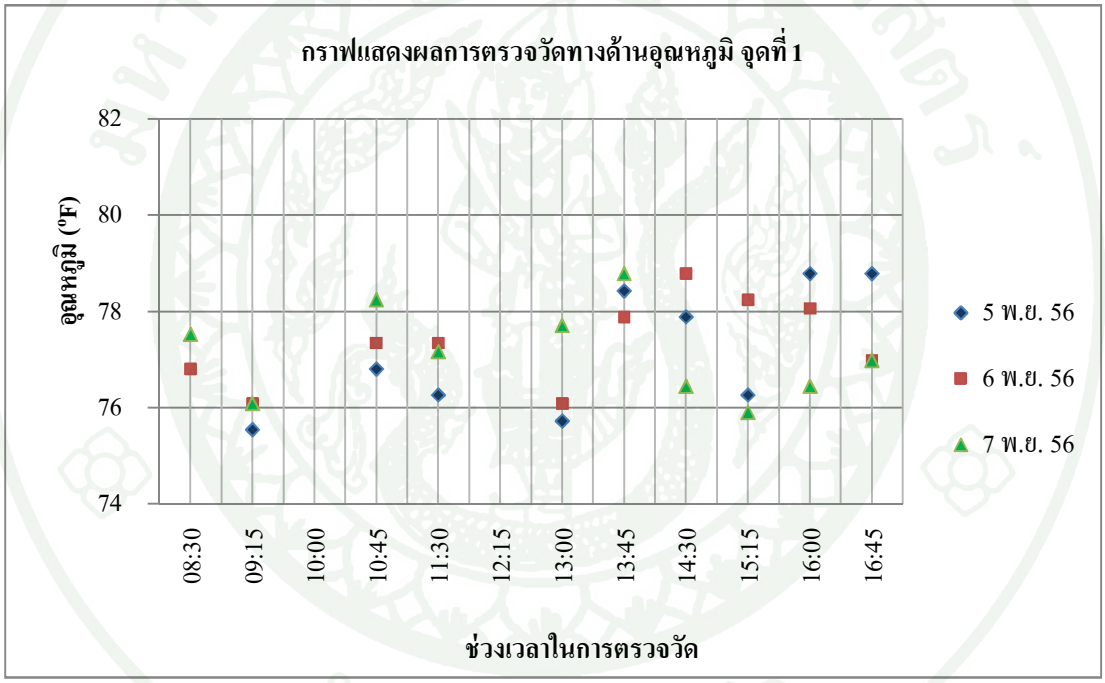
อุณหภูมิที่ตรวจวัดได้นั้นมีค่าเฉลี่ยทุกพื้นที่เท่ากับ 78.20 องศาฟาเรนไฮต์ โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ระดับ 81.5 องศาฟาเรนไฮต์ บริเวณจุดตรวจวัดที่ 5 และต่ำสุดอยู่ที่ระดับ 75.56 องศาฟาเรนไฮต์ ที่บริเวณจุดตรวจวัดที่ 1

ความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้นั้นมีค่าเฉลี่ยทุกพื้นที่เท่ากับ 48.19 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดอยู่ที่ระดับ 61.2 ในบริเวณจุดตรวจวัดที่ 4 และต่ำสุดอยู่ที่ระดับ 44.1 ในบริเวณจุดตรวจวัดที่ 1

ซึ่งหากนำค่าที่ตรวจวัดได้ในแต่ละจุดมาทำการวิเคราะห์จะพบว่าในจุดที่ 1 เพียงจุดเพียงจุดเดียวเท่านั้น ที่อุณหภูมิและความชื้นมีค่าที่ต่ำตลอดช่วงเวลาในการตรวจวัด เนื่องจากจุดที่ 1 นั้นอยู่ในรัศมีของลมจากเครื่องส่งลมเย็นภายในพื้นที่ จึงทำให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าที่ต่ำ เมื่อเทียบกับผลตรวจวัดในจุดที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ที่มีผลการตรวจวัดทางด้านอุณหภูมิและ

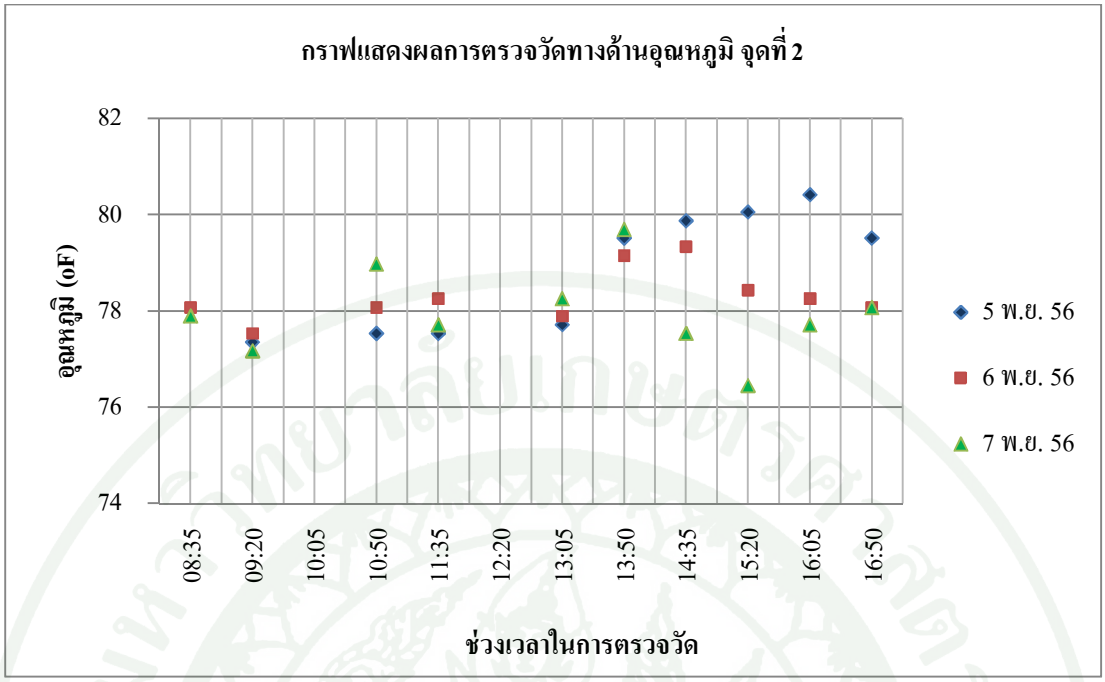
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความชื้นสัมพัทธ์สูง เนื่องจากอยู่ไกลรัศมีของลมเย็น นอกจากนั้นยังพบว่าภายในจุดที่ 4, 5,6 และ 9 นั้นมีอุณหภูมิที่สูงมากกว่าจุดอื่น ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากทั้งจุดที่ 4 และ 5 นั้นอยู่ใกล้พื้นที่หน้าต่างฝั่งทิศตะวันออก ซึ่งบริเวณจุดที่ 4 และ 5 นั้นไม่มีตู้หรือชั้นบังแสงแดดที่ส่องผ่านกระจก จึงทำให้ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดที่ส่องผ่านกระจกมากกว่าจุดอื่นๆที่อยู่ใกล้หน้าต่าง แต่มีตู้เก็บเอกสารและโถงลิฟต์เป็นฉนวนกั้นแสงแดด จึงทำให้อุณหภูมิไม่สูงมากนัก นอกจากนั้นยังพบว่าจุดที่ 9 ถึงจะไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดที่ส่องผ่านกระจก แต่ก็ได้รับอิทธิพลจากการ Solder ชิ้นงานที่อยู่ภายในพื้นที่ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความร้อน จึงทำให้ภายในจุดที่ 6 และ 9 มีอุณหภูมิสูงตามไปด้วย

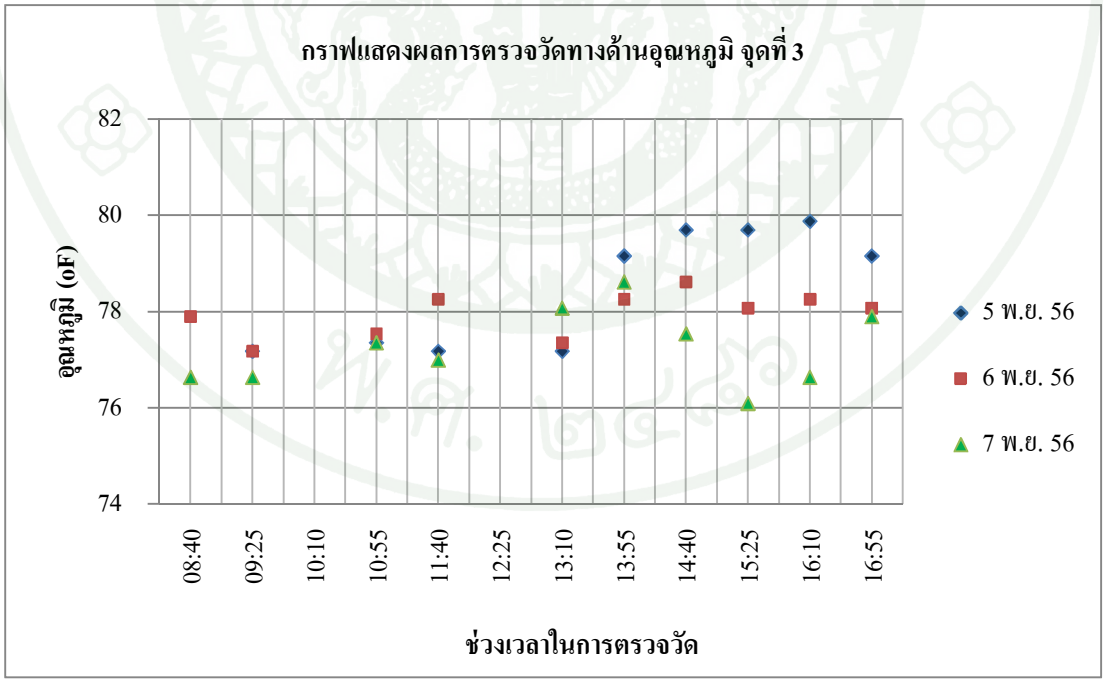


ภาพที่ 31 กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

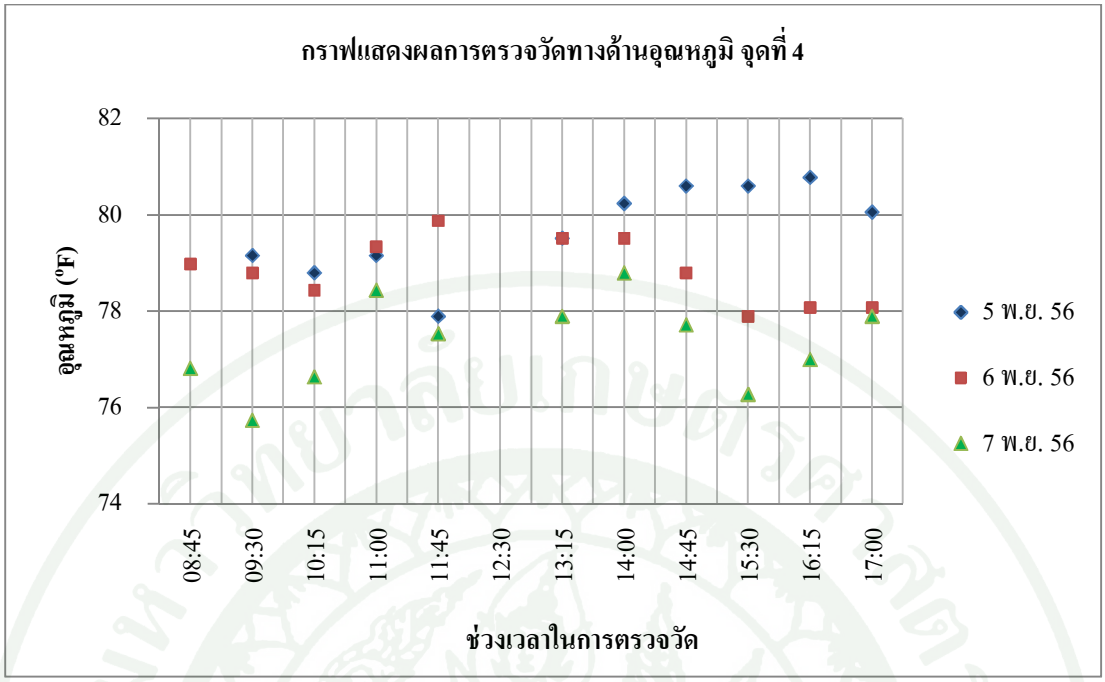


ภาพที่ 32 กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 2

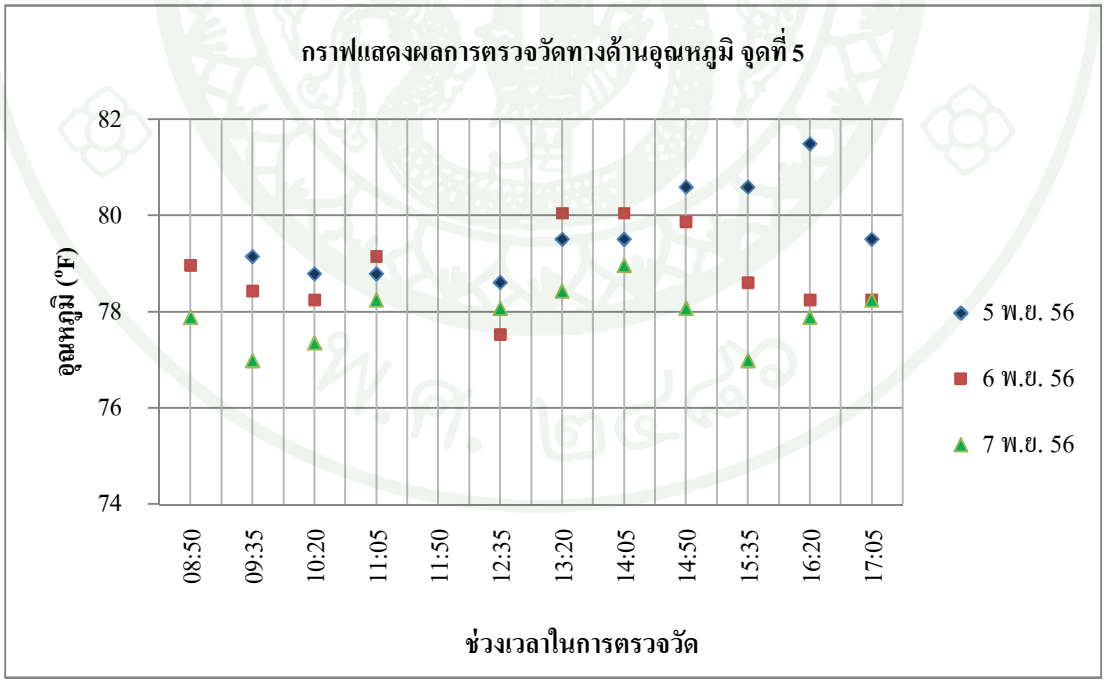


ภาพที่ 33 กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

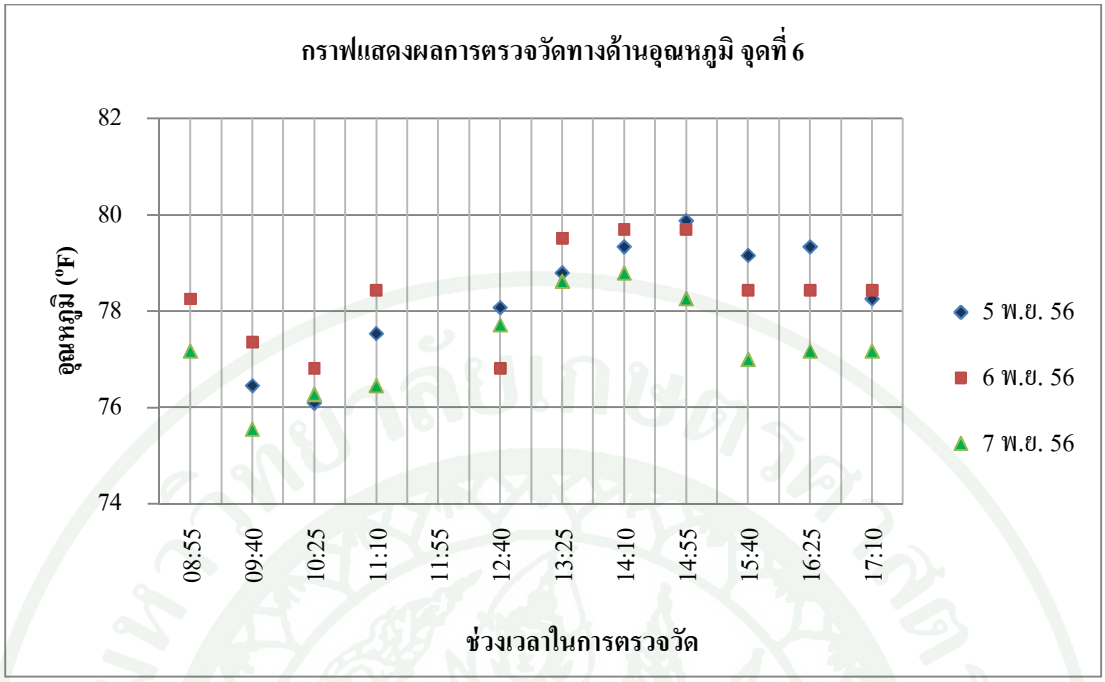


ภาพที่ 34 กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 4

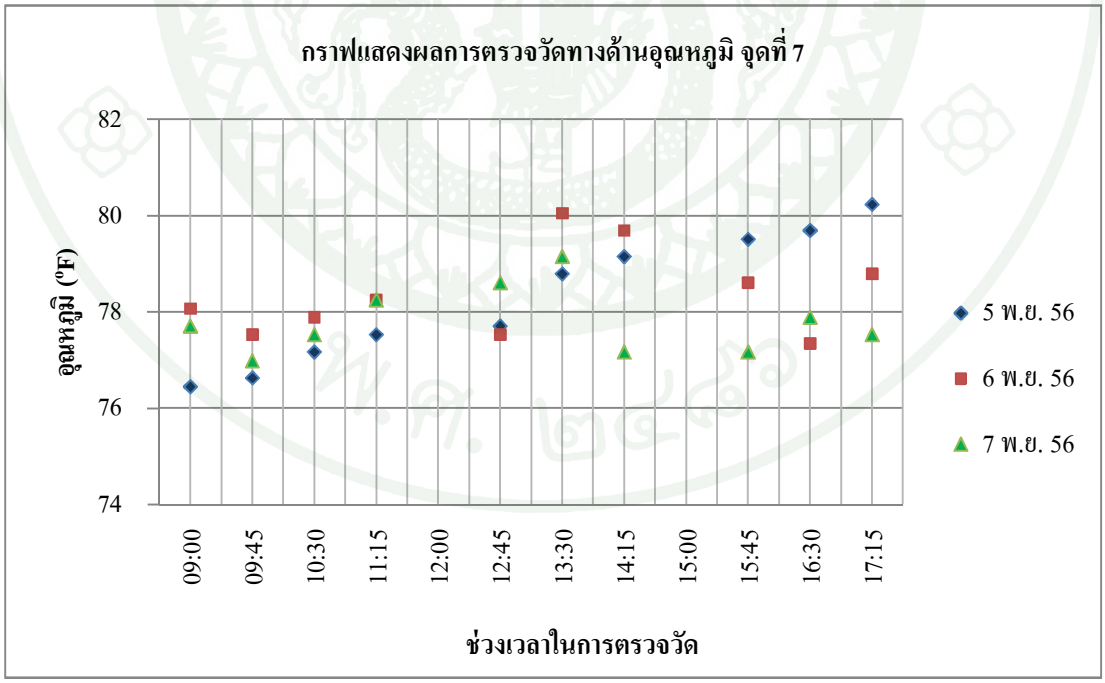


ภาพที่ 35 กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

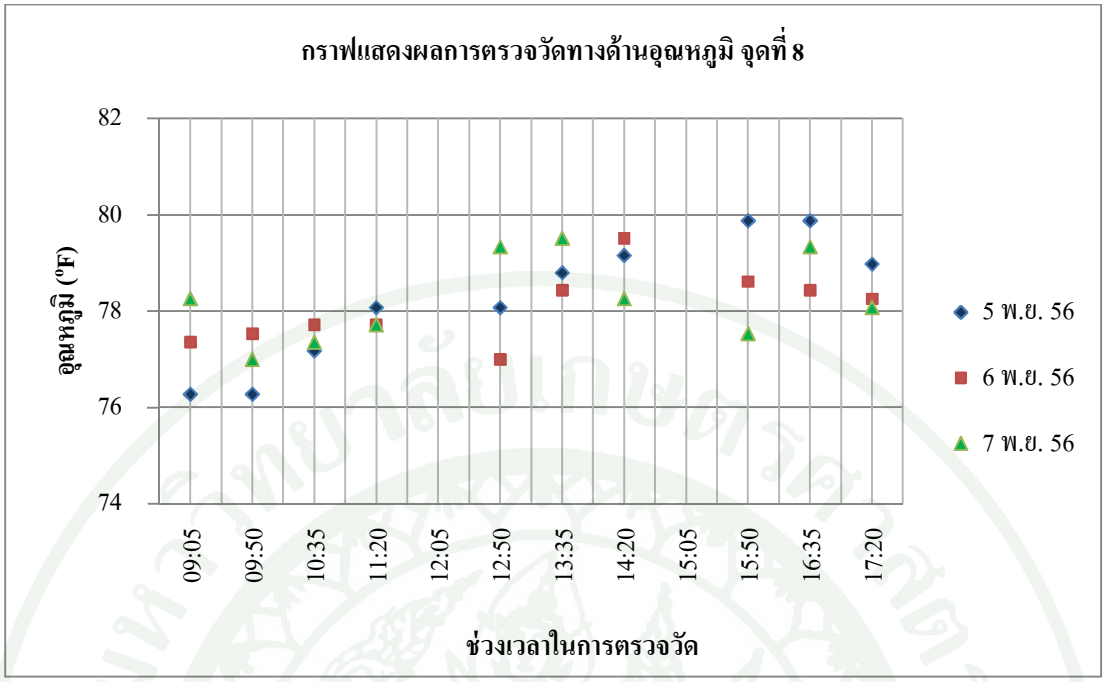


ภาพที่ 36 กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 6

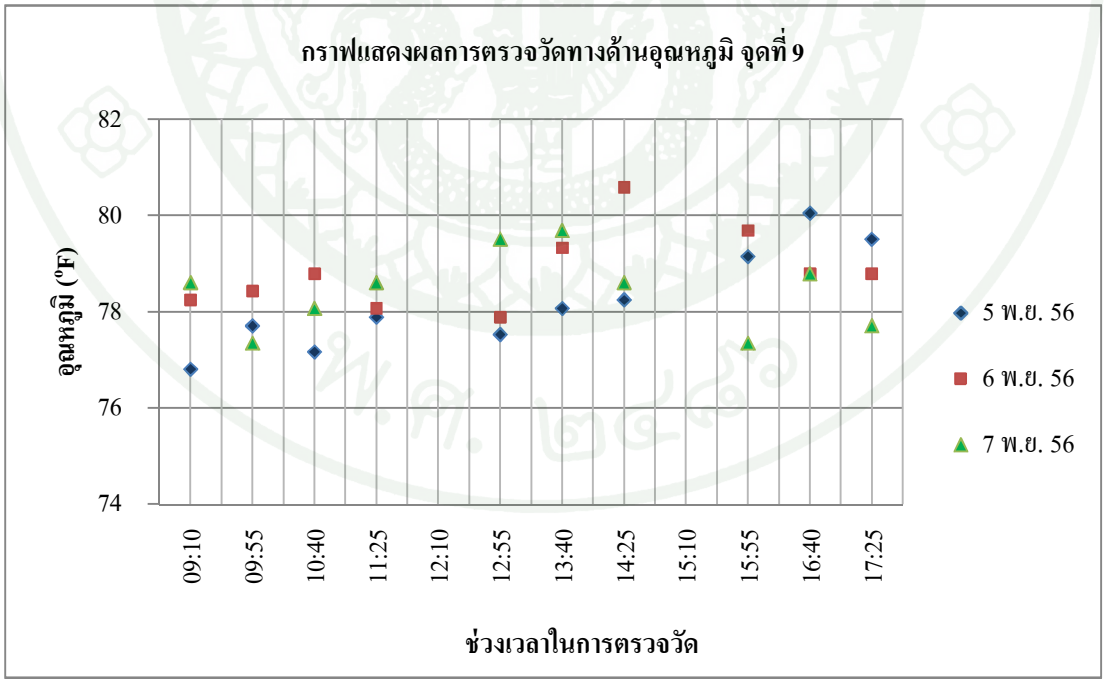


ภาพที่ 37 กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

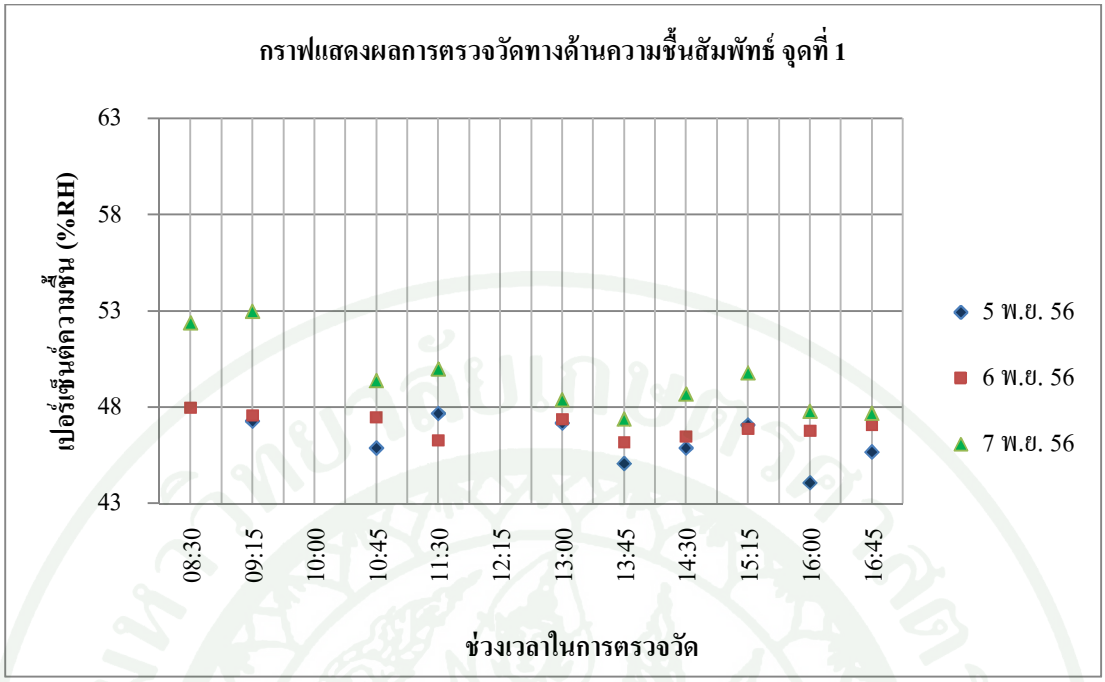


ภาพที่ 38 กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 8

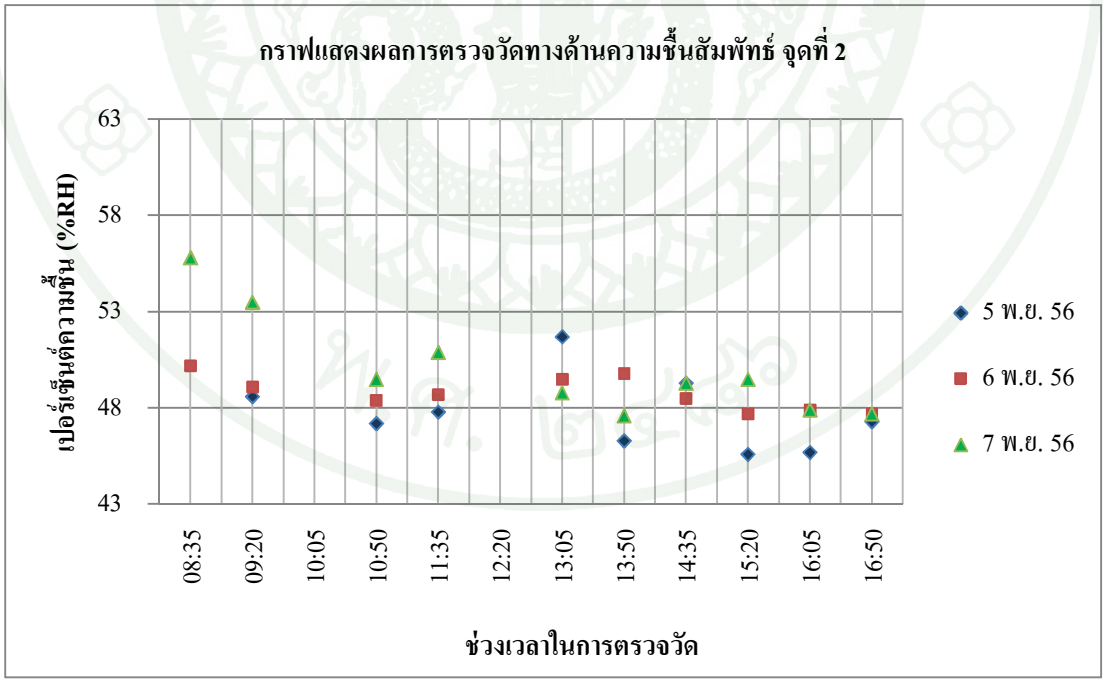


ภาพที่ 39 กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ จุดที่ 9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

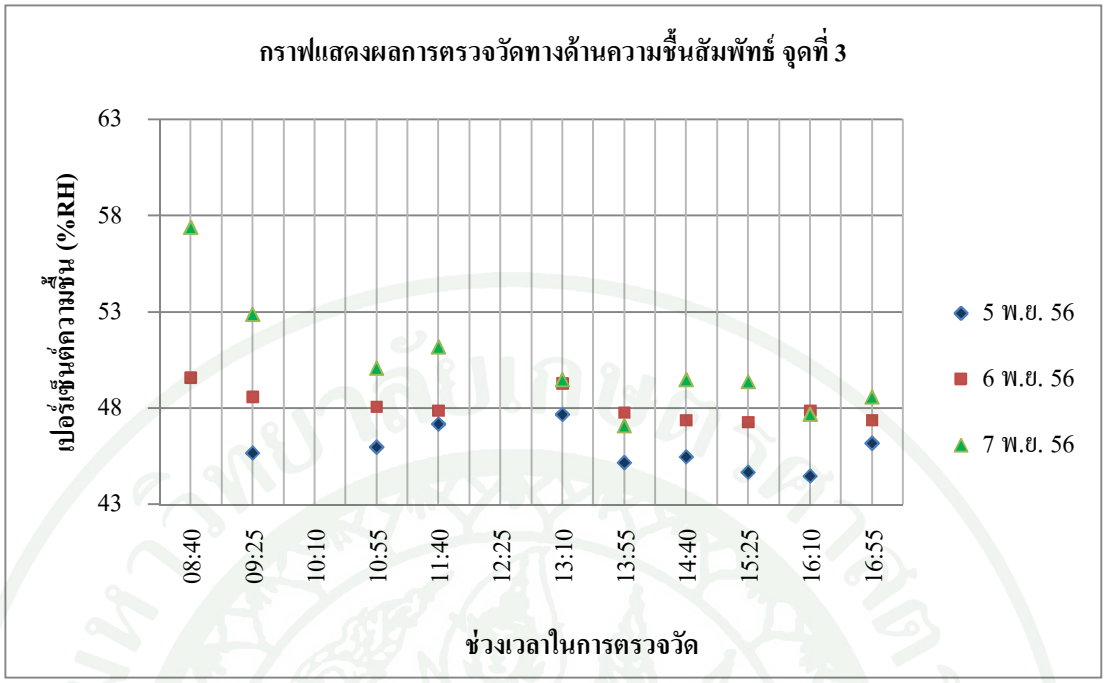


ภาพที่ 40 กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 1

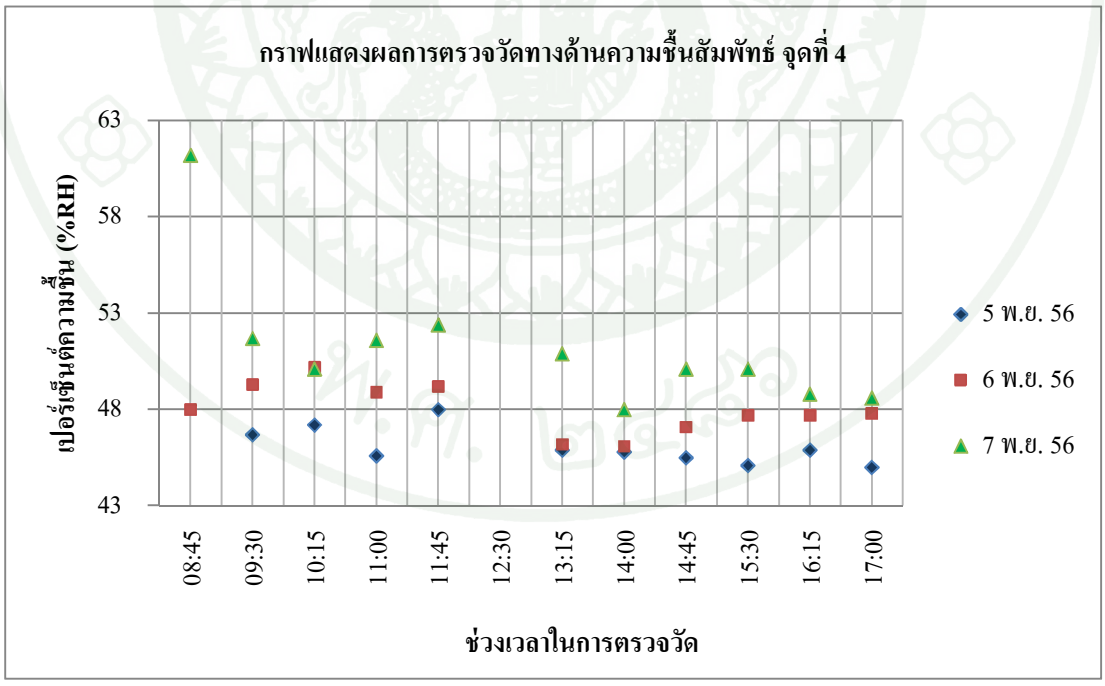


ภาพที่ 41 กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

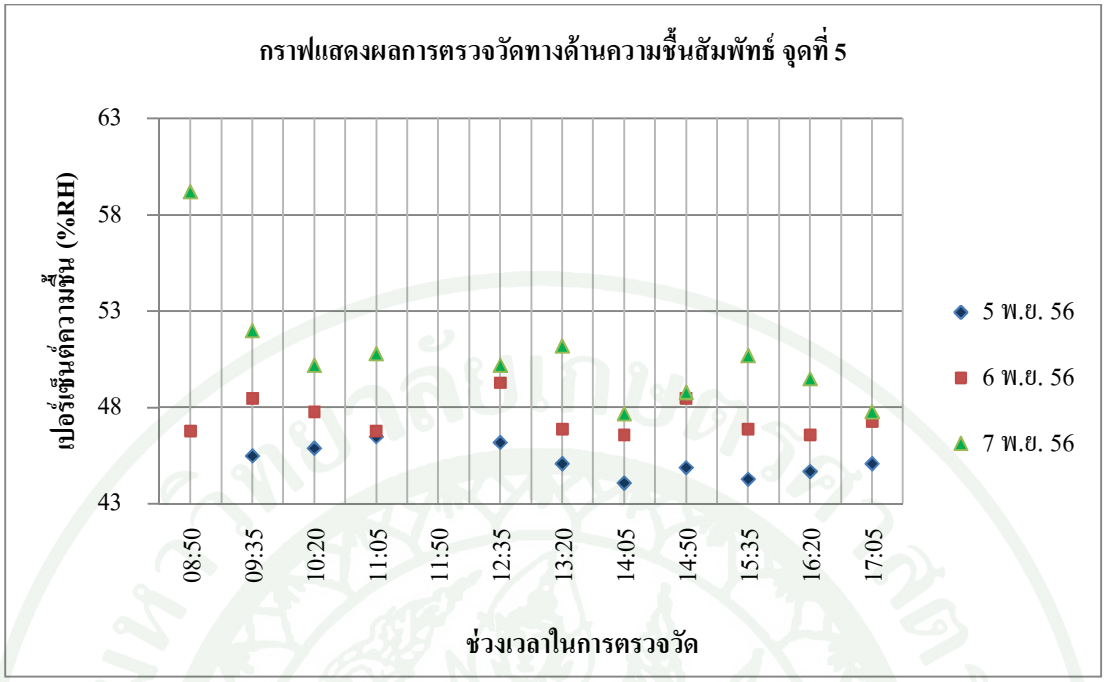


ภาพที่ 42 กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 3

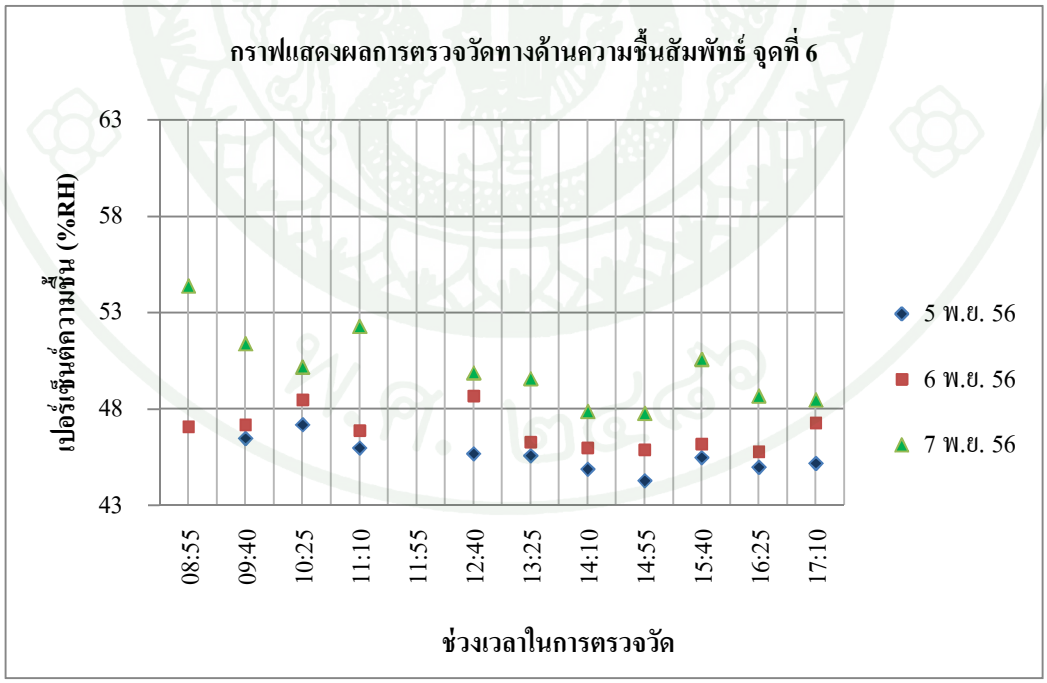


ภาพที่ 43 กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

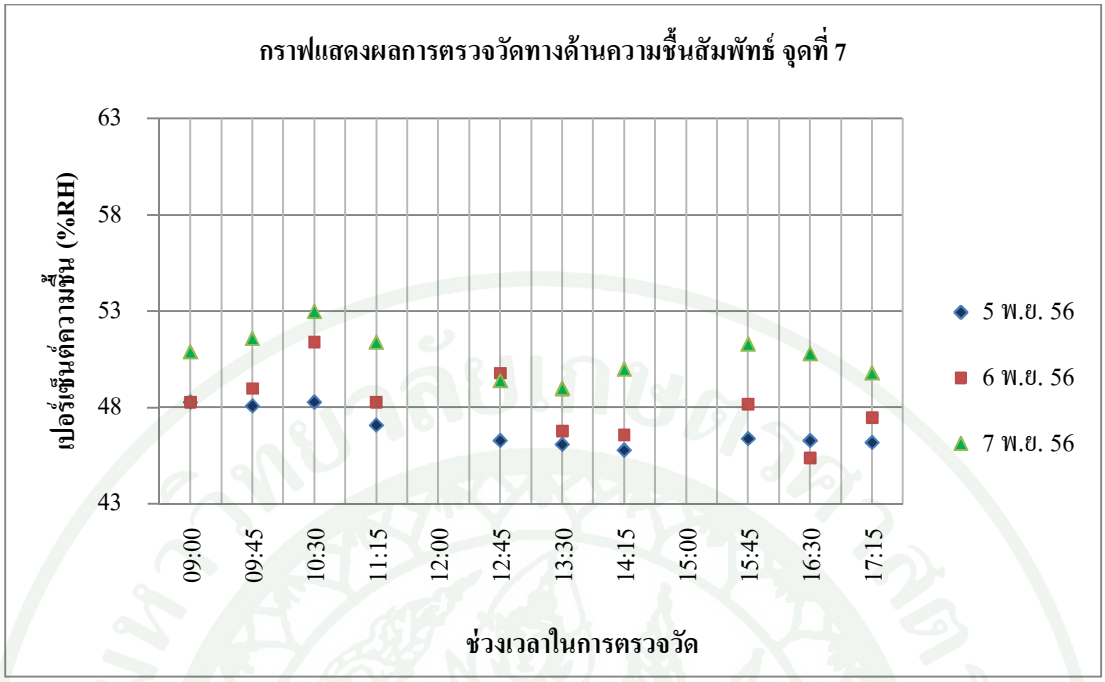


ภาพที่ 44 กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 5

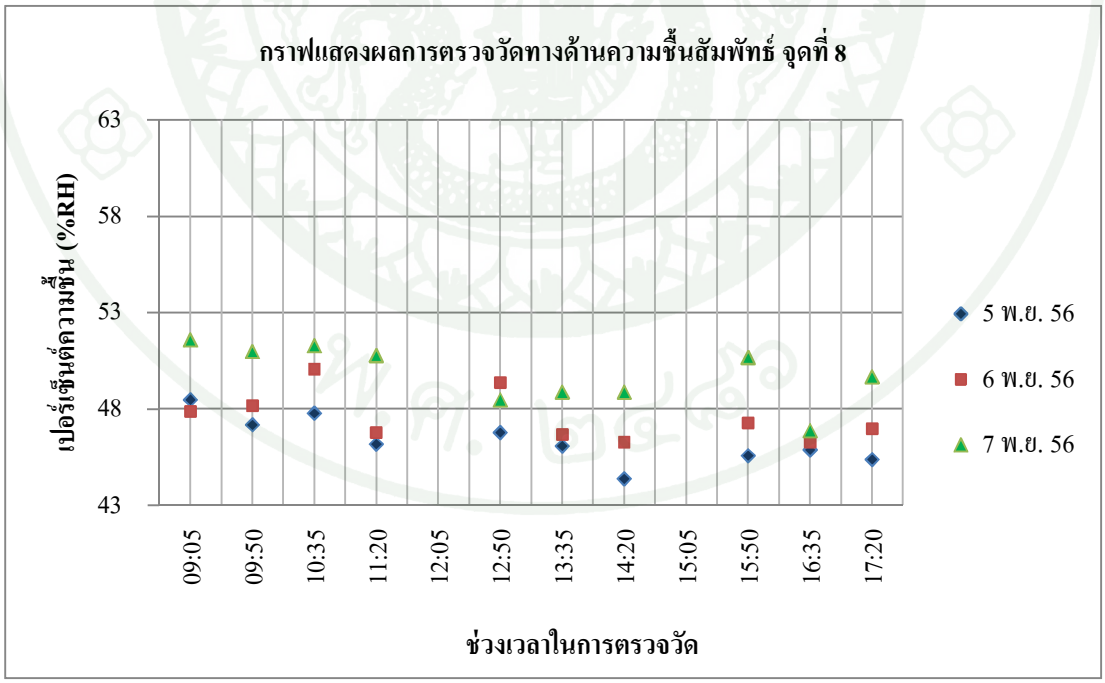


ภาพที่ 45 กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

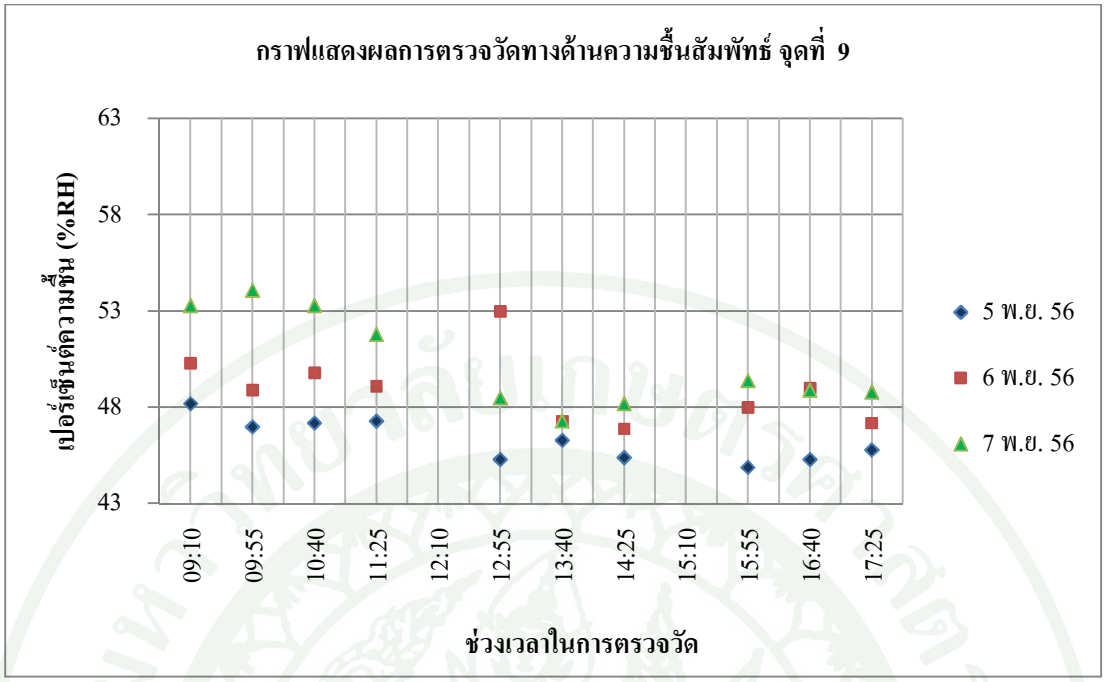


ภาพที่ 46 กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 7



ภาพที่ 47 กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



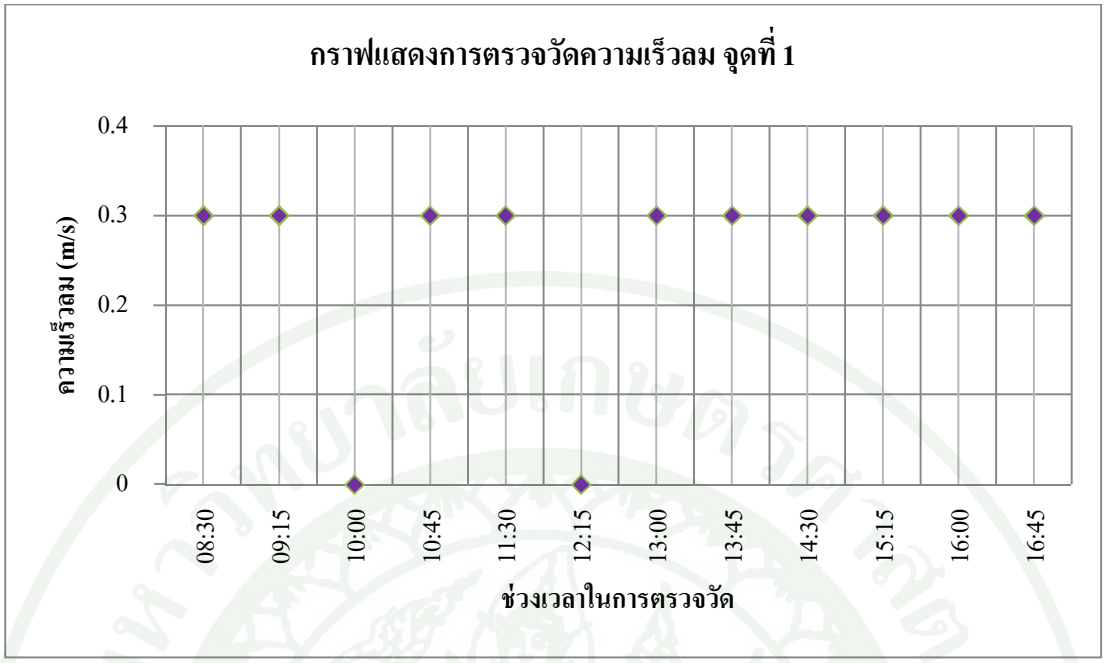
ภาพที่ 48 กราฟแสดงผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ จุดที่ 9

2.2 ความสบายทางด้านความเร็วลม

จากการตรวจวัดภายในพื้นที่ทั้ง 9 จุดตรวจวัดพบว่ามีเพียงแค่จุดที่ 1 เท่านั้นที่ได้รับอิทธิพลรัศมีการกวาดของลม เนื่องจากอยู่ใกล้พัดลมและเครื่องส่งลมเย็น โดยมีระดับความเร็วลมอยู่ที่ 0.3 m/s เมื่อเทียบกับจุดที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ที่เครื่องตรวจวัดความเร็วลมไม่สามารถตรวจวัดค่าได้ เนื่องจากมีปริมาณลมที่น้อยมาก จึงทำให้ปริมาณลมที่ตรวจวัดได้มีค่าเป็น 0 m/s

ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าพื้นที่ในจุดที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 นั้นไม่ได้รับอิทธิพลจากลมที่อยู่ภายในพื้นที่ ซึ่งความเร็วลมนั้นเป็นอีกปัจจัยที่ส่งเสริมในเรื่องของความสบาย โดยอิทธิพลของลมจะทำให้ผู้ที่ได้รับรู้สึกสบาย ไม่ครั่นเนื้อครั่นตัวหรืออบอ้าว นอกจากนั้นอิทธิพลของลมยังส่งให้มีการถ่ายเทอากาศบริเวณของผู้ปฏิบัติงาน หรือการระเหยของเหงื่อเป็นไปได้ดี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



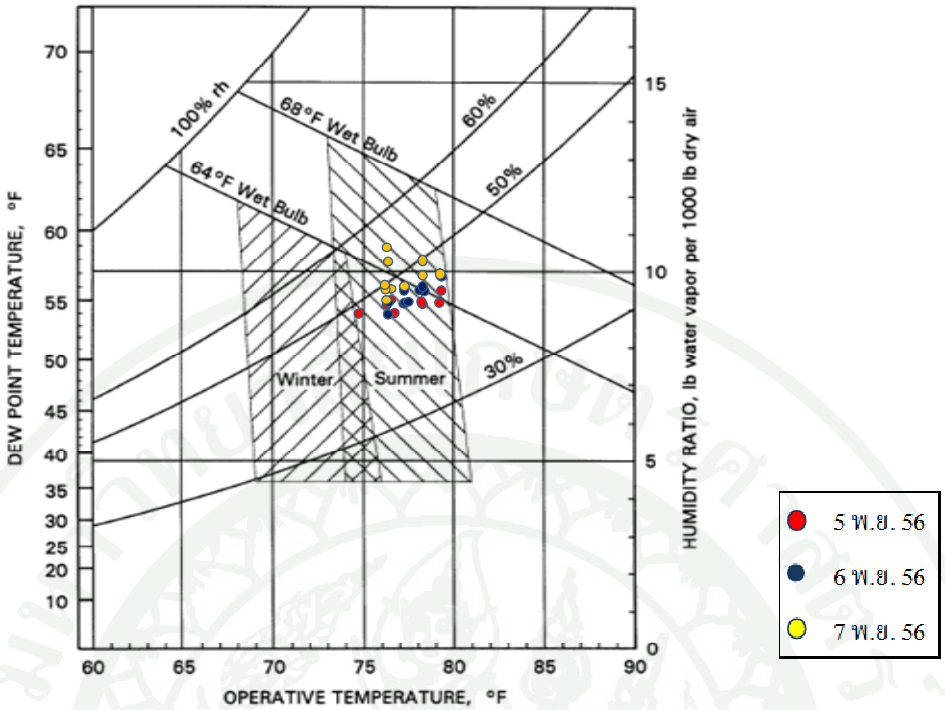
ภาพที่ 49 กราฟแสดงผลการตรวจวัดความเร็วลม จุดที่ 1

2.3 การประเมินความสบายบนแผนภูมิไซโครเมตริก

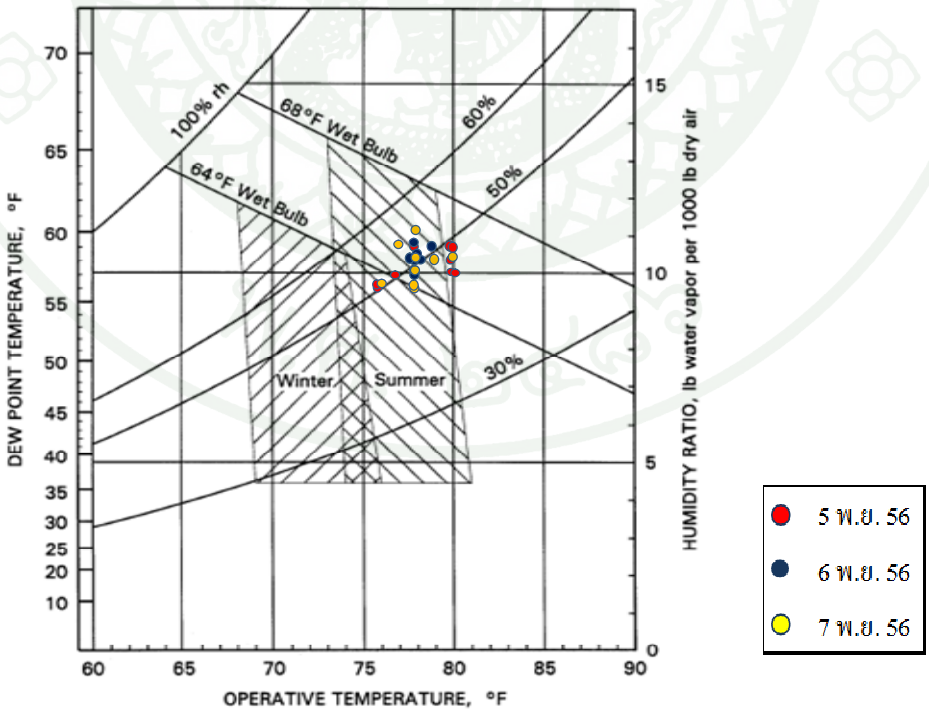
จากผลการตรวจวัดความสบายภายในพื้นที่ทั้ง 3 ปัจจัยนั้นผู้ดำเนินงานวิจัยได้นำข้อมูลการตรวจวัดทางด้านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยนำค่าที่ได้ในแต่ละช่วงเวลาไปพร็อตลงในแผนภูมิไซโครเมตริกซ์เพื่อประเมินสภาวะความสบายในแต่ละช่วงเวลาที่มีการตรวจวัดทั้ง 9 จุด โดยผู้ดำเนินงานวิจัยได้นำผลการประเมินในแต่ละจุดมาแสดงให้เห็นตามภาพที่ 50 ถึง ภาพที่ 58 และ ตารางที่ 9 ถึง ตารางที่ 16 เพื่อแสดงผลของการประเมินในช่วงเวลาต่างๆที่ได้มีการตรวจวัดไปและช่วงเวลาของปัญหาที่มีความไม่สบายเกิดขึ้นภายในพื้นที่

โดยพบว่าในจุดที่ 4 และ 5 นั้น มีจำนวนครั้งจากผลการประเมินสภาวะความสบายที่พบว่าอยู่นอกช่วงกรอบความสบาย ที่แสดงให้เห็นถึงความไม่สบายที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ๆมีจำนวนครั้งมากที่สุด รองลงมา คือจุดที่ 6 และ 9 ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุหลักที่ทำให้ผลการประเมินมีความไม่สบายนั้น มาจากอุณหภูมิภายในพื้นที่ๆมีค่าสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 50 กราฟแสดงผลความสบาย จุดที่ 1

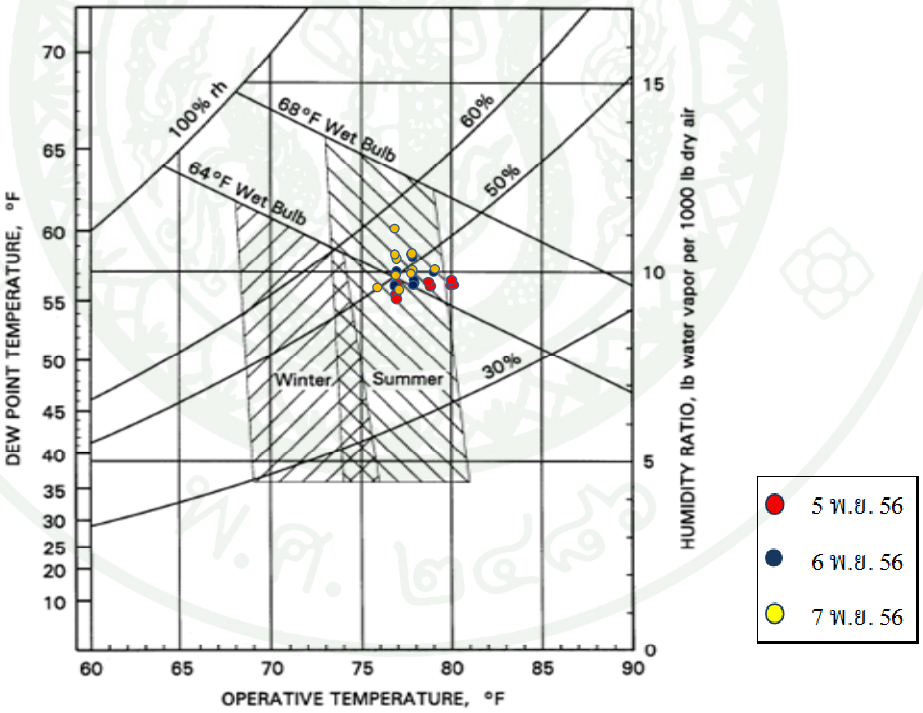


ภาพที่ 51 กราฟแสดงผลความสบาย จุดที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 2

วันที่ดำเนินการตรวจวัด	เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (°F)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	สถานะ
5 พ.ย. 56	13:50	79.52	46.3	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 56	14:35	79.8	49.3	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 56	15:20	80.0	45.6	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 56	16:05	80.4	45.7	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 56	16:50	79.5	47.3	ไม่มีความสบาย
7 พ.ย. 56	13:50	79.7	47.6	ไม่มีความสบาย

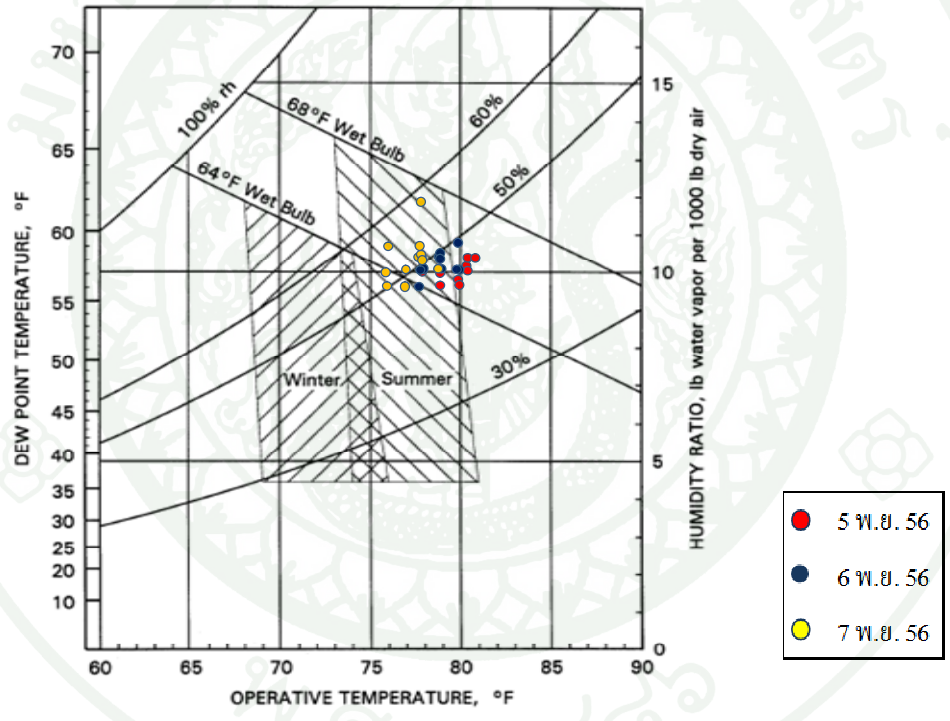


ภาพที่ 52 กราฟแสดงผลความสบาย จุดที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 3

วันที่ดำเนินการตรวจวัด	เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (°F)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	สถานะ
5 พ.ย. 13	14:40	79.7	45.5	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 13	15:25	79.7	44.7	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 13	16:10	79.8	44.5	ไม่มีความสบาย

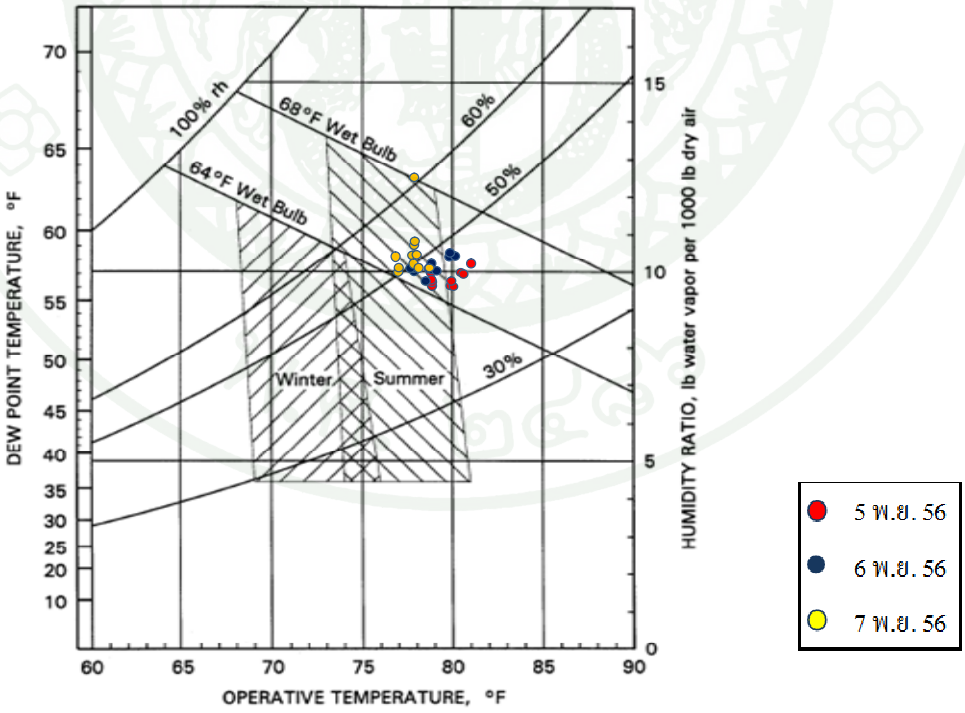


ภาพที่ 53 กราฟแสดงผลความสบาย จุดที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 4

วันที่ดำเนินการตรวจวัด	เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (°F)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	สถานะ
5 พ.ย. 56	13:15	79.5	45.9	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 56	14:00	80.2	45.8	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 56	14:45	80.6	45.5	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 56	15:30	80.6	45.1	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 56	16:15	80.7	45.9	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 56	17:00	80.0	45.0	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 56	13:15	79.5	46.2	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 56	14:00	79.52	46.1	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 56	11:45	79.8	49.2	ไม่มีความสบาย

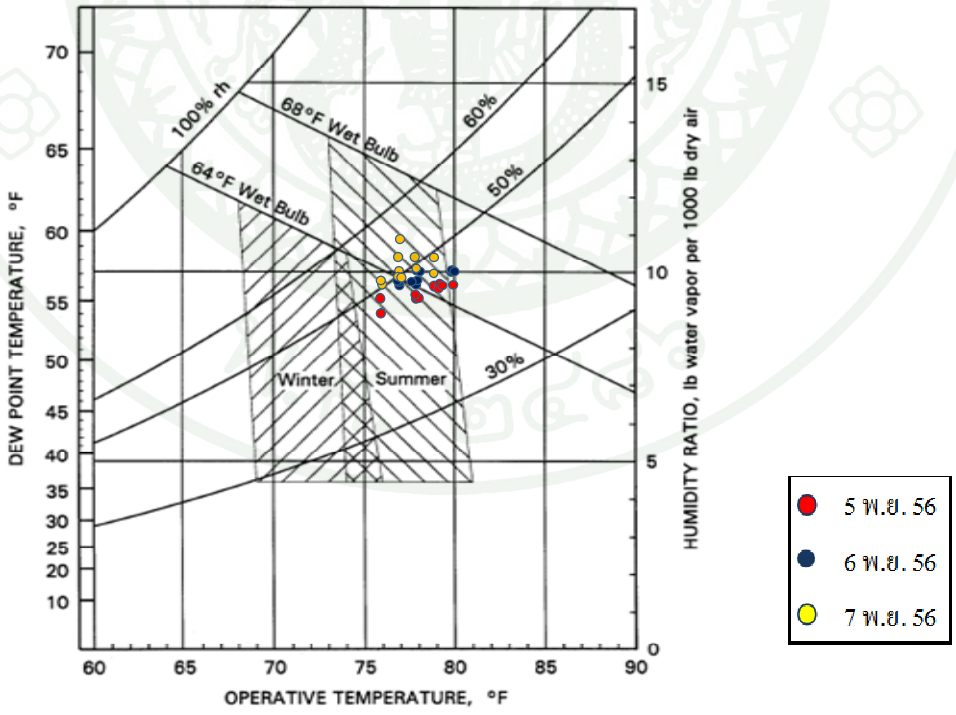


ภาพที่ 54 กราฟแสดงผลความสบาย จุดที่ 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 5

วันที่ดำเนินการตรวจวัด	เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (°F)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	สถานะ
5 พ.ย. 13	13:20	79.52	45.1	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 13	14:05	79.52	44.1	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 13	14:50	80.6	44.9	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 13	15:35	80.6	44.3	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 13	16:20	81.5	44.7	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 13	17:05	79.52	45.1	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 13	13:20	80.06	46.9	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 13	14:05	80.06	46.6	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 13	14:50	79.88	48.5	ไม่มีความสบาย

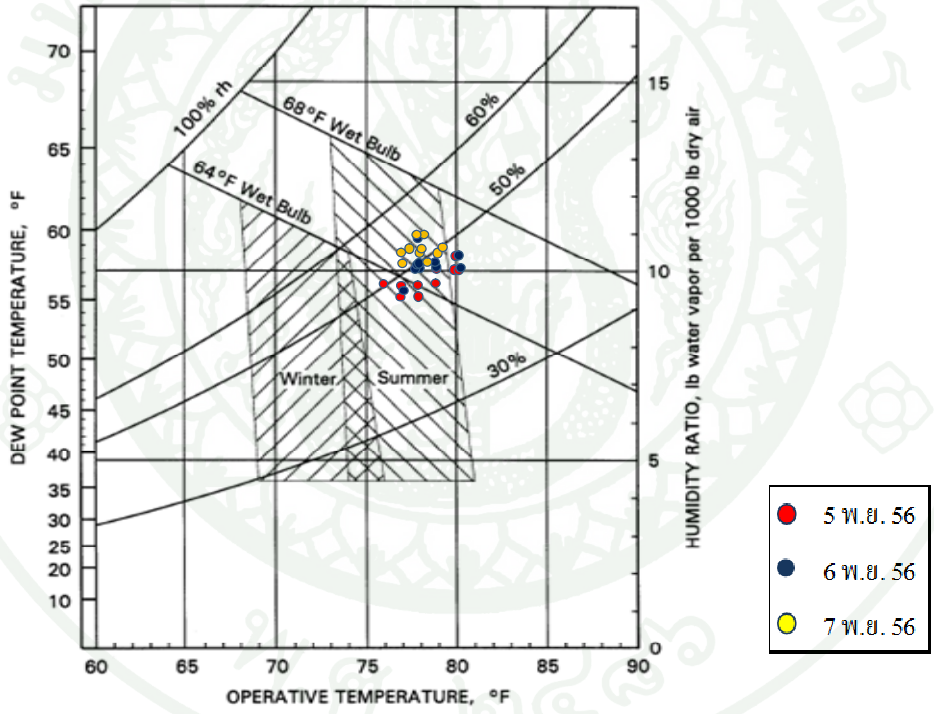


ภาพที่ 55 กราฟแสดงผลความสบาย จุดที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 6

วันที่ดำเนินการตรวจวัด	เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (°F)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	สถานะ
5 พ.ย. 56	14:55	79.88	44.3	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 56	13:25	79.52	46.3	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 56	14:10	79.7	46	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 56	14:55	79.7	45.9	ไม่มีความสบาย

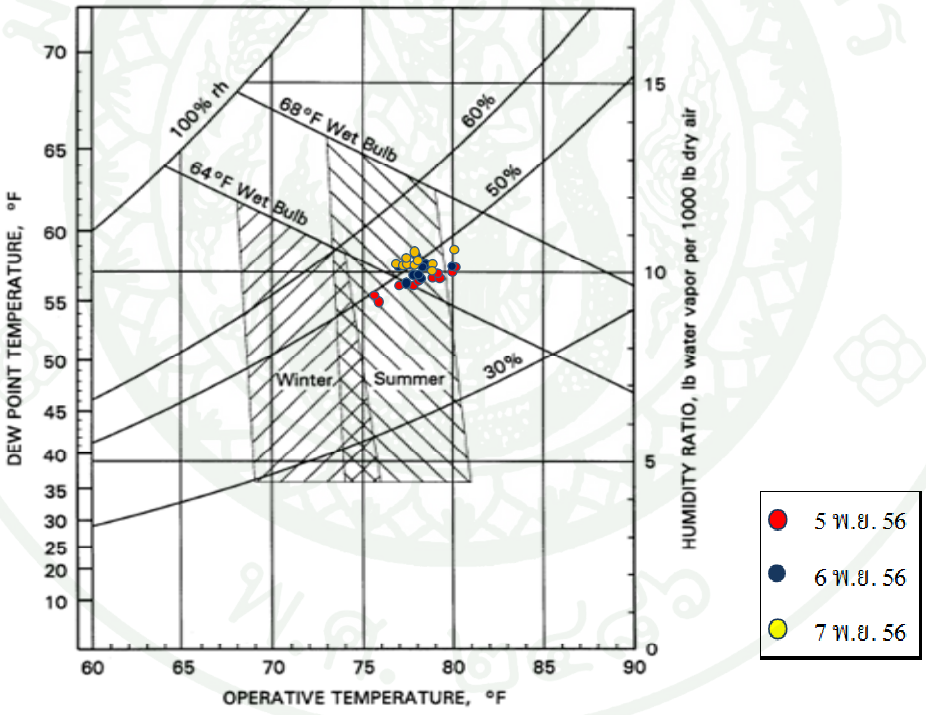


ภาพที่ 56 กราฟแสดงผลความสบาย จุดที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 7

วันที่ดำเนินการตรวจวัด	เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	สถานะ
5 พ.ย. 13	15:45	79.52	46.4	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 13	16:30	79.7	46.3	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 13	17:15	80.24	46.2	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 13	13:30	80.06	46.8	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 13	14:15	79.7	46.6	ไม่มีความสบาย

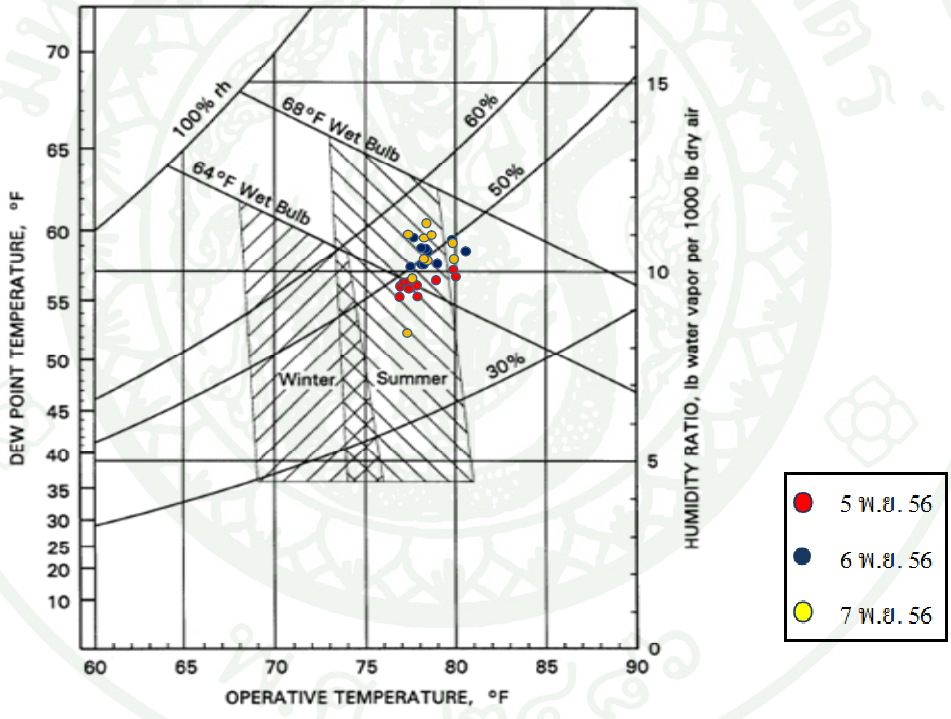


ภาพที่ 57 กราฟแสดงผลความสบาย จุดที่ 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 8

วันที่ดำเนินการตรวจวัด	เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (°F)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	สถานะ
5 พ.ย. 13	15:50	79.88	45.6	ไม่มีความสบาย
5 พ.ย. 13	16:35	79.88	45.9	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 13	14:20	79.52	46.3	ไม่มีความสบาย
7 พ.ย. 13	13:35	79.52	48.9	ไม่มีความสบาย



ภาพที่ 58 กราฟแสดงผลความสบาย จุดที่ 9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 แสดงการสรุปผลสภาวะความไม่สบายจุดที่ 9

วันที่ดำเนินการตรวจวัด	เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	สถานะ
5 พ.ย. 13	16:40	80.06	45.3	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 13	13:40	79.34	47.3	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 13	14:25	80.6	46.9	ไม่มีความสบาย
6 พ.ย. 13	15:55	79.7	48	ไม่มีความสบาย
7 พ.ย. 13	12:55	79.52	48.5	ไม่มีความสบาย
7 พ.ย. 13	13:40	79.7	47.3	ไม่มีความสบาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่ทำงาน โดยพบว่าพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 นั้นประสบปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศและความสบาย ซึ่งผู้ดำเนินงานวิจัยได้กล่าวแยกเป็น 2 ประเด็น คือ

1. คุณภาพอากาศภายในพื้นที่

จากการตรวจวัดและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จะพบว่าพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 นั้นประสบปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในพื้นที่ โดยผู้ดำเนินงานวิจัยได้ศึกษาสาเหตุที่นำไปสู่ปัญหาทางด้านคุณภาพอากาศจำนวน 2 สาเหตุหลักคือ ปัญหาการระบายอากาศและปริมาณสารปนเปื้อนภายในพื้นที่ ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1.1 การระบายอากาศ

ผู้ดำเนินการวิจัยจึงได้ทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในพื้นที่ พบว่า ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในพื้นที่มีค่าเฉลี่ย 1069.43 ppm ซึ่งถือได้ว่าเกินมาตรฐานกำหนดไว้ที่ระดับ 1000 ppm ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 นั้น ประสบปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศ ซึ่งนอกจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นตัวชี้วัดในแง่ของการระบายอากาศแล้ว ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังแสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงในการเกิดโรค ซึ่งรวมไปถึงการสะสมสิ่งสกปรกและเชื้อโรคต่างๆที่อาจนำไปสู่การเจ็บป่วย ซึ่งจากการสำรวจภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 พบว่าอัตราการระบายอากาศภายในพื้นที่ควรมีค่าเท่ากับ 2,790 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ต่อผู้ปฏิบัติงาน 186 คน ซึ่งอัตราส่วนการระบายอากาศนั้น มีผลโดยตรงต่อการเจือจางอากาศเก่าที่มีการปนเปื้อนเพื่อคุณภาพอากาศที่เหมาะสม ซึ่งในปัจจุบันทางสถานประกอบการมีพัดลมระบายอากาศจำนวน 2 เครื่อง บริเวณผนังฝั่งทิศตะวันออก โดยมีอัตราในการระบายอากาศออกในแต่ละเครื่องเท่ากับ 341 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ซึ่งหากนำอัตราการระบายอากาศของพัดลมทั้ง 2 เครื่องมารวมกันจะมีอันตราการระบายอากาศที่ 682 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที แต่ในปัจจุบันไม่ได้มีการเปิดใช้งาน จึงทำให้ผู้ดำเนินงานวิจัยเสนอแนวทางการปรับปรุงภายในพื้นที่โดยการเปิดใช้งานพัดลมที่มีอยู่ภายในพื้นที่ และทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเติมโดยมีอัตราการระบายอากาศ 2108 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ซึ่งการติดตั้งพัดลมเพิ่มเติม ทางสถานประกอบการอาจเลือกใช้พัดลม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขนาดเล็กและติดตั้งกระจายตามผนังฝั่งทิศตะวันออก แต่จะต้องมีอัตราการระบายอากาศรวมที่ภายในพื้นที่ระดับ 2,790 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที จึงจะทำให้ภายในพื้นที่มีการระบายอากาศที่เหมาะสม

1.2 ปริมาณสารปนเปื้อนหรือสารระเหยอินทรีย์ต่างๆที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่

พบว่าภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 มีความเสี่ยงเกี่ยวกับปริมาณสารเคมีที่ฟุ้งกระจายภายในพื้นที่จำนวน 2 ชนิด ได้แก่

- ดีบุก (Tin)
- โทลูอีน (Toluene)

ซึ่งผู้ดำเนินงานวิจัยได้นำผลการตรวจวัดเกี่ยวกับสารเคมีภายในพื้นที่การทำงาน โดยมีสถานประกอบการเป็นผู้ดำเนินว่าจ้างบริษัทภายนอกเข้ามาดำเนินการตรวจวัด พบว่าปริมาณค่าสารเคมีทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณต่ำกว่าค่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ นอกจากนั้นผู้ดำเนินงานวิจัยยังได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณฝุ่นละอองรวมภายโดยใช้การอ้างอิงค่าตรวจวัดจากห้องเครื่องมือที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งสามารถอนุมานได้ว่าพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 นั้นไม่ประสบปัญหาทางด้านฝุ่นละอองเช่นเดียวกับสารเคมี จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่าภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 นั้นไม่ประสบปัญหาทางด้านปริมาณสารปนเปื้อนหรือสารระเหยอินทรีย์ต่างๆที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่

2. ความสบาย

จากการตรวจวัดภายในพื้นที่พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่นั้นประสบปัญหาทางด้านความสบาย โดยสาเหตุหลักมาจากอุณหภูมิภายในพื้นที่บางช่วงเวลาที่มีค่าสูง จึงทำให้ผู้ดำเนินงานวิจัยให้ความสำคัญกับการเสนอแนะแนวทางการแก้ไขทางด้านอุณหภูมิภายในพื้นที่ โดยทำการคำนวณค่าภาระความร้อนที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ ซึ่งพบว่าค่าภาระความร้อนที่เกิดขึ้นมาจาก 2 ปัจจัยคือ ภาระค่าความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง ตามตารางที่ 17 และตารางที่ 18

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ผลการคำนวณภาระความร้อนสัมผัส

ลำดับ	รายละเอียด	ค่าภาระความร้อน (Btu/hr)
1	ค่าความร้อนผ่านโครงสร้างด้านนอกอาคาร	109,230.23
2	ค่าความร้อนผ่านโครงสร้างภายในอาคาร	32,221.32
3	ค่าความร้อนจากแสงสว่าง	60,656.00
4	ค่าความร้อนสัมผัสจากคน	51,150.00
5	ค่าความร้อนของเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์	94,758.00
6	ความร้อนจากการระบายอากาศ	46,035.00
ภาระความร้อนสัมผัสรวม		394,050.55

นำค่าความร้อนสัมผัสที่คำนวณได้นำไปคูณการปรับแก้ค่าความร้อนสัมผัสที่ห้องได้รับ 0.86 นั่นแสดงให้เห็นถึงโหลดความร้อนสัมผัสเหล่านี้ลดลง 0.14 หรือ 14 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีการถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้างของอาคารออกไปภายนอก

$$394{,}050.55 \times 0.86$$

จึงทำให้ค่าความร้อนสัมผัสนั้นมีค่าเท่ากับ 338,883.48 Btu/hr

ตารางที่ 18 ผลการคำนวณภาระความร้อนแฝง

ลำดับ	รายละเอียด	ค่าภาระความร้อน (Btu/hr)
1	ค่าความร้อนแฝงจากคน	88,350.00
2	ความร้อนจากการระบายอากาศหรือการหมุนเวียนของอากาศ	208,692.00
ภาระความร้อนแฝงรวม		297,042.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 ผลรวมของภาระความร้อนแฝงและสัมผัส

ลำดับ	รายละเอียด	ค่าภาระความร้อน (Btu/hr)
1	ภาระความร้อนแฝง	297,042.00
2	ภาระความร้อนสัมผัส	338,883.48
ภาระความร้อนรวม		635,925.48

จากตารางที่ 19 พบว่าผลรวมของค่าความภาระความร้อนสัมผัสและแฝงที่ได้นั้น ถือได้ว่าเป็นภาระความร้อนรวมทั้งหมดภายในห้อง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 635,925.48 Btu/hr โดยหากนำค่าภาระความร้อนรวมที่คำนวณได้ไปพิจารณาเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงภายในพื้นที่ในการทำงาน โดยเน้นที่การแก้ไขที่ภาระความร้อนสัมผัส ซึ่งเป็นค่าภาระความร้อนเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านอุณหภูมิ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการเกิดสภาวะความไม่สบายภายในพื้นที่การทำงาน ทางผู้ดำเนินงานวิจัยจึงได้เสนอแนวทางการแก้ไข โดยแยกตามปัจจัยของภาระความร้อนสัมผัส ดังนี้

1. ค่าความร้อนผ่านโครงสร้างด้านนอกอาคาร เช่น หลังคาและผนัง

จากการคำนวณภาระความร้อนที่ผ่านโครงสร้างภายนอกทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 109,230.23 Btu/hr ประกอบไปด้วย

1) ค่าภาระความร้อนที่เกิดบริเวณผนังมีค่าเท่ากับ 49,114.98 Btu/hr โดยแบ่งออกเป็น

- ค่าภาระความร้อนที่เกิดบริเวณผนังคอนกรีต มีค่าเท่ากับ 16,111.43 Btu/hr
- ค่าภาระความร้อนทีเกิดบริเวณผนังบริเวณหน้าต่างชนิดกระจก มีค่าเท่ากับ 33,003.55 Btu/hr

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ค่าภาระความร้อนที่เกิดบริเวณหลังคามีค่าเท่ากับ 60,115.26 Btu/hr

โดยแนวทางในการแก้ไขค่าความร้อนที่ผ่านโครงสร้างอาคารภายนอกนั้นจะเน้นเกี่ยวกับการแก้ไขที่บริเวณผนังและหน้าต่าง เนื่องจากการปรับปรุงค่าภาระความร้อนบริเวณหลังคานั้นดำเนินการได้ยาก ใช้งบประมาณในการแก้ไขสูง และใช้ระยะเวลาในการแก้ไขนาน ซึ่งการปรับเปลี่ยนโครงสร้างหลังคานั้น ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมในการนำมาแก้ไขปัญหาทางด้านภาระความร้อนในงานวิจัยครั้งนี้

ซึ่งทางผู้ดำเนินงานวิจัยจึงได้เสนอแนวคิดรูปแบบการแก้ไขและปรับปรุงภาระความร้อนโดยเน้นที่บริเวณผนัง ซึ่งบริเวณดังกล่าวมีค่าภาระความร้อนที่สูง โดยมีรายละเอียดการปรับปรุงดังนี้

1.1 รูปแบบที่ 1 เป็นการปรับปรุงเกี่ยวกับการตัดปริมาณความร้อนที่บริเวณกระจกโดยเปลี่ยนไปใช้ผนังชนิดคอนกรีตทดแทนหน้าต่างชนิดกระจกในปัจจุบัน

จากเดิมที่ใช้กระจกชนิดชนิดแผ่นเดี่ยว (Single glass) ซึ่งมีค่า U เท่ากับ 1.10 และม่านบังแดดประเภท Venetian Blinds ชนิด Medium ที่มีค่า Shading coefficients สำหรับกระจก มีค่าเท่ากับ 0.74

จึงได้ทำการเปลี่ยนหน้าต่างชนิดกระจกเป็นผนังคอนกรีตซึ่งมีขนาด 4 นิ้ว ประเภท E ชนิดเดียวกับผนังคอนกรีตเดิม

พบว่าค่าภาระความร้อนเดิมก่อนปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 49,114.98 Btu/hr และหลังจากการปรับปรุงเปลี่ยนใหม่พบว่าค่าภาระความร้อนลดลงเหลือ 21,569.65 Btu/hr หรือลดลงคิดเป็นร้อยละ 56.08 ตามตารางที่ 20

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 การคำนวณภาระความร้อนรูปแบบที่ 1

รูปแบบการแก้ไข	ชนิดผนัง	ขนาดพื้นที่ (ft^2)	U (Btu/hr-ft^2-^oF)	SC	Radiation (BTU)	Conduction (BTU)	Q (BTU)
เดิม	E-4 in.concrete	612.02	0.585	-	-	16,111.43	49,114.98
เดิม	Glass	207.34207.34	1.10	0.74	27,985.92	5,017.63	
1	E-4 in.concrete	819.36	0.585	-	-	21,569.65	21,569.65

1.2 รูปแบบที่ 2 เป็นการปรับปรุงเกี่ยวกับการลดปริมาณความร้อนที่ผ่านบริเวณหน้าต่าง ชนิดกระจกลง โดยการเปลี่ยนชนิดม่านบังแดดบริเวณหน้าต่าง

จากเดิมที่ใช้กระจกชนิดแผ่นเดี่ยว (Single glass) ซึ่งมีค่า U เท่ากับ 1.1 และม่านบังแดดประเภท Venetian Blinds ชนิด Medium ที่มีค่า Shading coefficients สำหรับกระจก มีค่าเท่ากับ 0.74

จึงได้ทำการเปลี่ยนม่านบังแดดเป็นประเภท Roller shades ชนิด Light ที่มีค่า Shading coefficients สำหรับกระจก มีค่าเท่ากับ 0.39 โดยใช้กระจกชนิดเดิม คือกระจกชนิดแผ่นเดี่ยว (Single glass) ซึ่งมีค่า U เท่ากับ 1.1

พบว่าค่าภาระความร้อนเดิมก่อนปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 49,114.98 Btu/hr และหลังจากการปรับปรุงเปลี่ยนใหม่พบว่าค่าภาระความร้อนลดลงเหลือ 35,878.40 Btu/hr หรือลดลงคิดเป็นร้อยละ 26.95 ตามตารางที่ 21

ตารางที่ 21 การคำนวณภาระความร้อนรูปแบบที่ 2

รูปแบบการแก้ไข	ชนิดผนัง	ขนาดพื้นที่ (ft^2)	U (Btu/hr-ft^2-^oF)	SC	Radiation (BTU)	Conduction (BTU)	Q (BTU)
เดิม	E-4 in.concrete	612.02	0.585	-	-	16,111.43	49,114.98
เดิม	Glass	207.34	1.10	0.74	27,985.92	5,017.63	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 (ต่อ)

รูปแบบการแก้ไข	ชนิดผนัง	ขนาดพื้นที่ (ft^2)	U (Btu/hr-ft^2-^oF)	SC	Radiation (BTU)	Conduction (BTU)	Q (BTU)
2	E-4 in.concrete	612.02	0.585	-		16,111.43	35,878.40
2	Glass	207.34	1.10	0.39	14,749.34	5,017.63	

1.3 รูปแบบที่ 3 เป็นการปรับปรุงเกี่ยวกับการลดปริมาณความร้อนที่ผ่านบริเวณหน้าต่าง ชนิดกระจกลง โดยการเปลี่ยนชนิดกระจกบริเวณหน้าต่าง

จากเดิมที่ใช้กระจกชนิดชนิดแผ่นเดี่ยว (Single glass) ซึ่งมีค่า U เท่ากับ 1.10 และม่านบังแดดประเภท Venetian Blinds ชนิด Medium ที่มีค่า Shading coefficients สำหรับกระจก มีค่าเท่ากับ 0.74

จึงได้ทำการเปลี่ยนกระจกเป็นชนิดคู่ (Double glass) ขนาด 3/8 in. air space ซึ่งมีค่า U เท่ากับ 0.60 และใช้ม่านบังแดดชนิดเดิมคือ Venetian Blinds ชนิด Medium ที่มีค่า Shading coefficients สำหรับ glass เท่ากับ 0.74

พบว่าค่าภาระความร้อนเดิมมีค่าเท่ากับ 49,114.98 Btu/hr และหลังจากการปรับปรุงเปลี่ยนประเภทกระจกใหม่พบว่าค่าภาระความร้อนลดลงเหลือ 45,760.14 Btu/hr หรือลดลงคิดเป็นร้อยละ 6.83 ตามตารางที่ 22

ตารางที่ 22 การคำนวณภาระความร้อนรูปแบบที่ 3

รูปแบบการแก้ไข	ชนิดผนัง	ขนาดพื้นที่ (ft^2)	U (Btu/hr-ft^2-^oF)	SC	Radiation (BTU)	Conduction (BTU)	Q (BTU)
เดิม	E-4-in.concrete	612.02	0.585	-	-	16,111.43	49,114.98
เดิม	Glass	207.34	1.10	0.74	27,985.92	5,017.63	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 (ต่อ)

รูปแบบการแก้ไข	ชนิดผนัง	ขนาดพื้นที่ (ft^2)	U (Btu/hr-ft^2-^oF)	SC	Radiation (BTU)	Conduction (BTU)	Q (BTU)
3	E-4-in.concrete	612.02	0.585	-	-	15,037.33	45,760.14
3	Glass	207.34	0.60		27,985.92	2,736.89	

1.4 รูปแบบที่ 4 เป็นการปรับปรุงเกี่ยวกับการลดปริมาณความร้อนที่ผ่านบริเวณหน้าต่าง ชนิดกระจกลง จึงได้มีการเปลี่ยนชนิดกระจกบริเวณหน้าต่างและม่านบังแดดภายใน

จากเดิมที่ใช้กระจกชนิดชนิดแผ่นเดี่ยว (Single glass) ซึ่งมีค่า U เท่ากับ 1.1 และม่านบังแดดประเภท Venetian Blinds ชนิด Medium ที่มีค่า Shading coefficients สำหรับกระจกมีค่าเท่ากับ 0.74

จึงได้ทำการเปลี่ยนกระจกเป็นชนิดคู่ (Double glass) ขนาด 3/8 in. air space ซึ่งมีค่า U เท่ากับ 0.60 และม่านบังแดดเป็นประเภท Roller shades ชนิด Light โดยมีค่า Shading coefficients สำหรับกระจกมีค่าเท่ากับ 0.39

พบว่าค่าภาระความร้อนเดิมก่อนปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 49,114.98 Btu/hr และหลังจากการปรับปรุงเปลี่ยนวัสดุใหม่พบว่าค่าภาระความร้อนลดลงเหลือ 32,523.56 Btu/hr หรือลดลงคิดเป็นร้อยละ 33.78 ตามตารางที่ 23

ตารางที่ 23 การคำนวณภาระความร้อนรูปแบบที่ 4

รูปแบบการแก้ไข	ชนิดผนัง	ขนาดพื้นที่ (ft^2)	U (Btu/hr-ft^2-^oF)	SC	Radiation (BTU)	Conduction (BTU)	Q (BTU)
เดิม	E-4-in.concrete	612.02	0.585	-	-	16,111.43	49,114.98
เดิม	Glass	207.34	1.10	0.74	27,985.92	5,017.63	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 (ต่อ)

รูปแบบการแก้ไข	ชนิดผนัง	ขนาดพื้นที่ (ft^2)	U (Btu/hr-ft^2-^oF)	SC	Radiation (BTU)	Conduction (BTU)	Q (BTU)
4	E-4-in.concrete	612.02	0.585	-		15,037.33	32,523.56
4	Glass	207.34	0.60	0.39	14,749.34	2,736.89	

1.5 รูปแบบที่ 5 เป็นการปรับปรุงเกี่ยวกับการลดปริมาณความร้อนที่ผ่านบริเวณผนัง จึงได้มีการเพิ่ม Insulator หนาประมาณ 1 นิ้ว

จากเดิมที่ใช้ผนังกระจกชนิดชนิดแผ่นเดี่ยว (Single glass) และผนังคอนกรีตชนิด E หนา 4 นิ้ว พร้อมกับม่านบังแดดประเภทเดิม จึงได้ทำการเพิ่ม Insulator หนาประมาณ 1 นิ้ว ปิดทับบริเวณผนังคอนกรีตและกระจก

พบว่าค่าภาระความร้อนรวมเดิมก่อนปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 49,114.98 Btu/hr และหลังจากการปรับปรุงเปลี่ยนวัสดุใหม่พบว่าค่าภาระความร้อนลดลงเหลือ 7,205.88 Btu/hr หรือลดลงคิดเป็นร้อยละ 85.33 ตามตารางที่ 24

ตารางที่ 24 การคำนวณภาระความร้อนรูปแบบที่ 5

รูปแบบการแก้ไข	ชนิดผนัง	ขนาดพื้นที่ (ft^2)	U (Btu/hr-ft^2-^oF)	SC	Radiation (BTU)	Conduction (BTU)	Q (BTU)
เดิม	E-4-in.concrete	612.02	0.585	-	-	16,111.43	49,114.98
เดิม	Glass	207.34	1.10	0.74	27,985.92	5,017.63	
5	4-in.concrete+1-in.insulation	612.02	0.20	-	-	5,508.18	7,205.88
5	glass+1-in.insulation	207.34	0.178	-	-	1,697.70	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการเสนอแนวทางการปรับปรุงบริเวณหน้าต่างทั้ง 5 รูปแบบ พบว่าแนวทางการปรับปรุงรูปแบบที่ 5 สามารถทำให้ค่าภาระความลดลงมากที่สุดคือ 7,205.88 Btu/hr หรือลดลงคิดเป็นร้อยละ 85.33 โดยทำการเพิ่ม Insulator หนาประมาณ 1 นิ้ว ซึ่งสามารถลดภาระความร้อนได้ดีกว่าการปรับปรุงรูปแบบอื่นๆ

2. ค่าความร้อนผ่านโครงสร้างด้านในอาคาร เช่น ผนังระหว่างห้องและพื้นระหว่างชั้น

จากการคำนวณภาระความร้อนที่ผ่านโครงสร้างภายในพบว่าค่าภาระความร้อนทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 32,221.32 Btu/hr ได้แก่

1) ค่าภาระความร้อนที่เกิดบริเวณผนังฝั่งด้านในอาคารฝั่งทิศเหนือ
มีค่าเท่ากับ 2,955.05 Btu/hr
2) ค่าภาระความร้อนที่เกิดบริเวณผนังฝั่งด้านในอาคารฝั่งทิศใต้
มีค่าเท่ากับ 3,009.96 Btu/hr
3) ค่าภาระความร้อนที่เกิดบริเวณผนังฝั่งด้านในอาคารฝั่งทิศตะวันตก
มีค่าเท่ากับ 3,770.75 Btu/hr
4) ค่าภาระความร้อนที่เกิดบริเวณพื้นระหว่างชั้น
มีค่าเท่ากับ 22,485.56 Btu/hr

การดำเนินการแก้ไขเกี่ยวกับภาระความร้อนที่เกิดจากโครงสร้างภายในอาคารนั้นไม่สามารถดำเนินการแก้ไขได้ เนื่องจากค่าภาระความร้อนรวมที่คำนวณได้มีปริมาณน้อยและไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนเปลี่ยนวัสดุ

3. ค่าภาระความร้อนจากแสงสว่าง เช่นหลอดไฟ

การดำเนินการแก้ไขเกี่ยวกับภาระความร้อนที่เกิดจากการใช้งานของหลอดไฟไม่สามารถปรับปรุงและลดจำนวนลงได้ เนื่องจากกิจกรรมภายในพื้นที่การทำงานเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้แสงไฟในปริมาณที่มากในการตรวจสอบชิ้นงานขนาดเล็ก จึงทำให้ไม่สามารถลดจำนวนหลอดไฟลงได้และจากการคำนวณภาระความร้อนจะพบว่าค่าภาระความร้อนจากหลอดไฟนั้นมีปริมาณที่น้อยมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ค่าความร้อนจากคน

การดำเนินการแก้ไขเกี่ยวกับภาระความร้อนที่เกิดจากคนนั้นไม่สามารถทำได้ เนื่องจากกิจกรรมการผลิตจำเป็นจะต้องใช้ผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นจึงทำให้ไม่สามารถลดจำนวนลงได้

5. ค่าภาระความร้อนจากเครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์

การดำเนินการแก้ไขเกี่ยวกับภาระความร้อนที่เกิดจาก เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์นั้นไม่สามารถทำได้ เนื่องจากกิจกรรมการผลิตจำเป็นจะต้องใช้เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์เพื่อใช้ในกระบวนการผลิต

6. ความร้อนจากการระบายอากาศ

การดำเนินการแก้ไขเกี่ยวกับภาระความร้อนที่เกิดจากความร้อนจากการระบายอากาศนั้นไม่สามารถปรับลดลงได้ เนื่องจากภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 นั้น เป็นพื้นที่ๆประสบปัญหาทางด้านการระบายอากาศอยู่เดิมแล้ว และจำเป็นจะต้องมีการระบายอากาศเพื่อเจือจางก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในพื้นที่ จึงทำให้ไม่สามารถปรับลดปริมาณค่าภาระความร้อนที่มาจากการระบายอากาศ ซึ่งเป็นปริมาณที่สอดคล้องกับความปลอดภัยและสุขภาพของผู้ปฏิบัติภายในพื้นที่

จากแนวทางปรับปรุงค่าภาระความร้อนที่กล่าวไปข้างต้นพบว่า วิธีในการลดค่าภาระความร้อนได้ดีคือการปรับปรุงตามรูปแบบที่ 5 นั้นคือการเพิ่ม Insulator แต่หากมองในภาพรวมหลังจากการปรับปรุงตามรูปแบบที่ 5 จะพบว่า ค่าภาระความร้อนรวมภายในห้องก่อนการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 635,925.48 Btu/hr และหลังการปรับปรุงตามรูปแบบที่ 5 ทำให้ห้องมีค่าภาระความร้อนลดลงเหลือ 599,883.66 Btu/hr หรือลดลงร้อยละ 5.66 ซึ่งถือว่าน้อยมาก ดังนั้นจึงอาจไม่เหมาะสมต่อการลงทุนปรับปรุง

นอกจากแนวทางการปรับที่ทางผู้ดำเนินงานวิจัยได้เสนอแนะไปนั้น ผู้ดำเนินงานวิจัยยังพบว่าทางสถานประกอบการสามารถปรับปรุงอุณหภูมิภายในพื้นที่การทำงาน ได้โดยการเพิ่มขนาดของเครื่องทำความเย็น โดยพบว่าในปัจจุบันพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 นั้นมีขนาดของเครื่องปรับอากาศภายในเท่ากับ 324,000 Btu/hr หรือ 27 ตันความเย็น ซึ่งถือว่าไม่เหมาะสมกับค่าภาระความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้อง จึงทำให้วิธีการเพิ่มขนาดของเครื่องปรับอากาศภายในพื้นที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นอีกทางเลือกที่ทางผู้ดำเนินงานวิจัยได้เสนอแนะเพิ่มเติมไว้ โดยขนาดของเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมกับพื้นที่นั้นมีค่าเท่ากับ

$$= \frac{635,925.48}{12,000}$$

= 52.99 ตันความเย็น หรือประมาณ 53 ตันความเย็น

ซึ่งสถานประกอบการอาจจะต้องติดตั้งขนาดของเครื่องทำความเย็นภายในพื้นที่เพิ่มขึ้นอีก 26 ตันความเย็นจากเดิมที่มีอยู่ 27 ตันความเย็น โดยจะทำให้ภายในพื้นที่มีขนาดของเครื่องทำความเย็นรวมที่ 53 ตันความเย็น เป็นไปตามที่ได้คำนวณไว้ข้างต้น ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ได้มาจากการคำนวณภาระความร้อน (Worst Case) ที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่จริง

หรือหากสถานประกอบการไม่ต้องการเพิ่มขนาดของเครื่องทำความเย็นมากถึง 26 ตันความเย็น สถานประกอบการอาจต้องติดตั้งฉนวนตามรูปแบบการแก้ไขที่ 5 โดยจะทำให้ค่าภาระขนาดของเครื่องทำความเย็นภายในห้องลดลงเหลือ 50 ตันความเย็น ซึ่งทำให้สถานประกอบการมีความจำเป็นในการเพิ่มขนาดของเครื่องทำความเย็นภายในพื้นที่เพียงแค่ 23 ตันความเย็นเท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบด้านคุณภาพอากาศและความสบายภายในพื้นที่ทำงาน กรณีศึกษา: โรงงานผลิต - ประกอบชุดขั้วต่อสายไฟ สรุปได้ว่าพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 นั้นประสบปัญหาทางด้านคุณภาพอากาศและความสบายภายในอาคาร โดยผู้ดำเนินงานวิจัยได้แยกสรุปเป็น 2 ประเด็น คือ

- คุณภาพอากาศ โดยผู้ดำเนินงานวิจัยได้ทำการตรวจสอบเกี่ยวกับ ปริมาณของฝุ่นละออง ปริมาณการฟุ้งกระจายของสารโทลูอีน ดีบุก และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า ภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 นั้นมีปริมาณของฝุ่นละอองและปริมาณการฟุ้งกระจายของสารโทลูอีน ดีบุก ในระดับที่ปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ที่ปฏิบัติงานภายในพื้นที่ นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้มาจากการตรวจวัดมีค่าเฉลี่ยเกินกว่าที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ที่ 1000 ppm ซึ่งทำให้ภายในพื้นที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศที่เป็นปัจจัยหลักในด้านคุณภาพอากาศ โดยผู้ดำเนินงานวิจัยได้เสนอแนะมาตรการในการปรับปรุงโดยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเติมภายในพื้นที่ 2,108 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ควบคู่ไปกับการเปิดพัดลมระบายที่ถูกติดตั้งไว้แต่เดิม เพื่อให้ภายในพื้นที่มีอัตราการระบายอากาศรวมที่ 2,790 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที

- ความสบาย ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ทำการตรวจสอบเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดความสบาย คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม โดยได้ทำการตรวจวัดภายในพื้นที่และนำค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ นำไปพร็อตลงในแผนภูมิไซโครเมตริก เพื่อประเมินสภาวะความสบายในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งพบว่าพื้นที่บางส่วนนั้นมีปัญหาทางด้านความสบาย โดยมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิที่สูง ซึ่งจากการคำนวณภาระความร้อนจะพบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้อุณหภูมิมีค่าสูง คือภาระความที่มาจากการระบายอากาศ รองลงมา คือภาระค่าความร้อนผ่านโครงสร้างด้านนอกอาคาร ซึ่งผู้ดำเนินงานวิจัยได้เสนอแนะแนวทางการแก้ไข โดยเลือกปรับปรุงค่าภาระความร้อนโครงสร้างด้านนอกอาคาร เนื่องจากการปรับลดค่าภาระความร้อนที่มาจากการระบายอากาศนั้น ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2 นั้นประสบปัญหาเรื่องการระบายอากาศจึงทำให้ภายในพื้นที่จะต้องมีการระบายอากาศเพื่อเจือจางปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อความปลอดภัยของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ปฏิบัติงาน จึงทำให้ผู้ดำเนินวิจัยไม่สามารถปรับลดภาระความร้อนที่มาจากการระบายอากาศได้ ดังนั้นจึงได้เสนอแนะแนวทางการปรับปรุงค่าภาระความร้อนโครงสร้างด้านนอกอาคารแทน ซึ่งลดภาระความร้อนทั้งหมดได้เพียงร้อยละ 5.66 เท่านั้น ซึ่งอาจไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ดังนั้นจึงควรมีการติดตั้งขนาดของเครื่องทำความเย็นภายในพื้นที่เพิ่มเติมจากเดิม 27 ตันความเย็น เป็น 53 ตันความเย็นเพื่อสร้างสภาวะความสบายภายในพื้นที่ หรือหากสถานประกอบการไม่ต้องการเพิ่มขนาดของเครื่องทำความเย็นมากถึง 53 ตันความเย็น สถานประกอบการอาจมีการติดตั้งฉนวนขนาด 1 นิ้ว บริเวณผนังฝั่งทิศตะวันออกเพิ่มเติม ซึ่งจะทำให้ขนาดของเครื่องปรับอากาศภายในพื้นที่มีค่าเท่ากับ 50 ตันความเย็น

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาทางด้านความสบายจะพบว่าทางผู้ดำเนินงานวิจัยนั้นได้ศึกษาเพียงปัจจัยที่เกี่ยวข้องแค่ 3 ปัจจัยเท่านั้น คืออุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม ซึ่งเป็นปัจจัยที่สามารถวิเคราะห์ ตรวจสอบ และปรับปรุงได้ แต่ยังมีอีก 3 ปัจจัยที่ยังไม่ได้ศึกษา คืออุณหภูมิพื้นผิว ความต้านทานของเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย และอัตราการเผาผลาญ ซึ่งปัจจัยที่สามารถศึกษาเพิ่มเติมและต่อยอดจากงานวิจัยครั้งนี้ คือปัจจัยที่มาจากเครื่องแต่งกาย โดยอาจจะมีการปรับปรุงเกี่ยวกับเนื้อผ้า คุณสมบัติ หรือรูปแบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กิตติพงศ์ เตมียะประดิษฐ์. 2549. **คุณภาพอากาศภายในอาคาร.** แหล่งที่มา: http://www.acat.or.th/download/acat_or_th/journal-3/03%20-%2006.pdf, 3 ตุลาคม 2556.

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. **เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์**. แหล่งที่มา: http://msds.pcd.go.th/searchName.asp?vID=778, 18 ตุลาคม 2556.

กรมกรมอุตุนิยมวิทยา. 2556. **ภูมิอากาศของประเทศไทย.** แหล่งที่มา: http://www.tmd.go.th/info/knowledge_weather01_n.html, 18 พฤศจิกายน 2556.

จันทร์ประภา พุ่มประเสริฐ. 2551. **การสิเคราะห์และออกแบบระบบปรับสภาวะอากาศ กรณีศึกษา: โรงงานประกอบเครื่องใช้ไฟฟ้า.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐพงษ์ โต๊ะพาน. 2548. **แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อป้องกันปัญหาคุณภาพอากาศภายใน: ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ณัฐวุฒิ งามนิรันดร์. 2551. **การศึกษาความเหมาะสมในการใช้แผงน้ำเย็นผสมผสานกับระบบดูดกลืนความชื้นเพื่อความสบายทางด้านอุณหภาพ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เทพฤทธิ์ ทองชุบ. 2547. **การใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณภาระการทำความเย็น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงศ์สฤษดิ์ นกเกษม. 2550. **ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM-10) จากลานตากข้างเปือก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมสาสตร์.

มณีรัตน์ องค์วรรณดี. 2556. **การจัดการคุณภาพอากาศในอาคาร.** พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มติ ศีติสาร. 2551. **ประเภททาวน์เฮ้าส์ในกรุงเทพฯ ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วิลาศ เทพทา. 2549. **การประเมินผลคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคารสำนักงานประหยัดพลังงาน กรณีศึกษา: อาคารสำนักงานใหญ่ธนาคารกสิกรไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์. 2549. **การระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์ธรรมสาร, กรุงเทพฯ.

วรนุช ฤกษ์เสริมสุข. 2547. **การปรับปรุงตึกแถวพักอาศัย เพื่อความสบายทางด้านอุณหภูมิ แสงสว่างและการระบายอากาศ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อมกรมอนามัย. 2552. **คู่มือมาตรฐานอนามัยสิ่งแวดล้อม (ด้านอากาศ น้ำ ดิน เสียง ความสั่นสะเทือน ความร้อน และความเข้มแสงสว่าง).** พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.

สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. 2548. **มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้.** พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

สุรพล พฤกษพานิช. 2529**. การปรับอากาศ.** พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.

อาทร ทองประสงค์. 2547. **การใช้สิ่งแวดล้อมศึกษาในการสร้างความตระหนักด้านผลกระทบจากฝุ่นละอองในอากาศต่อพนักงานเก็บค่าผ่านทางด่วน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

American Social of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 2004. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** Atlanta, USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

American Social of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 1999. **Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.** Atlanta, USA.

Coolerado. 2013. **PSYCHROMETRIC CHART**. แหล่งที่มา: http://www.coolerado.com/products/psychometric-charts, 11ตุลาคม 2556.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

การคำนวณภาระความร้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ความร้อนผ่านถ่ายเทผ่านผนังด้านนอก

1.1 หลังคา สามารถหาได้จากสมการ

$$Q = U \times A \times CLTD_C$$

โดย

Q คือ ความร้อนสุทธิที่ไหลผ่านหลังคา (Btu/hr)

U คือ สัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา ทำด้วย Steel Sheet และฉนวนหนา 2 นิ้ว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.092 (Btu/hr-^{o}F-ft^{2})

A คือ พื้นที่ของหลังคา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7,687.37 (ft^{2})

$CLTD_c$ คือ ค่า CLTD ที่ได้มีการปรับแก้แล้ว (^{o}F) สามารถหาได้จากสมการ

$$CLTD_C = [CLTD+LM+(78-tR)+(ta-85)]$$

ซึ่ง

CLTD คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิกรณีนี้เลือกใช้ช่วงเวลา 15.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีค่ามากที่สุด ตลอดเวลาการปฏิบัติงาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 78

LM คือ ค่าการปรับละติจูดและเดือน กรณีนี้เลือกใช้เดือนเมษายน (Worst Case) ซึ่งมีค่าเท่ากับ -1

t_R คือ ค่าอุณหภูมิห้องซึ่งมีค่าเท่ากับ 78^{o}F

t_a คือ อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 93^{o}F

แทนค่าในสมการเพื่อหา $CLTD_C$

$$CLTD_c = [78+(-1)+(78-78)+(93-85)]$$

$$CLTD_c = [(78)+(-1)+(0)+(8)]$$

$$CLTD_c = 85\ ^{o}F$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำค่า $CLTD_c$ ที่หาได้มาแทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

$$Q = U \times A \times CLTD_C$$

$$Q = 0.092 \times 7,687.37 \times 85$$

$$Q = 60,115.23 \text{ Btu/hr}$$

1.2 ผนังชนิดคอนกรีตฝั่งที่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรงฝั่งทิศตะวันออก สามารถหาได้จากสมการ

$$Q = U \times A \times CLTD_C$$

โดย

Q คือ ความร้อนสุทธิที่ไหลผ่านผนังคอนกรีต (Btu/hr)

U คือ สัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนผ่านผนังคอนกรีตหนา 4 นิ้ว ชนิด Eซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.585 (Btu/hr-^{o}F-ft^{2})

A คือ พื้นที่ของผนังคอนกรีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 612.02 (ft^{2})

CLTDc คือ ค่า CLTD ที่ได้มีการปรับแก้แล้ว (^{o}F)สามารถหาได้จากสมการ

$$CLTD_C = [CLTD + LM + (78 - tR) + (ta - 85)]$$

ซึ่ง

CLTD คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิกรณีนี้เลือกใช้ช่วงเวลา 13.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีค่ามากที่สุด ตลอดเวลาการปฏิบัติงาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 38

LM คือ ค่าการปรับละติจูดและเดือน กรณีนี้เลือกใช้เดือนเมษายน (Worst Case) ซึ่งมีค่าเท่ากับ -1

t_R คือ ค่าอุณหภูมิห้อง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 78^{o}F

t_a คือ อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 93^{o}F

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แทนค่าในสมการเพื่อหา $CLTD_C$

$$CLTD_c = [38+(-1)+(78-78)+(93-85)]$$

$$CLTD_c = [(38)+(-1)+(0)+(8)]$$

$$CLTD_c = 45\ ^{o}F$$

นำค่า $CLTD_C$ ที่หาได้มาแทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

$$Q = U \times A \times CLTD_C$$

$$Q = 0.585 \times 612.02 \times 45$$

$$Q = 16{,}111.43\ Btu/hr$$

1.3 ผนังชนิดกระจกที่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรงแบบ Conduction และ Radiation ฝั่งทิศตะวันออกโดยผนังชนิดกระจกฝั่งที่สัมผัสกับแสงแดด ซึ่งสามารถหาได้จากการนำค่าความร้อนแบบ Conduction นำมาบวกกับค่าความร้อนแบบ Radiation จึงจะสามารถหาค่าความร้อนที่สัมผัสโดยตรงกับผนังชนิดกระจกได้ ซึ่งสามารถหาได้จาก

1.3.1 ผนังชนิดกระจกที่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรงแบบ Conduction สามารถหาได้จากสมการที่ 1

$$Q = U \times A \times CLTD_C$$

โดย

Q	คือ	ความร้อนสุทธิที่ไหลผ่านผนังชนิดกระจก (Btu/hr)
U	คือ	สัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนผ่านผนังชนิดกระจก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.1 ($Btu/hr\text{-}^{o}F\text{-}ft^2$)
A	คือ	พื้นที่ของผนังชนิดกระจกซึ่งมีค่าเท่ากับ 207.34 (ft^2)
CLTDc	คือ	ค่า CLTD ที่ได้มีการปรับแก้แล้ว (^{o}F) สามารถหาได้จากสมการที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$CLTD_C = [CLTD+LM+(78-tR)+(ta-85)]$$

ซึ่ง

CLTD คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิกรณีนี้เลือกใช้ช่วงเวลา 15.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีค่ามากที่สุดตลอดเวลาการปฏิบัติงาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14

LM คือ ค่าการปรับละติจูดและเดือน กรณีนี้กระจกจะมีค่าเท่ากับ 0

t_R คือ ค่าอุณหภูมิห้องซึ่งมีค่าเท่ากับ 78^oF

t_a คือ อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 93^oF

แทนค่าในสมการเพื่อหา $CLTD_C$

$$CLTD_c = [14+(0)+(78-78)+(93-85)]$$

$$CLTD_c = [(14)+(0)+(0)+(8)]$$

$$CLTD_c = 22^oF$$

นำค่า $CLTD_C$ ที่หาได้มาแทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

$$Q = U \times A \times CLTD_C$$

$$Q = 1.1 \times 207.34 \times 22$$

$$Q = 5{,}017.63 \text{ Btu/hr}$$

1.3.2 ผนังชนิดกระจกที่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรงแบบ Radiation สามารถหาได้จากสมการที่ 4

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF$$

โดย

Q คือ ค่าความร้อนสุทธิที่ได้รับจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านกระจก (Btu/hr)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

SHGF คือ แฟคเตอร์ความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์กรณีนี้เลือกใช้เดือนเมษายน (Worst Case) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 228 (Btu/hr-ft^2)

A คือ พื้นที่ของกระจก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 207.34 (ft^2)

SC คือ แฟคเตอร์เครื่องบังแสง (การบังแดด) ซึ่งมีค่าเท่ากับ0.74

CLF คือ ปัจจัยค่าภาระความร้อนสำหรับกระจก กรณีนี้เลือกใช้ช่วงเวลา 08.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีค่ามากที่สุดตลอดเวลาการปฏิบัติงาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.80

แทนค่าในสมการเพื่อหา Q

$$Q = 228 \times 207.34 \times 0.74 \times 0.80$$

$$Q = 27,985.92 \text{ Btu/hr}$$

นำค่าความร้อนที่คำนวณได้ทั้ง 2 แบบมาบวกกัน คือ

$$Q = 5,017.63 + 27,985.92$$

$$Q = 33,003.55 \text{ Btu/hr}$$

2. การนำความร้อนผ่านโครงสร้างภายในอาคาร (Conduction Though Interior Structure)

สามารถหาค่าความร้อนได้จากการนำค่าความร้อนที่คำนวณได้ทั้งหมดมาบวกกัน ซึ่งสามารถหาได้จาก

2.1 ผนังชนิดคอนกรีตภายในอาคารฝั่งทิศเหนือ

$$Q = U \times A \times TD$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทิศเหนือ (Btu/hr)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสำหรับผนังซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.585 (Btu/hr-^oF-ft^2)

A คือ พื้นที่ผนัง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 628.24 (ft^2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

TD คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างห้องปรับอากาศ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 (^{o}F)

แทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

$$Q = 0.585 \times 628.24 \times 5$$

$$Q = 1,837.61 \text{ Btu/hr}$$

2.2 ผนังชนิดกระจกภายในอาคารฝั่งทิศเหนือ

$$Q = U \times A \times TD$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทิศเหนือ (Btu/hr)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสำหรับผนังซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.10 (Btu/hr-^{o}F-ft^{2})

A คือ พื้นที่ผนัง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 203.17 (ft^{2})

TD คือ ค่าค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างห้องปรับอากาศ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 (^{o}F)

แทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

$$Q = 1.10 \times 203.17 \times 5$$

$$Q = 1,117.43 \text{ Btu/hr}$$

2.3 ผนังชนิดคอนกรีตภายในอาคารฝั่งทิศตะวันตก

$$Q = U \times A \times TD$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถหาได้จาก

Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทิศตะวันตก (Btu/hr)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสำหรับผนังซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.585 (Btu/hr-^{o}F-ft^{2})

A คือ พื้นที่ผนัง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 205.94 (ft^{2})

TD คือ ค่าค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างห้องปรับอากาศซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 (^{o}F)

แทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

$$Q = 0.585 \times 205.94 \times 5$$

$$Q = 602.36 \text{ Btu/hr}$$

2.4 ผนังชนิดกระจกภายในอาคารฝั่งทิศตะวันตก

$$Q = U \times A \times TD$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทิศตะวันตก (Btu/hr)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสำหรับผนังซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.10 (Btu/hr-^{o}F-ft^{2})

A คือ พื้นที่ผนัง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 576.07 (ft^{2})

TD คือ ค่าค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างห้องปรับอากาศซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 (^{o}F)

แทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

$$Q = 1.10 \times 576.07 \times 5$$

$$Q = 3{,}168.38 \text{ Btu/hr}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5 ผนังชนิดคอนกรีตภายในอาคารฝั่งทิศใต้

$$Q = U \times A \times TD$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทิศใต้ (Btu/hr)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสำหรับผนังซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.585 ($Btu/hr\text{-}^{o}F\text{-}ft^{2}$)

A คือ พื้นที่ผนัง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 606.91 (ft^{2})

TD คือ ค่าค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างห้องปรับอากาศซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 (^{o}F)

แทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

$$Q = 0.585 \times 606.91 \times 5$$

$$Q = 1{,}775.20 \text{ Btu/hr}$$

2.6 ผนังชนิดกระจกภายในอาคารฝั่งทิศตะวันตก

$$Q = U \times A \times TD$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทิศใต้ (Btu/hr)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสำหรับผนังซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.10 ($Btu/hr\text{-}^{o}F\text{-}ft^{2}$)

A คือ พื้นที่ผนัง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 224.50 (ft^{2})

TD คือ ค่าค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างห้องปรับอากาศซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 (^{o}F)

แทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$Q = 1.10 \times 224.50 \times 5$$

$$Q = 1{,}234.75 \text{ Btu/hr}$$

2.7 พื้นชนิดคอนกรีตภายในอาคาร

$$Q = U \times A \times TD$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้น (Btu/hr)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสำหรับพื้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.585 ($Btu/hr\text{-}^{o}F\text{-}ft^{2}$)

A คือ พื้นที่พื้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7,687.37 (ft^{2})

TD คือ ค่าค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างห้องปรับอากาศซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 (^{o}F)

แทนค่าในสมการที่ 2 เพื่อหาค่า Q

$$Q = 0.585 \times 7{,}687.37 \times 5$$

$$Q = 22{,}485.56 \text{ Btu/hr}$$

นำค่าความร้อนที่คำนวณได้ทั้งหมดมาบวกกัน คือ

$$Q = 1{,}837.61+1{,}117.43+602.36+3{,}168.38+1{,}775.20+1{,}234.75+22{,}485.56$$

$$Q = 32{,}221.32 \text{ Btu/hr}$$

3. ความร้อนจากแสงสว่าง (Light) ค่าความร้อนแสงสว่าง สามารถได้จากสมการนี้

3.1 หลอดไฟขนาด 18 วัตต์

$$Q = 3.4 \times W \times BF \times CLF$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถหาได้จาก

Q คือ ความร้อนสุทธิที่ได้รับจากแสงสว่าง (Btu/hr)

3.4 คือ ค่าตัวคงที่ที่ใช้ในการเปลี่ยน watts ให้เป็น Btu โดย 1 watts มีค่าเท่ากับ 3.4 Btu/hr

W คือ ขนาดของหลอดไฟ 18watts จำนวน 82 หลอด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,476.0 watts

BF คือ แฟคเตอร์ของบัลลาสท์มีค่าเท่ากับ 1.25

CLF คือ แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับหลอดไฟ โดย ASHRAE Fundamental Volume กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.0

แทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

$$Q = 3.4 \times 1,476.0 \times 1.25 \times 1.0$$

$$Q = 6,273.0 \text{ Btu/hr}$$

3.2 หลอดไฟขนาด 22 วัตต์

$$Q = 3.4 \times W \times BF \times CLF$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ ความร้อนสุทธิที่ได้รับจากแสงสว่าง (Btu/hr)

3.4 คือ ค่าตัวคงที่ที่ใช้ในการเปลี่ยน wattsให้เป็น Btu โดย 1 watts มีค่าเท่ากับ 3.4 Btu/hr

W คือ ขนาดของหลอดไฟ 22 watts จำนวน 22 หลอด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 484 watts

BF คือ แฟคเตอร์ของบัลลาสท์มีค่าเท่ากับ 1.25

CLF คือ แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับหลอดไฟ โดย ASHRAE Fundamental Volume กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.0

แทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

$$Q = 3.4 \times 484 \times 1.25 \times 1.0$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$Q = 2,057.0 \text{ Btu/hr}$$

3.3 หลอดไฟขนาด 36 วัตต์

$$Q = 3.4 \times W \times BF \times CLF$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ ความร้อนสุทธิที่ได้รับจากแสงสว่าง (Btu/hr)

3.4 คือ ค่าตัวคงที่ที่ใช้ในการเปลี่ยน watts ให้เป็น Btu โดย 1 watts มีค่าเท่ากับ 3.4 Btu/hr

W คือ ขนาดของหลอดไฟ 36 watts จำนวน 342 หลอด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12,312.0 watts

BF คือ แฟคเตอร์ของบัลลาสท์มีค่าเท่ากับ 1.25

CLF คือ แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับหลอดไฟ โดย ASHRAE Fundamental Volume กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.0

แทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

$$Q = 3.4 \times 12,312.0 \times 1.25 \times 1.0$$

$$Q = 52,326.0 \text{ Btu/hr}$$

นำค่าความร้อนที่คำนวณได้ทั้งหมดมาบวกกัน คือ

$$Q = 6,273.0 + 2,057.0 + 52,326.0$$

$$Q = 60,656.0 \text{ Btu/hr}$$

4. ค่าความร้อนจากคน ความร้อนจากคน

4.1 ความร้อนสัมผัส

$$Q_S = q_s \times n \times CLF$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดย

Q_S คือ ความร้อนสัมผัสที่ได้รับ (Btu/hr)

q_s คือ ความร้อนสัมผัสที่ได้รับต่อคน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 275 BTU/hr

n คือ จำนวนคนซึ่งมีค่าเท่ากับ 186 คน

CLF คือ แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับคน มีค่าเท่ากับ 1.0

แทนค่าในสมการที่ 6 เพื่อหาค่า Q_S

$$Q_S = 275 \times 186 \times 1.0$$

$$Q_S = 51150.0 \text{ BTU/hr}$$

4.2 ความร้อนแฝง

$$Q_l = q_l \times n$$

โดย

Q_l คือ ความร้อนแฝงที่ได้รับ (Btu/hr)

q_l คือ ค่าความร้อนแฝงที่ได้รับต่อคน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 475 BTU/hr

n คือ จำนวนคนซึ่งมีค่าเท่ากับ 186 คน

แทนค่าในสมการที่ *7* เพื่อหาค่า Q_l

$$Q_l = 475 \times 186 \times 1.0$$

$$Q_l = 88{,}350.0 \text{ BTU/hr}$$

นำค่าความร้อนที่คำนวณได้ทั้ง 2 แบบที่คำนวณได้มาบวกกัน คือ

$$Q = 51{,}150.0 + 88{,}350.0$$

$$Q = 139500.0 \text{ BTU/hr}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ค่าความร้อนของเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์

สามารถหาได้จากการนำค่าภาระความร้อนของอุปกรณ์ทั้งหมด นำมาบวกกัน ซึ่งสามารถหาได้จาก

5.1 ภาระความร้อนจากเครื่อง Heat gun

$$Q = 3.4 \times W \times n \times Time$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ ค่าความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า Btu/hr

3.4 คือ ค่าตัวคงที่ที่ใช้ในการเปลี่ยน watts ให้เป็น Btu
โดย 1 watt มีค่าเท่ากับ 3.4 Btu/hr

W คือ จำนวนพลังงานที่ถูกปล่อยออกมา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,000 watts

n คือ จำนวนอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13 ชิ้น

Time คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 hour

แทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

$$Q = 3.4 \times 1{,}000 \times 13 \times 1$$

$$Q = 44{,}200.0 \text{ Btu/hr}$$

5.2 ภาระความร้อนจากเครื่อง Solder pot

$$Q = 3.4 \times W \times n \times Time$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ ค่าความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้าBtu/hr

3.4 คือ ค่าตัวคงที่ที่ใช้ในการเปลี่ยน watts ให้เป็น Btu
โดย 1 watt มีค่าเท่ากับ 3.4 Btu/hr

W คือ จำนวนพลังงานที่ถูกปล่อยออกมา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 200 watts

n คือ จำนวนอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13 ชิ้น

Time คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 hour

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แทนค่าในสมการที่ 8 เพื่อหาค่า Q

$$Q = 3.4 \times 200 \times 13 \times 1$$

$$Q = 8,840.0 \text{ Btu/hr}$$

5.3 ภาระความร้อนจากเครื่อง Solder

$$Q = 3.4 \times W \times n \times Time$$

สามารถหาได้จาก

Q	คือ	ค่าความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า Btu/hr
3.4	คือ	ค่าตัวคงที่ที่ใช้ในการเปลี่ยน watts ให้เป็น Btu โดย 1 watt มีค่าเท่ากับ 3.4 Btu/hr
W	คือ	จำนวนพลังงานที่ถูกปล่อยออกมา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 70 watts
n	คือ	จำนวนอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 28 ชิ้น
Time	คือ	จำนวนชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 hour

แทนค่าในสมการที่ 8 เพื่อหาค่า Q

$$Q = 3.4 \times 70 \times 28 \times 1$$

$$Q = 6,664.0 \text{ Btu/hr}$$

5.4 ภาระความร้อนจากเครื่อง Machine press 1

$$Q = 3.4 \times W \times n \times Time$$

สามารถหาได้จาก

Q	คือ	ค่าความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า Btu/hr
3.4	คือ	ค่าตัวคงที่ที่ใช้ในการเปลี่ยน watts ให้เป็น Btu โดย 1 watt มีค่าเท่ากับ 3.4 Btu/hr

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

W คือ จำนวนพลังงานที่ถูกปล่อยออกมา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 840 Btu/hr

n คือ จำนวนอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6 ชิ้น

Time คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 hour

แทนค่าในสมการที่ 8 เพื่อหาค่า Q

$$Q = 3.4 \times 840 \times 7 \times 1$$

$$Q = 19,992.0 \text{ Btu/hr}$$

5.5 ภาระความร้อนจากเครื่อง พัดลม

$$Q = 3.4 \times W \times n \times Time$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ ค่าความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า Btu/hr

3.4 คือ ค่าตัวคงที่ที่ใช้ในการเปลี่ยน wattsให้เป็น Btu
โดย 1 watt มีค่าเท่ากับ 3.4 Btu/hr

W คือ จำนวนพลังงานที่ถูกปล่อยออกมา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 320Btu/hr

n คือ จำนวนอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4 ชิ้น

Time คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 hour

แทนค่าในสมการที่ 8 เพื่อหาค่า Q

$$Q = 3.4 \times 320 \times 4 \times 1$$

$$Q = 4,352.0 \text{ Btu/hr}$$

5.6 ภาระความร้อนจากเครื่อง Micro test

$$Q = 3.4 \times W \times n \times Time$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถหาได้จาก

Q คือ ค่าความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า Btu/hr

3.4 คือ ค่าตัวคงที่ที่ใช้ในการเปลี่ยน wattsให้เป็น Btu
โดย 1 watt มีค่าเท่ากับ 3.4 Btu/hr

W คือ จำนวนพลังงานที่ถูกปล่อยออกมา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50 Watts

n คือ จำนวนอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9 ชิ้น

Time คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 hour

แทนค่าในสมการที่ 8 เพื่อหาค่า Q

$$Q = 3.4 \times 50 \times 9 \times 1$$

$$Q = 1,530.0 \text{ Btu/hr}$$

5.7 ภาระความร้อนจากเครื่อง Microscope

$$Q = 3.4 \times W \times n \times Time$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ ค่าความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า Btu/hr

3.4 คือ ค่าตัวคงที่ที่ใช้ในการเปลี่ยน watts ให้เป็น Btu
โดย 1 watt มีค่าเท่ากับ 3.4 Btu/hr

W คือ จำนวนพลังงานที่ถูกปล่อยออกมา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20 Watts

n คือ จำนวนอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3 ชิ้น

Time คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 hour

แทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q

$$Q = 3.4 \times 20 \times 3 \times 1$$

$$Q = 204.0 \text{ Btu/hr}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.8 ภาระความร้อนจากเครื่อง Shrink tube

$$Q = 3.4 \times W \times n \times Time$$

สามารถหาได้จาก

Q คือ ค่าความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า Btu/hr

3.4 คือ ค่าตัวคงที่ที่ใช้ในการเปลี่ยน watts ให้เป็น Btu
โดย 1 watt มีค่าเท่ากับ 3.4 Btu/hr

W คือ จำนวนพลังงานที่ถูกปล่อยออกมา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2,640 Watts

n คือ จำนวนอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 ชิ้น

Time คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 hour

แทนค่าในสมการที่ 8 เพื่อหาค่า Q

$$Q = 3.4 \times 2,640 \times 1 \times 1$$

$$Q = 8,976.0 \text{ Btu/hr}$$

นำค่าความร้อนที่คำนวณได้ทั้งหมดมาบวกกัน คือ

$$Q = 44,200.0+8,840.0+6,664.0+19,992.0+4,352.0+1,530.0+204.0+8,976.0$$

$$Q = 94,758.0 \text{ Btu/hr}$$

6. ความร้อนจากการระบายอากาศหรือการหมุนเวียนของอากาศ (Ventilation Heat Gain)
สามารถใช้สมการในการคำนวณหาภาระความร้อนจากการ

6.1 ความร้อนสัมผัส

$$Q_s = 1.1 \times cfm \times TC$$

Q_s คือ ความร้อนสัมผัสที่ได้รับจากการระบายอากาศ (Btu/hr)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1 คือ ตัวคงที่ซึ่งได้จากผลคูณ

$$\frac{60 \text{ min/hr} \times 0.244 \text{ Btu/lb-}^{\circ}\text{F}}{13.34 \text{ ft}^3\text{/lb}}$$

cfm คือ อัตราการไหลของการระบายอากาศ โดยใช้อัตราการระบายอากาศที่15 ft^3/min คูณกับจำนวนพนักงานภายในพื้นที่ 186 คน ทำให้มีค่าเท่ากับ 2,790 ft^3/min

TC คือ ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอก คือ 93 - 78 มีค่าเท่ากับ 15 $^{\circ}$F

แทนค่าในสมการที่เพื่อหา Q_s

$$Q_s = 1.1 \times 2{,}790 \times 15$$

$$Q_s = 46{,}035.0 \text{ Btu/hr}$$

6.2 ความร้อนแฝง

$$Q_l = 0.68 \times \text{cfm} \times (W_o - W_i)$$

สามารถหาได้จาก

Q_l คือ ความร้อนแฝงที่ได้รับจากการระบายอากาศ (Btu/hr)

cfm คือ อัตราการไหลของการระบายอากาศ โดยใช้อัตราการระบายอากาศที่15 ft^3/min คูณกับจำนวนพนักงานภายในพื้นที่ 186 คน ทำให้มีค่าเท่ากับ 2,790ft^3/min

0.68 คือ ตัวคงที่ซึ่งได้จากผลคูณ

$$\frac{60 \text{ min/hr} \times 1{,}050 \text{ Btu/hr}}{13.34 \text{ ft}^3\text{/lb} \times 700 \text{ gr/lb}}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

W_o คือ ความชื้นจำเพาะของอากาศภายนอกห้องปรับอากาศซึ่งได้จากการหาค่าจากไซโครเมตริกซ์ชาร์ท โดยที่อุณหภูมิภายนอกมีค่าเท่ากับ 93 ^{o}F และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 75 จึงทำให้ความชื้นจำเพาะมีค่าเท่ากับ 178 gr.w/Ibd.a.

W_i คือ ความชื้นจำเพาะของอากาศภายในห้องปรับอากาศซึ่งได้จากการหาค่าจากไซโครเมตริกซ์ชาร์ท โดยที่อุณหภูมิภายในมีค่าเท่ากับ 78 ^{o}F และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 48 จึงทำให้ความชื้นจำเพาะมีค่าเท่ากับ 68 gr.w/Ibd.a.

แทนค่าในสมการ เพื่อหา Q_l

$$Q_l=0.68\times2,790\times(178\text{-}68)$$

$$Q_l=0.68\times2,790\times110$$

$$Q_l= 208,692.0\text{Btu/hr}$$

นำค่า Q_s และ Q_l มาบวกกัน เพื่อหา Q รวม

$$Q = 46,035.0+208,692.0\text{Btu/hr}$$

$$Q = 254,727.0\ \text{Btu/hr}$$

7. การถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

$$F_c = 1\text{-}0.02K$$

โดย

F_c คือ ตัวคูณในการปรับแก้ค่าความร้อนสัมผัสที่ห้องได้รับ

K คือ ค่าการนำความร้อนต่อหน่วยความยาว (BTU/hr-^{o}F-ft^{2}) สามารถหาได้จาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$K = \frac{\left(U_w A_w + U_g A_g\right)}{L}$$

โดย

L คือ ความยาวของผนังด้านนอกซึ่งมีค่าเท่ากับ 89.17 ft

U_w คือ สัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนของผนังคอนกรีต ซึ่งมีค่าเท่ากับ0.585 (BTU/hr-^{o}F-ft^{2})

U_g คือ สัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนของผนังกระจก ซึ่งมีค่าเท่ากับ1.10 (BTU/hr-^{o}F-ft^{2})

A_w คือ พื้นที่ของผนัง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 612.02 ft^{2}

A_g คือ พื้นที่ของกระจก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 207.34 ft^{2}

แทนค่าในสมการเพื่อหาค่า K

$$K = \frac{\left(\left(0.585 \times 612.02\right) + \left(1.1 \times 207.34\right)\right)}{89.17}$$

$$K = \frac{\left(\left(358.0317\right) + \left(228.074\right)\right)}{89.17}$$

$$K = \frac{586.1057}{89.17}$$

$$K = 6.57$$

นำค่า K ที่หาได้มาแทนค่าในสมการเพื่อหาค่า F_c

$$F_c = 1 - \left(0.02 \times 6.57\right)$$

$$F_c = 1 - 0.1314$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

F_c=0.86

ฉะนั้นจึงควรคูณความร้อนสัมผัสที่ห้องได้รับจากการนำความร้อน การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ หลอดไฟ ผู้อาศัยและอุปกรณ์ด้วย 0.86 นั่นแสดงให้เห็นถึงโหลดความร้อนสัมผัสเหล่านี้ลดลง 0.14 หรือ 14 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีการถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้างของอาคารออกไปภายนอก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงค่าภาระความร้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCES (CLTD) FOR CALCULATING COOLING LOAD FROM FLAT ROOF, F

Roof No	Description of construction	Weight lb/ft²	*U*-value Btu/(h-ft²-°F)	Solar Time,hr 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Hour of Maxi-mum CLTD	Mini-mum CLTD	Maxi-mum CLTD	Differ-ence CLTD
				without suspended Celling																											
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.)insulation	7 (8)	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3	14	-5	79	84
2	1-in. wood with 1-in. insulation	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9	16	-3	74	77
3	4-in. lightweight concrete	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13	16	-3	73	76
4	2-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.)insulation	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17	16	-1	67	68
5	1-in. wood with 2-in. insulation	19	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7	16	-7	64	71
6	6-in.lightweight concrete	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28	18	1	64	63

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Roof No	Description of construction	Weight lb/ft^2	*U*-value Btu/(h-ft^2-°F)	Solar Time, hr 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Hour of Maximum CLTD	Minimum CLTD	Maximum CLTD	Difference CLTD
				without suspended Celling																											
7	2.5-in.wood with 1-in.ins.	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34	19	6	56	50
8	8-in. lightweight concrete	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40	20	7	54	47
9	4-in.heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.)insulation	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30	18	8	53	45
10	2.5-in.wood with 2-in.ins.	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35	19	8	51	43
11	Roof terrace system	75	0.106	34	31	28	35	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37	20	13	46	33
12	6-in.heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.)insulation	75 (75)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34	19	14	45	31

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Roof No	Description of construction	Weight lb/ft^2	*U*-value Btu/(h-ft^2-^{o}F)	Solar Time, hr 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Hour of Maxi-mum CLTD	Mini-mum CLTD	Maxi-mum CLTD	Differ-ence CLTD
				without suspended Celling																											
13	4-in.wood with 1-in.	17	0.106	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40	22	16	43	27
	(or 2-in.)insulation	18	(0.078)																												

ที่มา: ASHRAE Handbook Fundamental (1989)

ตารางผนวกที่ 2 COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCES (CLTD) FOR CALCULATING COOLING LOAD FROM FLAT ROOF, F

Roof No	Description of construction	Weight Ib/ft^2	*U*-value Btu/(h-ft^2-°F)	Solar Time,hr 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Hour of Maxi-mum CLTD	Mini-mum CLTD	Maxi-mum CLTD	Differ-ence CLTD
	with suspended Celling																														
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.)insulation	9 (10)	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5	15	-4	78	82
2	1-in. wood with 1-in. insulation	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	61	58	51	44	37	30	25	17	2	62	60
3	4-in. lightweight concrete	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24	17	0	65	65
4	2-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.)insulation	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32	18	13	47	34
5	1-in. wood with 2-in. insulation	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29	18	5	57	52
6	6-in.lightweight concrete	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	54	47	42	37	20	7	54	47

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Roof No	Description of construction	Weight Ib/ft^2	*U*-value Btu/(h-ft^2-^{o}F)	Solar Time,hr 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Hour of Maxi-mum CLTD	Mini-mum CLTD	Maxi-mum CLTD	Differ-ence CLTD
				with suspended Celling																											
7	2.5-in.wood with 1-in.ins.	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37	21	15	44	29
8	8-in. lightweight concrete	33	0.093	39	36	3	3	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	44	42	21	14	46	32
9	4-in.heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.)insulation	53 (54)	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33	19	20	38	18
10	2.5-in.wood with 2-in.ins.	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37	21	18	41	23
11	Roof terrace system	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32	22	22	33	11
12	6-in.heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.)insulation	77 (77)	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31	20	21	34	13

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Roof No	Description of construction	Weight Ib/ft^2	*U*-value Btu/(h-ft^2-°F)	Solar Time,hr 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Hour of Maxi-mum CLTD	Mini-mum CLTD	Maxi-mum CLTD	Differ-ence CLTD
				with suspended Celling																											
13	4-in.wood with 1-in.	19	0.082	35	34	33	32	31	29	37	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36	23	21	37	16
	(or 2-in.)insulation	20	(0.064)																												

ที่มา: ASHRAE Handbook Fundamental (1989)

ตารางผนวกที่ 3 COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERNCES (CLTD) FOR CALCULATING COOLING FROM SUNLIT WALL, F

North Latitude	Solar Time,hr																								Hr of Maxi-mum	Mini-mum	Maxi-mum	Differ-ence
Wall Facing	**0100**	**0200**	**0300**	**0400**	**0500**	**0600**	**0700**	**0800**	**0900**	**1000**	**1100**	**1200**	**1300**	**1400**	**1500**	**1600**	**1700**	**1800**	**1900**	**2000**	**2100**	**2200**	**2300**	**2400**	**CLTD**	**CLTD**	**CLTD**	**CLTD**
Group A Walls																												
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	24	6
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7
Group B Walls																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	9

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

North Latitude / Wall Facing	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	Hr of Maximum CLTD	Minimum CLTD	Maximum CLTD	Difference CLTD
	Solar Time,hr																											
Group C Walls																												
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	22	10	27	17
Group D Walls																												
N	15	13	12	10	9	8	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16	21	6	19	13
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

North Latitude	Solar Time,h																								Hr of Maxi-mum	Mini-mum	Maxi-mum	Differ-ence
Wall Facing	**0100**	**0200**	**0300**	**0400**	**0500**	**0600**	**0700**	**0800**	**0900**	**1000**	**1100**	**1200**	**1300**	**1400**	**1500**	**1600**	**1700**	**1800**	**1900**	**2000**	**2100**	**2200**	**2300**	**2400**	**CLTD**	**CLTD**	**CLTD**	**CLTD**
Group E Walls																												
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40
W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33
Group F Walls																												
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	23	23
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	31	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	48
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

North Latitude	Solar Time,h																								Hr of Maxi-mum	Mini-mum	Maxi-mum	Differ-ence
Wall Facing	**0100**	**0200**	**0300**	**0400**	**0500**	**0600**	**0700**	**0800**	**0900**	**1000**	**1100**	**1200**	**1300**	**1400**	**1500**	**1600**	**1700**	**1800**	**1900**	**2000**	**2100**	**2200**	**2300**	**2400**	**CLTD**	**CLTD**	**CLTD**	**CLTD**
Group G Walls																												
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	-1	26	27
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	-1	55	56
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	-1	51	52
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	-1	46	47
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55

ที่มา: ASHRAE Handbook Fundamental (1989)

ตารางผนวกที่ 4 WALL CONSTRUCTION GROUP DESCRIPTION

Group No.	Description of Constuction	Weight (Ib/ft^2)	*U*-Value Btu(hr-ft^2-^{0}F)
4-in.Face brick+(brick)			
C	Air space+4-in.face brick	83	0.358
D	4-in.common brick	90	0.415
C	1-in.insulation or air space+4-in. common brick	90	0.174-0.301
B	2-in.insulation+4-in.common brick	88	0.111
B	8-in.common brick	130	0.302
A	Insulation or air space+8-in.common brick	130	0.154-0.243
4-in.Face brick+(heavyweight concrete)			
C	Air Space+2-in.concrete	94	0.350
B	2-in.insulation+4-in.concrete	97	0.116
A	Air space or insulation+8-in. or more concrete	143-190	0.110-0.112
4-in.Face brick+(light or heavyweight concrete block)			
E	4-in.block	62	0.319
D	Air space or insulation+4-in. block	62	0.153-0.246
D	8-in.block	70	0.274
C	Air space or 1-in.insulation+6-in. or 8-in.block	73-89	0.221-0.275
B	2-in.Insulation+8-in.block	89	0.096-0.107
4-in.Face brick+(clay tile)			
D	4-in.tile	71	0.381
D	Air space+4-in.tile	71	0.281
C	Insulation+4-in.tile	71	0.169
C	8-in.tile	96	0.275
B	Air space or 1-in.insulation+8-in.tile	96	0.142-0.221
A	2-in.insulation+8-in.tile	97	0.097

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

Group No.	Description of Construction	Weight (lb/ft^2)	*U*-Value Btu($hr\text{-}ft^2\text{-}^oF$)
Heavy weight concrete Wall+(finish)			
E	4-in.concrete	63	0.585
D	4-in.concrete+1-in. or 2-in. insulation	63	0.119-0.200
C	2-in.insulation+4-in.concrete	63	0.119
C	8-in.concrete	109	0.490
B	8-in.concrete+1-in.or 2-in.insulation	110	0.115-0.187
A	2-in.insulation+8-in.concrete	110	0.115
B	12-in.concrete	156	0.421
A	12-in.concrete+insulation	156	0.113
Light and heavy weight concrete block+(finish)			
F	4-in.block+air space/insulation	29	0.161-0.263
E	2-in.insulation+4-in.block	29-37	0.105-0.114
E	8-in.block	47-51	0.294-0.402
D	8-in-block+air space/insulation	41-57	0.149-0.173
Clay tile+(finish)			
F	4-in.tile	39	0.419
F	4-in.tile+air space	39	0.303
E	4-in.tile+1-in.insulation	39	0.175
D	2-in.insulation+4-in.tile	40	0.110
D	8-in.tile	63	0.296
C	8-in.tile+air space/1-in.insulation	63	0.151-0.231
Metal curtain wall			
G	With/without air space+1-in. to 3-in.insulation	5-6	0.091-0.230
Frame wall			
G	1-in.to 3-in.insulation	16	0.081-0.178

ที่มา: ASHRAE Handbook Fundamental (1989)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 CLTD CORRECTION FOR LATTITUDE AND MONTH APPLIED TO WALL AND ROOF, NORTH LATTITUDES, F

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
0	**Dec**	-3	-5	-5	-5	-2	0	3	6	9	-1
	Jan/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	0
	Apr/Aug	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8	**Dec**	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Jan/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Apr/Aug	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
16	**Dec**	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Jan/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Apr/Aug	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
24	**Dec**	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Jan/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	9	3	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Apr/Aug	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	**Dec**	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Jan/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-15	-4	2	9	12
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Apr/Aug	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	**Dec**	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Jan/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Apr/Aug	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
48	**Dec**	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Jan/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Apr/Aug	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2

ที่มา: ASHRAE Handbook Fundamental (1989)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCES (CLTD) FOR CONDITION THROUGH GLASS

Solar Time,h	CLTD °F	Solar Time,h	CLTD °F
0100	1	1300	12
0200	0	1400	13
0300	-1	1500	14
0400	-2	1600	14
0500	-2	1700	13
0600	-2	1800	12
0700	-2	1900	10
0800	0	2000	8
0900	2	2100	6
0100	4	2200	4
1100	7	2300	3
1200	9	2400	2

ที่มา: ASHRAE Handbook Fundamental (1993)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 MAXIMUM SOLAR HEAT GAIN FACTOR (SHGF) BTU/HR-FT^2 FOR SUNLIT GLASS, NORTH LATITUDES.

					20°N.Lat					
	N	**NNE/ NNW**	**NE/ NW**	**ENE/ WNW**	**E/ W**	**ESE/ SW**	**SE/ WSW**	**SSE/ SSW**	**S**	**HOR**
Jan.	29	29	48	138	201	243	253	233	214	232
Feb.	31	31	88	173	226	244	238	201	174	263
Mar.	34	49	132	200	237	236	206	152	115	284
Apr.	38	92	166	213	228	208	158	91	58	287
May	47	123	184	217	217	184	124	54	42	283
June	59	135	189	216	210	173	108	45	42	279
July	48	124	182	213	212	179	119	53	43	278
Aug.	40	91	162	206	220	200	152	88	57	280
Sep.	36	46	127	191	225	225	199	148	114	275
Oct.	32	32	87	167	217	236	231	196	170	258
Nov.	29	29	48	136	197	239	249	229	211	230
Dec.	27	27	35	122	187	238	254	241	226	217
					24°N.Lat					
Jan.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
Apr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
June	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
July	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Aug.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
Sep.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dec.	26	26	29	112	180	234	247	247	237	199

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ SW	SE/ WSW	SSE/ SSW	S	HOR
					28°N.Lat					
Jan.	25	25	35	117	183	235	251	247	238	196
Feb.	29	29	72	157	213	244	246	224	207	234
Mar.	33	41	116	189	231	237	221	182	157	265
Apr.	36	84	151	205	228	216	178	124	94	278
May	40	115	172	211	219	195	144	83	58	280
June	51	125	178	211	213	184	128	68	49	278
July	43	114	170	208	215	190	140	80	57	276
Aug.	38	83	149	199	220	207	172	120	91	272
Sep.	34	38	111	179	219	226	213	177	154	256
Oct.	30	30	71	151	204	236	238	217	202	229
Nov.	26	26	35	115	181	232	247	243	235	195
Dec.	24	24	24	99	172	227	248	251	246	179
					36°N.Lat					
Jan.	24	24	29	105	175	229	249	250	246	176
Feb.	27	27	65	149	205	242	248	232	221	217
Mar.	32	37	107	183	227	237	227	195	176	252
Apr.	36	80	146	200	227	219	187	141	115	271
May	38	111	170	208	220	199	155	99	74	277
June	44	122	176	208	214	189	139	83	60	276
July	40	111	167	204	215	194	150	96	72	273
Aug.	37	79	141	195	219	210	181	136	111	265
Sep.	33	35	103	173	215	227	218	189	171	244
Oct.	28	28	63	143	195	234	239	225	215	213
Nov.	24	24	29	103	173	225	245	246	243	175
Dec.	22	22	22	84	162	218	246	252	252	158

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ SW	SE/ WSW	SSE/ SSW	S	HOR
					36°N.Lat					
Jan.	22	22	24	90	166	219	247	252	252	155
Feb.	26	26	57	139	195	239	248	239	232	199
Mar.	30	33	99	176	223	238	232	206	192	238
Apr.	35	76	144	196	225	221	196	156	135	262
May	38	107	168	204	220	204	165	116	93	272
June	47	118	175	205	215	194	150	99	77	273
July	39	107	165	201	216	199	161	113	90	268
Aug.	36	75	138	190	218	212	189	151	131	257
Sep.	31	31	95	167	210	228	223	200	187	230
Oct.	27	27	56	133	187	230	239	231	225	195
Nov.	22	22	24	87	163	215	243	248	248	154
Dec.	20	20	20	69	151	204	241	253	254	136
					40°N.Lat					
Jan.	20	20	20	74	154	205	241	252	254	133
Feb.	24	24	50	129	186	234	246	244	241	180
Mar.	29	29	93	169	218	238	236	216	206	223
Apr.	34	71	140	190	224	223	203	170	154	252
May	37	102	165	202	220	208	175	133	113	265
June	48	113	172	205	216	199	161	116	95	267
July	38	102	163	198	216	203	170	129	109	262
Aug.	35	71	135	185	216	214	196	165	149	247
Sep.	30	30	87	160	203	227	226	209	200	215
Oct.	25	25	49	123	180	225	238	236	234	177
Nov.	20	20	20	73	151	201	237	248	250	132
Dec.	18	18	18	60	135	188	232	249	253	113

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ SW	SE/ WSW	SSE/ SSW	S	HOR
					44°N.Lat					
Jan.	17	17	17	64	138	189	232	248	252	109
Feb.	22	22	43	117	178	227	246	248	247	160
Mar.	27	27	87	162	211	236	238	224	218	206
Apr.	33	66	136	185	221	224	210	183	171	240
May	36	96	162	201	219	211	183	148	132	257
June	47	108	169	205	215	203	171	132	115	261
July	37	96	159	198	215	206	179	144	128	254
Aug.	34	66	132	180	214	215	202	177	165	236
Sep.	28	28	80	152	198	226	227	216	211	199
Oct.	23	23	42	111	171	217	237	240	239	157
Nov.	18	18	18	64	135	186	227	244	248	109
Dec.	15	15	15	49	115	175	217	240	246	89
					48°N.Lat					
Jan.	15	15	15	53	118	175	216	239	245	85
Feb.	20	20	36	103	168	216	242	249	250	138
Apr.	31	61	132	180	219	225	215	194	186	226
May	35	97	158	200	218	214	192	163	150	247
June	46	110	165	204	215	206	180	148	134	252
July	37	96	156	196	214	209	187	158	146	244
Aug.	33	61	128	174	211	216	208	188	180	223
Sep.	27	27	72	144	191	223	228	223	220	182
Oct.	21	21	35	96	161	207	233	241	242	136
Nov.	15	15	15	52	115	172	212	234	240	85
Dec.	13	13	13	36	91	156	195	225	233	65

ที่มา: ASHRAE Handbook Fundamental (1989)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 SHADING COEFFICIENTS FOR GLASS WITHOUT OR WITH INTERIOR DEVICES

Type of Glazing	Nominal Thickness, in (Each light)	Without Shading	With Interior Shading				
			Venetian Blinds		Roller Shades		
					Opaque		Translucent
			Medium	Light	Dark	Light	Light
single glass							
Clear	1/4	0.94	0.74	0.67	0.81	0.39	0.44
Heat absorbing	1/4	0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
Double glass							
Clear	1/4	0.81	0.62	0.58	0.71	0.35	0.40
Heat absorbing	1/4	0.55	0.39	0.36	0.40	0.22	0.30

ที่มา: ASHRAE Handbook-Fundamental (1993)

ตารางผนวกที่ 9 COOLING LOAD FACTORS (CLF) FOR GLASS WITHOUT INTERIOR SHADING, IN NORTH LATITUDE SPACES HAVING CARPETED FLOORS

	Room	Solar Time																						
Dir.	**Mass**	**0100**	**0200**	**0300**	**0400**	**0500**	**0600**	**0700**	**0800**	**0900**	**1000**	**1100**	**1200**	**1300**	**1400**	**1500**	**1600**	**1700**	**1800**	**1900**	**2000**	**2100**	**2200**	**2300**	**2400**
	L	.00	.00	.00	.00	.01	.64	.73	.74	.81	.88	.95	.98	.98	.94	.88	.79	.79	.55	.31	.12	.04	.02	.01	.00
N	M	.03	.02	.02	.02	.02	.64	.69	.69	.77	.84	.91	.94	.95	.91	.86	.79	.79	.56	.32	.16	.10	.07	.05	.04
	H	.10	.09	.08	.07	.07	.62	.64	.64	.71	.77	.83	.87	.88	.85	.81	.75	.76	.55	.34	.22	.17	.15	.13	.11
	L	.00	.00	.00	.00	.01	.51	.83	.88	.72	.47	.33	.27	.24	.23	.20	.18	.14	.09	.03	.01	.00	.00	.00	.00
NE	M	.01	.01	.00	.00	.01	.50	.78	.82	.67	.44	.32	.28	.26	.24	.22	.19	.15	.11	.05	.03	.02	.02	.01	.01
	H	.03	.03	.03	.02	.03	.47	.71	.72	.59	.40	.30	.27	.26	.25	.23	.20	.17	.13	.08	.06	.05	.05	.04	.04
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.42	.76	.91	.90	.75	.51	.30	.22	.18	.16	.13	.11	.07	.02	.01	.00	.00	.00	.00
E	M	.01	.01	.00	.00	.01	.41	.72	.86	.84	.71	.48	.30	.24	.21	.18	.16	.13	.09	.04	.03	.02	.01	.01	.01
	H	.03	.03	.03	.02	.02	.39	.66	.76	.74	.63	.43	.29	.24	.22	.20	.18	.15	.12	.08	.06	.05	.05	.04	.04
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.27	.58	.81	.93	.93	.81	.59	.37	.27	.21	.18	.14	.09	.03	.01	.00	.00	.00	.00
SE	M	.01	.01	.01	.00	.01	.26	.55	.77	.88	.87	.76	.56	.37	.29	.24	.20	.16	.11	.05	.04	.03	.02	.02	.01
	H	.04	.04	.03	.03	.03	.26	.51	.69	.78	.78	.68	.51	.35	.29	.25	.22	.19	.15	.09	.08	.07	.06	.05	.05
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.07	.15	.23	.39	.62	.82	.94	.93	.80	.59	.38	.26	.16	.06	.02	.01	.00	.00	.00
S	M	.01	.01	.01	.01	.01	.07	.14	.22	.38	.59	.78	.88	.88	.76	.57	0.38	.28	.18	.09	.06	.04	.03	.02	.02
	H	.05	.05	.04	.04	.03	.09	.15	.21	.35	.54	.70	.79	.79	.69	.52	.37	.29	.21	.13	.10	.09	.08	.07	.06
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.09	.13	.16	.19	.23	.39	.62	.82	.94	.94	.81	.54	.19	.07	.03	.01	.00	.00
SW	M	.02	.02	.01	.01	.01	.05	.09	.13	.16	.19	.22	.38	.60	.78	.89	.89	.77	.52	.20	.10	.07	.05	.04	.03

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

Dir.	Room Mass	Solar Time																							
		0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
		H	.07	.06	.05	.05	.04	.07	.11	.14	.16	.18	.21	.35	.55	.71	.80	.79	.69	.48	.20	.14	.11	.10	.08
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.03	.07	.10	.13	.15	.16	.18	.31	.55	.78	.92	.93	.73	.25	.10	.04	.01	.01	.00
W	M	.02	.02	.01	.01	.01	.04	.07	.10	.13	.14	.16	.17	.30	.53	.74	.87	.88	.69	.24	.12	.07	.05	.04	.03
	H	.06	.06	.05	.04	.04	.06	.09	.11	.13	.15	.16	.17	.28	.49	.67	.78	.79	.62	.23	.14	.11	.09	.08	.07
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.09	.14	.17	.20	.22	.23	.24	.31	.53	.78	.92	.81	.28	.10	.04	.02	.01	.00
NW	M	.02	.02	.01	.01	.01	.05	.10	.13	.17	.19	.21	.22	.23	.30	.52	.75	.88	.77	.26	.12	.07	.05	.04	.03
	H	.06	.05	.05	.04	.04	.07	.11	.14	.17	.19	.20	.21	.22	.28	.48	.68	.79	.69	.23	.14	.10	.09	.08	.07
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.08	.25	.45	.64	.80	.91	.97	.97	.91	.80	.64	.44	.23	.08	.03	.01	.00	.00	.00
HOR	M	.02	.02	.01	.01	.01	.08	.24	.43	.60	.75	.86	.92	.92	.87	.77	.63	.45	.26	.12	.07	.05	.04	.03	.02
	H	.07	.06	.05	.05	.04	.11	.25	.41	.56	.68	.77	.83	.83	.80	.71	.59	.44	.28	.17	.13	.11	.10	.09	.08

ที่มา: ASHRAE Handbook-Fundamental (1989)

ตารางผนวกที่ 10 COOLING LOAD FACTORS (CLF) FOR GLASS WITHOUT INTERIOR SHADING, IN NORTH LATITUDE SPACES HAVING UNCARPETED FLOORS

	Room	Solar Time																						
Dir.	**Mass**	**0100**	**0200**	**0300**	**0400**	**0500**	**0600**	**0700**	**0800**	**0900**	**1000**	**1100**	**1200**	**1300**	**1400**	**1500**	**1600**	**1700**	**1800**	**1900**	**2000**	**2100**	**2200**	**2300**	**2400**
	L	.00	.00	.00	.00	.01	.64	.73	.74	.81	.88	.95	.98	.98	.94	.88	.79	.79	.55	.31	.12	.04	.02	.01	.00
N	M	.12	.09	.07	.06	.05	.33	.45	.53	.61	.69	.76	.82	.85	.86	.85	.81	.80	.70	.60	.43	.32	.24	.19	.15
	H	.24	.21	.19	.18	.16	.43	.48	.51	.56	.61	.66	.71	.73	.74	.73	.71	.71	.62	.52	.42	.36	.32	.29	.26
	L	.00	.00	.00	.00	.01	.51	.83	.88	.72	.47	.33	.27	.24	.23	.20	.18	.14	.09	.03	.01	.00	.00	.00	.00
NE	M	.03	.02	.02	.02	.02	.24	.45	.57	.58	.49	.41	.36	.32	.29	.27	.24	.21	.17	.13	.10	.07	.06	.05	.04
	H	.08	.07	.07	.06	.06	.27	.43	.49	.45	.37	.32	.29	.28	.27	.26	.24	.22	.19	.16	.14	.12	.11	.10	.09
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.42	.76	.91	.90	.75	.51	.30	.22	.18	.16	.13	.11	.07	.02	.01	.00	.00	.00	.00
E	M	.03	.02	.03	.02	.01	.20	.41	.57	.65	.64	.55	.44	.36	.31	.26	.23	.19	.16	.12	.09	.07	.06	.04	.04
	H	.08	.08	.07	.06	.06	.24	.40	.50	.53	.50	.41	.33	.30	.28	.26	.24	.22	.19	.16	.14	.13	.11	.10	.09
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.27	.58	.81	.93	.93	.81	.59	.37	.27	.21	.18	.14	.09	.03	.01	.00	.00	.00	.00
SE	M	.04	.03	.02	.02	.02	.13	.31	.48	.62	.69	.69	.61	.50	.41	.35	.30	.25	.20	.15	.12	.09	.07	.06	.05
	H	.10	.09	.08	.08	.07	.18	.32	.45	.53	.56	.54	.47	.39	.35	.32	.29	.26	.23	.19	.17	.15	.14	.12	.11
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.07	.15	.23	.39	.62	.82	.94	.93	.80	.59	.38	.26	.16	.06	.02	.01	.00	.00	.00
S	M	.05	.04	.04	.03	.02	.05	.09	.14	.24	.38	.53	.65	.72	.71	.63	.52	.42	.33	.24	.18	.14	.11	.09	.07
	H	.13	.12	.10	.09	.09	.11	.14	.17	.25	.36	.47	.55	.58	.56	.49	.41	.36	.30	.25	.21	.19	.17	.16	.14
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.09	.13	.16	.19	.23	.39	.62	.82	.94	.94	.81	.54	.19	.07	.03	.01	.00	.00
SW	M	.08	.07	.05	.04	.03	.05	.07	.09	.12	.15	.17	.26	.40	.54	.66	.73	.72	.61	.43	.31	.23	.17	.13	.10

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

	Room	Solar Time																							
Dir.	**Mass**	**0100**	**0200**	**0300**	**0400**	**0500**	**0600**	**0700**	**0800**	**0900**	**1000**	**1100**	**1200**	**1300**	**1400**	**1500**	**1600**	**1700**	**1800**	**1900**	**2000**	**2100**	**2200**	**2300**	**2400**
	H	.15	.14	.12	.11	.10	.11	.12	.14	.15	.17	.18	.26	.37	.48	.56	.59	.57	.47	.33	.27	.23	.21	.19	.17
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.03	.07	.10	.13	.15	.16	.18	.31	.55	.78	.92	.93	.73	.25	.10	.04	.01	.01	.00
W	M	.08	.07	.05	.04	.04	.04	.06	.08	.10	.12	.13	.15	.21	.35	.50	.63	.71	.67	.46	.33	.24	.18	.14	.11
	H	.14	.13	.12	.11	.10	.10	.11	.12	.13	.14	.15	.16	.21	.33	.45	.54	.58	.52	.33	.26	.22	.19	.18	.16
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.09	.14	.17	.20	.22	.23	.24	.31	.53	.78	.92	.81	.28	.10	.04	.02	.01	.00
NW	M	.08	.06	.05	.04	.03	.05	.07	.10	.13	.15	.17	.19	.20	.24	.36	.51	.64	.66	.46	.32	.23	.17	.13	.10
	H	.13	.12	.11	.10	.09	.10	.12	.13	.15	.16	.17	.18	.19	.23	.33	.46	.55	.53	.33	.25	.21	.18	.16	.15
	L	.00	.00	.00	.00	.00	.08	.25	.45	.64	.80	.91	.97	.97	.91	.80	.64	.44	.23	.08	.03	.01	.00	.00	.00
HOR	M	.07	.06	.05	.04	.03	.06	.14	.26	.40	.53	.64	.73	.78	.80	.77	.70	.59	.45	.33	.24	.19	.14	.11	.09
	H	.16	.15	.13	.12	.11	.13	.20	.29	.39	.48	.56	.61	.65	.65	.63	.57	.49	.40	.32	.28	.25	.22	.20	.18

ที่มา: ASHRAE Handbook Fundamental (1989)

ตารางผนวกที่ 11 COOLING LOAD FACTORS (CLF) FOR GLASS WITH INTERIOR SHADING, NORTH LATITUDES (ALL ROOM CONSTRUCTIONS)

Fenestration Facing	Solar Time,h																							
	0100	**0200**	**0300**	**0400**	**0500**	**0600**	**0700**	**0800**	**0900**	**1000**	**1100**	**1200**	**1300**	**1400**	**1500**	**1600**	**1700**	**1800**	**1900**	**2000**	**2100**	**2200**	**2300**	**2400**
N	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10
NNE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.64	0.77	0.62	0.42	0.37	0.37	0.37	0.36	0.35	0.32	0.28	0.23	0.17	0.08	0.07	0.06	.05	0.04	0.04
NE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
ENE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.52	0.76	0.80	0.71	0.52	0.31	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
E	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
ESE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.41	0.67	0.79	0.80	0.72	0.54	0.34	0.27	0.24	0.21	0.19	0.15	0.12	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03
SE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
SSE	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.12	0.31	0.54	0.72	0.81	0.81	0.71	0.54	0.38	0.32	0.27	0.22	0.16	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
S	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.23	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
SSW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.09	0.14	0.18	0.22	0.27	0.43	0.63	0.78	0.84	0.80	0.66	0.46	0.25	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
SW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
WSW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.23	0.44	0.64	0.78	0.84	0.78	0.55	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
W	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
WNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.22	0.43	0.65	0.80	0.84	0.66	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.11	0.17	0.22	0.26	0.30	0.32	0.33	0.34	0.34	0.39	0.61	0.82	0.76	0.17	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

ตารางผนวกที่ 11 (ต่อ)

Fenestration Facing	Solar Time,h																							
	0100	**0200**	**0300**	**0400**	**0500**	**0600**	**0700**	**0800**	**0900**	**1000**	**1100**	**1200**	**1300**	**1400**	**1500**	**1600**	**1700**	**1800**	**1900**	**2000**	**2100**	**2200**	**2300**	**2400**
HOR	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.11	0.17	0.22	0.26	0.30	0.32	0.33	0.34	0.34	0.39	0.61	0.82	0.76	0.17	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
HOR	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

ที่มา: ASHRAE Handbook Fundamental (1989)

ตารางผนวกที่ 12 SHADING FROM OVERHEAD PROJECTIONS

Latitude	24°				32°				40°				48°				56°			
St'd Time	9 AM	Noon	3 pm	6 pm	9 AM	Noon	3 pm	6 pm	9 AM	Noon	3 pm	6 pm	9 AM	Noon	3 pm	6 pm	9 AM	Noon	3 pm	6 pm
(Facing) / N	-	-	-	.58	-	-	-	.63	-	-	-	.83	-	-	-	1.37	-	-	-	1.61
NE	1.89	-	-	-	2.17	-	-	-	2.13	-	-	-	3.03	-	-	-	3.45	-	-	-
E	1.00	-	-	-	.97	-	-	-	.89	-	-	-	.83	-	-	-	.74	-	-	-
SE	.93	4.55	-	-	1.00	3.33	-	-	.86	2.33	-	-	.73	1.67	-	-	.61	1.33	-	-
S	4.35	3.57	4.35	-	2.63	2.38	2.63	-	1.85	1.59	1.85	-	1.33	1.19	1.33	-	1.08	.93	1.08	-
SW	-	4.55	.93	-	-	3.33	1.00	-	-	2.33	.86	-	-	1.67	.73	-	-	1.33	.61	-
W	-	-	1.00	*	-	-	.97	*	-	-	.89	*	-	-	.83	*	-	-	.74	*
NW	-	-	1.89	*	-	-	2.17	*	-	-	2.13	*	-	-	3.03	*	-	-	3.45	*

ที่มา: ASHRAE Handbook Product Directory (1985)

ตารางผนวกที่ 13 RATES OF HEAT GAIN FROM OCCUPANTS OF CONDITIONED SPACES

		Total Heat Adults		Sensible	Latent
		Adult	Adjusted	Heat,	Heat,
Degree of Activity		**Male**	**M/F[a]**	**Btu/h**	**Btu/h**
Seated at theater	Theater-matinee	390	330	225	105
Seated at theater,night	Theater-night	390	350	245	105
Seated,very light work	Offices,hotel, apartments	450	400	245	155
Moderately active office work	Offices,hotel, apartments	475	450	250	200
Standing,light work; walking	Department store, retail store	550	450	250	200
Walking;standing	Drug store,bank	550	500	250	250
Sedentary work	Restaurant[b]	490	550	275	275
Light bench work	Factory	800	750	275	475
Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545
Walking 3mph;light machine work	Factory	1000	1000	375	625

ที่มา: ASHRAE Handbook Fundamentals (1997)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

Degree of Activity		Total Heat Adults Adult Male	Total Heat Adults Adjusted M/F[a]	Sensible Heat, Btu/h	Latent Heat, Btu/h
Bowling[e]	Bowling alley	1500	1450	580	870
Heavy work	Factory	1500	1450	580	870
Heavy machine work;lifting	Factory	1600	1600	635	965
Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090

ที่มา: ASHRAE Handbook Fundamentals (1997)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 HEAT GAIN FROM EQUIPMENT

Appliance	Size	Recommended Rate of Heat Gaint,BTU/hr			
		Without Hood			With Hood
		Sensible	Latent	Total	Sensible
Restaurant,electric blender, per quart of capacity	1 to 4qt	1000	520	1520	480
Coffee brewer	12 cups/2 brnrs	3750	1910	5660	1810
Coffee heater,per warming burner	1 to 2 brnrs	230	110	340	110
Display case (refrigerated), per ft^3 of interior	6 to 67 ft^3	62	0	62	0
Hot plate (hight-speed double burner)		7810	5430	13,240	6240
Ice make (large)	220 ib/day	9320	0	9320	0
Microwave oven (heavy-duty commercial)	0.7 ft^3	8970	0	8970	0
Toaster(large pop-up)	10 slice	9590	8500	18,080	5800

Appliance	Size	Recommended Rate of Heat Gaint,BTU/hr
computer Devices		
Communication/transmission		5600-9600
Disk drives/mass storage		3400-22400
Mcrocomputer/word processor	16-40 kbytes	300-1800
Mnicomputer		7500-15000
Printer (laser)	8 pages/min	1000
Printer(line,hight-speed)	500 or more pages/min	2500-13000
Tape drives		3500-15000
Terminal		270-600

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

Appliance	Size		Recommended Rate of Heat Gaint,BTU/hr
Copiers/Typesetters			
Blue print			3900-42700
Copiers (large)	30-67 copies/min		1700-6600
Copiers	6-30 copies/min		460-1700
Miscellaneous			
Cash register			160
Cold food/beverage			1960-3280
Coffeemaker	10 cup	sensible	3580
		latent	1540
Microwave oven	1 ft^3		1360
Paper shredder			680-8250
Water cooler	8 gal/hr		6000

ที่มา: ASHRAE Volume Fundamentals (1993

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 HEAT GAIN FROM TYPICAL ELECTRIC MOTORS

Motor Name-plate or Rated Horse-power	Motor Type	Nom-inal rpm	Full Load Motor Effici-ency in Percent	Location of Motor and Driven Equipment with Respect to Conditioned Space or Airstream		
				A	B	C
				Motor in, Driven Equip-ment in Btu/h	Motor out, Driven Equip-ment in Btu/h	Motor in, Driven Equip-ment in Btu/h
0.05	Shade Pole	1500	35	360	130	240
0.08	Shade Pole	1500	35	580	200	380
0.125	Shade Pole	1500	35	900	320	590
0.16	Shade Pole	1500	35	1160	400	760
0.25	Split Phase	1750	54	1180	640	540
0.33	Split Phase	1750	56	1500	840	660
0.50	Split Phase	1750	60	2120	1270	850
0.75	3-Phase	1750	72	2650	1900	740
1	3-Phase	1750	75	3390	2550	850
1.5	3-Phase	1750	77	4960	3820	1,140
2	3-Phase	1750	79	6440	5090	1,350
3	3-Phase	1750	81	9430	7640	1,790
5	3-Phase	1750	82	15,500	12,700	2,790
7.5	3-Phase	1750	84	22,700	19,100	3,640
10	3-Phase	1750	85	29,900	24,500	4,490
15	3-Phase	1750	86	44,400	38,200	6,210
20	3-Phase	1750	87	58,500	50,900	7,610

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 (ต่อ)

Motor Name-plate or Rated Horse-power	Motor Type	Nom-inal rpm	Full Load Motor Effici-ency in Percent	Location of Motor and Driven Equipment with Respect to Conditioned Space or Airstream		
				A	B	C
				Motor in, Driven Equip-ment in Btu/h	Motor out, Driven Equip-ment in Btu/h	Motor in, Driven Equip-ment in Btu/h
25	3-Phase	1750	88	72,300	63,600	8,680
30	3-Phase	1750	89	85,700	76,300	9,440
40	3-Phase	1750	89	114,000	102,000	12,600
50	3-Phase	1750	89	143,000	127,000	15,700
60	3-Phase	1750	89	172,000	153,000	18,900
75	3-Phase	1750	90	212,000	191,000	21,200
100	3-Phase	1750	90	283,000	255,000	28,300
125	3-Phase	1750	90	353,000	318,000	35,300
150	3-Phase	1750	91	420,000	382,000	37,800
200	3-Phase	1750	91	569,000	509,000	50,300
250	3-Phase	1750	91	699,000	636,000	62,900

ที่มา: ASHRAE Handbook Fundamental (1993)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 OVERALL HEAT TRANSFER COEFFICIENT *U* FOR GLASS (BTU/HR-FT^2-^{o}F)

Type of Glazing	Type of Frame (Sash)			
	Aluminum(with thermal break)		Wood or Vinyl	
	Winter	Summer	Winter	Summer
single glass	1.10	1.01	0.98	0.90
Double glass				
3/8 in.air space	0.60	0.56	0.51	0.47
3/8 in.air space E-film	0.48	0.45	0.39	0.37
Triple Glass				
3/8 in.air space	0.46	0.43	0.38	0.36
3/8 in.argon space	0.34	0.33	0.25	0.24

ที่มา: ASHRAE Handbook Fundamental (1993)

ตารางผนวกที่ 17 MINIMUM MECHANICAL VENTILATION REQUIREMENT RATES

Outdoor air shall be provide at a rate no less than the greater of either

A. 15 CFM per person, time the expected occupancy rate

B. The applicable ventilation rate from the following list, time the conditioned floor area of the space

Type of Use	**CFM per Square Foot Of Conditioned Floor Area**
Auto repair workshops	1.50
Barber shops	04.0
Bars, cocktail lounges ,and casinos	1.50
Beauty shops	0.40
Coin-operated dry cleaning	0.30
Commercial dry cleaning	0.45
Hotel guest rooms (less than 500 sqft)	30 CFM/Guest Room
Hotel guest rooms (500 sqft or greater)	0.15
Retail stores	0.20
Smoking lounges	1.50
All other	0.15

ที่มา: Abridged from Efficiency Standards (1999)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

ผลการตรวจวัดมลพิษภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Request No. LA56-1174

Report No. 5612-0271

TEST REPORT

CUSTOMER :

ADDRESS :

SAMPLE SOURCE :

SAMPLE POINT : ฝ่ายการผลิตชั้น 2 SAMPLE NO : 35869

SAMPLING DATE : 20/11/2013 SAMPLING TIME : 10:08-12:08

RECEIVED DATE : 22/11/2013 TESTED DATE : 28/11/2013

SAMPLING INSTRUMENT : Personal Pump Flow rate 2.0 L/min REPORTED DATE : 06/12/2013

Serial No. 20100401021

PARAMETER*	TEST METHOD	RESULT	STD/1	UNIT
Tin (Sn)	Filtration, ICP-AES	<0.01	2.0	mg/m^3

REMARK: /1 NOTIFICATION OF THE MINISTRY OF INTERIOR VOL.94 B.E. 2520 (1977)

* PARAMETER OUTSIDE THE SCOPE OF THE REGISTRATION OF THE DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

(SAMPLING BY MR.WARAKORN VITAYASEWEE)

ภาพผนวกที่ ค1 แสดงผลการตรวจวัดปริมาณดีบุกภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Request No. LA56-1174

Report No. 5612-0270

TEST REPORT

CUSTOMER :

ADDRESS :

SAMPLE SOURCE :

SAMPLE POINT : ฝ่ายการผลิตชั้น 2 SAMPLE NO : 35868

SAMPLING DATE : 20/11/2013 SAMPLING TIME : 10:06-12:06

RECEIVED DATE : 22/11/2013 TESTED DATE : 27/11/2013

SAMPLING INSTRUMENT : Personal Pump Flow rate 0.2 L/min REPORTED DATE : 06/12/2013

Serial No. 29938

PARAMETER*	TEST METHOD	RESULT	STD[1]	UNIT
Toluene	Sorbent Adsorption, Gas Chromatography	<1.88	754	mg/m³
		<0.50	200	ppm

REMARK: [1] NOTIFICATION OF THE MINISTRY OF INTERIOR VOL.94 B.E. 2520 (1977)

* PARAMETER OUTSIDE THE SCOPE OF THE REGISTRATION

OF THE DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

(SAMPLING BY MR.WARAKORN VITAYASEWEE)

ภาพผนวกที่ ค2 แสดงผลการตรวจวัดปริมาณโทลูอีนภายในพื้นที่ฝ่ายการผลิตชั้น 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Request No. LA56-0380

Report No. 5604-0107

TEST REPORT

CUSTOMER	:		
ADDRESS	:		
SAMPLE SOURCE	:	ฝ่ายการผลิตชั้น 2	
SAMPLE POINT	:	Tooling Room	SAMPLE NO : 7380
SAMPLING DATE	:	14/03/2013	SAMPLING TIME : 09:15-11:15
RECEIVED DATE	:	18/03/2013	TESTED DATE : 18-20/03/2013
SAMPLING INSTRUMENT	:	Personal Pump Flow rate 2.0 L/min	REPORTED DATE : 02/04/2013
		Serial No. 20100401018	

PARAMETER*	TEST METHOD	RESULT	STD[1]	UNIT
Total dust	Gravimetric	<0.8	15	mg/m^3

REMARK:

[1] NOTIFICATION OF THE MINISTRY OF INTERIOR VOL.94 B.E. 2520 (1977)

* PARAMETER OUTSIDE THE SCOPE OF THE REGISTRATION OF THE DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

(SAMPLING BY MR.THANATPORN KLINSOPON)

ภาพผนวกที่ ค3 แสดงผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองรวมภายในห้องเครื่องมือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ง

ตารางผลการตรวจวัด อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง1 ผลการตรวจวัดจุดที่ 1

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
1	5 พ.ย. 56	08:30	-	-	-	-
1	5 พ.ย. 56	09:15	75.56	47.3	-	-
1	5 พ.ย. 56	10:00	-	-	-	-
1	5 พ.ย. 56	10:45	76.82	45.9	-	-
1	5 พ.ย. 56	11:30	76.28	47.7	-	-
1	5 พ.ย. 56	12:15	-	-	-	-
1	5 พ.ย. 56	13:00	75.74	47.2	-	-
1	5 พ.ย. 56	13:45	78.44	45.1	-	-
1	5 พ.ย. 56	14:30	77.9	45.9	-	-
1	5 พ.ย. 56	15:15	76.28	47.1	-	-
1	5 พ.ย. 56	16:00	78.8	44.1	-	-
1	5 พ.ย. 56	16:45	78.8	45.7	-	-
1	6 พ.ย. 56	08:30	76.82	48	-	-
1	6 พ.ย. 56	09:15	76.1	47.6	-	-
1	6 พ.ย. 56	10:00	-	-	-	-
1	6 พ.ย. 56	10:45	77.36	47.5	-	-
1	6 พ.ย. 56	11:30	77.36	46.3	-	-
1	6 พ.ย. 56	12:15	-	-	-	-
1	6 พ.ย. 56	13:00	76.1	47.4	-	-
1	6 พ.ย. 56	13:45	77.9	46.2	-	-
1	6 พ.ย. 56	14:30	78.8	46.5	-	-
1	6 พ.ย. 56	15:15	78.26	46.9	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
1	6 พ.ย. 56	16:00	78.08	46.8	-	-
1	6 พ.ย. 56	16:45	77	47.1	-	-
1	7 พ.ย. 56	08:30	77.54	52.4	-	-
1	7 พ.ย. 56	09:15	76.1	53	-	-
1	7 พ.ย. 56	10:00	-	-	-	-
1	7 พ.ย. 56	10:45	78.26	49.4	-	-
1	7 พ.ย. 56	11:30	77.18	50	-	-
1	7 พ.ย. 56	12:15	-	-	-	-
1	7 พ.ย. 56	13:00	77.72	48.4	-	-
1	7 พ.ย. 56	13:45	78.8	47.4	-	-
1	7 พ.ย. 56	14:30	76.46	48.7	-	-
1	7 พ.ย. 56	15:15	75.92	49.8	-	-
1	7 พ.ย. 56	16:00	76.46	47.8	-	-
1	7 พ.ย. 56	16:45	77	47.7	-	-
1	28 พ.ย. 56	08:30	-	-	-	1113
1	28 พ.ย. 56	09:15	-	-	-	1031
1	28 พ.ย. 56	10:00	-	-	-	-
1	28 พ.ย. 56	10:45	-	-	-	1007
1	28 พ.ย. 56	11:30	-	-	-	1078
1	28 พ.ย. 56	12:15	-	-	-	-
1	28 พ.ย. 56	13:00	-	-	-	1126
1	28 พ.ย. 56	13:45	-	-	-	1146

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
1	28 พ.ย. 56	14:30	-	-	-	1163
1	28 พ.ย. 56	15:15	-	-	-	1128
1	28 พ.ย. 56	16:00	-	-	-	1178
1	28 พ.ย. 56	16:45	-	-	-	1163
1	21 ม.ค. 57	08:30	-	-	0.3	-
1	21 ม.ค. 57	09:15	-	-	0.3	-
1	21 ม.ค. 57	10:00	-	-	-	-
1	21 ม.ค. 57	10:45	-	-	0.3	-
1	21 ม.ค. 57	11:30	-	-	0.3	-
1	21 ม.ค. 57	12:15	-	-	-	-
1	21 ม.ค. 57	13:00	-	-	0.3	-
1	21 ม.ค. 57	13:45	-	-	0.3	-
1	21 ม.ค. 57	14:30	-	-	0.3	-
1	21 ม.ค. 57	15:15	-	-	0.3	-
1	21 ม.ค. 57	16:00	-	-	0.3	-
1	21 ม.ค. 57	16:45	-	-	0.3	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง2 ผลการตรวจวัดจุดที่ 2

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{0}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo2 (ppm)
2	5 พ.ย. 56	08:35	-	-	-	-
2	5 พ.ย. 56	09:20	77.36	48.6	-	-
2	5 พ.ย. 56	10:05	-	-	-	-
2	5 พ.ย. 56	10:50	77.54	47.2	-	-
2	5 พ.ย. 56	11:35	77.54	47.8	-	-
2	5 พ.ย. 56	12:20	-	-	-	-
2	5 พ.ย. 56	13:05	77.72	51.7	-	-
2	5 พ.ย. 56	13:50	79.52	46.3	-	-
2	5 พ.ย. 56	14:35	79.88	49.3	-	-
2	5 พ.ย. 56	15:20	80.06	45.6	-	-
2	5 พ.ย. 56	16:05	80.42	45.7	-	-
2	5 พ.ย. 56	16:50	79.52	47.3	-	-
2	6 พ.ย. 56	08:35	78.08	50.2	-	-
2	6 พ.ย. 56	09:20	77.54	49.1	-	-
2	6 พ.ย. 56	10:05	-	-	-	-
2	6 พ.ย. 56	10:50	78.08	48.4	-	-
2	6 พ.ย. 56	11:35	78.26	48.7	-	-
2	6 พ.ย. 56	12:20	-	-	-	-
2	6 พ.ย. 56	13:05	77.9	49.5	-	-
2	6 พ.ย. 56	13:50	79.16	49.8	-	-
2	6 พ.ย. 56	14:35	79.34	48.5	-	-
2	6 พ.ย. 56	15:20	78.44	47.7	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง2 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (°F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo2 (ppm)
2	6 พ.ย. 56	16:05	78.26	47.9	-	-
2	6 พ.ย. 56	16:50	78.08	47.7	-	-
2	7 พ.ย. 56	08:35	77.9	55.8	-	-
2	7 พ.ย. 56	09:20	77.18	53.5	-	-
2	7 พ.ย. 56	10:05	-	-	-	-
2	7 พ.ย. 56	10:50	78.98	49.5	-	-
2	7 พ.ย. 56	11:35	77.72	50.9	-	-
2	7 พ.ย. 56	12:20	-	-	-	-
2	7 พ.ย. 56	13:05	78.26	48.8	-	-
2	7 พ.ย. 56	13:50	79.7	47.6	-	-
2	7 พ.ย. 56	14:35	77.54	49.3	-	-
2	7 พ.ย. 56	15:20	76.46	49.5	-	-
2	7 พ.ย. 56	16:05	77.72	47.9	-	-
2	7 พ.ย. 56	16:50	78.08	47.7	-	-
2	28 พ.ย. 56	08:35	-	-	-	1108
2	28 พ.ย. 56	09:20	-	-	-	1035
2	28 พ.ย. 56	10:05	-	-	-	-
2	28 พ.ย. 56	10:50	-	-	-	1019
2	28 พ.ย. 56	11:35	-	-	-	1075
2	28 พ.ย. 56	12:20	-	-	-	-
2	28 พ.ย. 56	13:05	-	-	-	1068
2	28 พ.ย. 56	13:50	-	-	-	1134
2	28 พ.ย. 56	14:35	-	-	-	1145

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง2 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ	ความชื้น	ความเร็วลม	ปริมาณCo2
			(°F)	(%)	(m/s)	(ppm)
2	28 พ.ย. 56	15:20	-	-	-	1120
2	28 พ.ย. 56	16:05	-	-	-	1141
2	28 พ.ย. 56	16:50	-	-	-	1164
2	21 ม.ค. 57	08:35	-	-	0	-
2	21 ม.ค. 57	09:20	-	-	0	-
2	21 ม.ค. 57	10:05	-	-	-	-
2	21 ม.ค. 57	10:50	-	-	0	-
2	21 ม.ค. 57	11:35	-	-	0	-
2	21 ม.ค. 57	12:20	-	-	-	-
2	21 ม.ค. 57	13:05	-	-	0	-
2	21 ม.ค. 57	13:50	-	-	0	-
2	21 ม.ค. 57	14:35	-	-	0	-
2	21 ม.ค. 57	15:20	-	-	0	-
2	21 ม.ค. 57	16:05	-	-	0	-
2	21 ม.ค. 57	16:50	-	-	0	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง3 ผลการตรวจวัดจุดที่ 3

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{0}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
3	5 พ.ย. 56	08:40	-	-	-	-
3	5 พ.ย. 56	09:25	77.18	45.7	-	-
3	5 พ.ย. 56	10:10	-	-	-	-
3	5 พ.ย. 56	10:55	77.36	46.0	-	-
3	5 พ.ย. 56	11:40	77.18	47.2	-	-
3	5 พ.ย. 56	12:25	-	-	-	-
3	5 พ.ย. 56	13:10	77.18	47.7	-	-
3	5 พ.ย. 56	13:55	79.16	45.2	-	-
3	5 พ.ย. 56	14:40	79.7	45.5	-	-
3	5 พ.ย. 56	15:25	79.7	44.7	-	-
3	5 พ.ย. 56	16:10	79.88	44.5	-	-
3	5 พ.ย. 56	16:55	79.16	46.2	-	-
3	6 พ.ย. 56	08:40	77.9	49.6	-	-
3	6 พ.ย. 56	09:25	77.18	48.6	-	-
3	6 พ.ย. 56	10:10	-	-	-	-
3	6 พ.ย. 56	10:55	77.54	48.1	-	-
3	6 พ.ย. 56	11:40	78.26	47.9	-	-
3	6 พ.ย. 56	12:25	-	-	-	-
3	6 พ.ย. 56	13:10	77.36	49.3	-	-
3	6 พ.ย. 56	13:55	78.26	47.8	-	-
3	6 พ.ย. 56	14:40	78.62	47.4	-	-
3	6 พ.ย. 56	15:25	78.08	47.3	-	-
3	6 พ.ย. 56	16:10	78.26	47.9	-	-
3	6 พ.ย. 56	16:55	78.08	47.4	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง3 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
3	7 พ.ย. 56	08:40	76.64	57.4	-	-
3	7 พ.ย. 56	09:25	76.64	52.9	-	-
3	7 พ.ย. 56	10:10	-	-	-	-
3	7 พ.ย. 56	10:55	77.36	50.1	-	-
3	7 พ.ย. 56	11:40	77	51.2	-	-
3	7 พ.ย. 56	12:25	-	-	-	-
3	7 พ.ย. 56	13:10	78.08	49.5	-	-
3	7 พ.ย. 56	13:55	78.62	47.1	-	-
3	7 พ.ย. 56	14:40	77.54	49.5	-	-
3	7 พ.ย. 56	15:25	76.1	49.4	-	-
3	7 พ.ย. 56	16:10	76.64	47.7	-	-
3	7 พ.ย. 56	16:55	77.9	48.6	-	-
3	28 พ.ย. 56	08:40	-	-	-	1100
3	28 พ.ย. 56	09:25	-	-	-	1045
3	28 พ.ย. 56	10:10	-	-	-	-
3	28 พ.ย. 56	10:55	-	-	-	1029
3	28 พ.ย. 56	11:40	-	-	-	1086
3	28 พ.ย. 56	12:25	-	-	-	-
3	28 พ.ย. 56	13:10	-	-	-	1077
3	28 พ.ย. 56	13:55	-	-	-	1157
3	28 พ.ย. 56	14:40	-	-	-	1165
3	28 พ.ย. 56	15:25	-	-	-	1154
3	28 พ.ย. 56	16:10	-	-	-	1144
3	28 พ.ย. 56	16:55	-	-	-	1160

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง3 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
3	21 ม.ค. 57	08:40	-	-	0	-
3	21 ม.ค. 57	09:25	-	-	0	-
3	21 ม.ค. 57	10:10	-	-		-
3	21 ม.ค. 57	10:55	-	-	0	-
3	21 ม.ค. 57	11:40	-	-	0	-
3	21 ม.ค. 57	12:25	-	-		-
3	21 ม.ค. 57	13:10	-	-	0	-
3	21 ม.ค. 57	13:55	-	-	0	-
3	21 ม.ค. 57	14:40	-	-	0	-
3	21 ม.ค. 57	15:25	-	-	0	-
3	21 ม.ค. 57	16:10	-	-	0	-
3	21 ม.ค. 57	16:55	-	-	0	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง4 ผลการตรวจวัดจุดที่ 4

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{0}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
4	5 พ.ย. 56	08:45	-	-	-	-
4	5 พ.ย. 56	09:30	79.16	46.7	-	-
4	5 พ.ย. 56	10:15	78.8	47.2	-	-
4	5 พ.ย. 56	11:00	79.16	45.6	-	-
4	5 พ.ย. 56	11:45	77.9	48	-	-
4	5 พ.ย. 56	12:30	-	-	-	-
4	5 พ.ย. 56	13:15	79.52	45.9	-	-
4	5 พ.ย. 56	14:00	80.24	45.8	-	-
4	5 พ.ย. 56	14:45	80.6	45.5	-	-
4	5 พ.ย. 56	15:30	80.6	45.1	-	-
4	5 พ.ย. 56	16:15	80.78	45.9	-	-
4	5 พ.ย. 56	17:00	80.06	45	-	-
4	6 พ.ย. 56	08:45	78.98	48	-	-
4	6 พ.ย. 56	09:30	78.8	49.3	-	-
4	6 พ.ย. 56	10:15	78.44	50.2	-	-
4	6 พ.ย. 56	11:00	79.34	48.9	-	-
4	6 พ.ย. 56	11:45	79.88	49.2	-	-
4	6 พ.ย. 56	12:30	-	-	-	-
4	6 พ.ย. 56	13:15	79.52	46.2	-	-
4	6 พ.ย. 56	14:00	79.52	46.1	-	-
4	6 พ.ย. 56	14:45	78.8	47.1	-	-
4	6 พ.ย. 56	15:30	77.9	47.7	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง4 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{0}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
4	6 พ.ย. 56	16:15	78.08	47.7	-	-
4	6 พ.ย. 56	17:00	78.08	47.8	-	-
4	7 พ.ย. 56	08:45	76.82	61.2	-	-
4	7 พ.ย. 56	09:30	75.74	51.7	-	-
4	7 พ.ย. 56	10:15	76.64	50.1	-	-
4	7 พ.ย. 56	11:00	78.44	51.6	-	-
4	7 พ.ย. 56	11:45	77.54	52.4	-	-
4	7 พ.ย. 56	12:30	-	-	-	-
4	7 พ.ย. 56	13:15	77.9	50.9	-	-
4	7 พ.ย. 56	14:00	78.8	48	-	-
4	7 พ.ย. 56	14:45	77.72	50.1	-	-
4	7 พ.ย. 56	15:30	76.28	50.1	-	-
4	7 พ.ย. 56	16:15	77	48.8	-	-
4	7 พ.ย. 56	17:00	77.9	48.6	-	-
4	28 พ.ย. 56	08:45	-	-	-	1046
4	28 พ.ย. 56	09:30	-	-	-	1013
4	28 พ.ย. 56	10:15	-	-	-	1016
4	28 พ.ย. 56	11:00	-	-	-	1021
4	28 พ.ย. 56	11:45	-	-	-	1064
4	28 พ.ย. 56	12:30	-	-	-	
4	28 พ.ย. 56	13:15	-	-	-	1063
4	28 พ.ย. 56	14:00	-	-	-	1189
4	28 พ.ย. 56	14:45	-	-	-	1148

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง4 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{0}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
4	28 พ.ย. 56	15:30	-	-	-	1161
4	28 พ.ย. 56	16:15	-	-	-	1138
4	28 พ.ย. 56	17:00	-	-	-	1121
4	21 ม.ค. 57	08:45	-	-	0	-
4	21 ม.ค. 57	09:30	-	-	0	-
4	21 ม.ค. 57	10:15	-	-	0	-
4	21 ม.ค. 57	11:00	-	-	0	-
4	21 ม.ค. 57	11:45	-	-	0	-
4	21 ม.ค. 57	12:30	-	-	0	-
4	21 ม.ค. 57	13:15	-	-	0	-
4	21 ม.ค. 57	14:00	-	-	0	-
4	21 ม.ค. 57	14:45	-	-	0	-
4	21 ม.ค. 57	15:30	-	-	0	-
4	21 ม.ค. 57	16:15	-	-	0	-
4	21 ม.ค. 57	17:00	-	-	0	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง5 ผลการตรวจวัดจุดที่ 5

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
5	5 พ.ย. 56	08:50	-	-	-	-
5	5 พ.ย. 56	09:35	79.16	45.5	-	-
5	5 พ.ย. 56	10:20	78.8	45.9	-	-
5	5 พ.ย. 56	11:05	78.8	46.5	-	-
5	5 พ.ย. 56	11:50			-	-
5	5 พ.ย. 56	12:35	78.62	46.2	-	-
5	5 พ.ย. 56	13:20	79.52	45.1	-	-
5	5 พ.ย. 56	14:05	79.52	44.1	-	-
5	5 พ.ย. 56	14:50	80.6	44.9	-	-
5	5 พ.ย. 56	15:35	80.6	44.3	-	-
5	5 พ.ย. 56	16:20	81.5	44.7	-	-
5	5 พ.ย. 56	17:05	79.52	45.1	-	-
5	6 พ.ย. 56	08:50	78.98	46.8	-	-
5	6 พ.ย. 56	09:35	78.44	48.5	-	-
5	6 พ.ย. 56	10:20	78.26	47.8	-	-
5	6 พ.ย. 56	11:05	79.16	46.8	-	-
5	6 พ.ย. 56	11:50			-	-
5	6 พ.ย. 56	12:35	77.54	49.3	-	-
5	6 พ.ย. 56	13:20	80.06	46.9	-	-
5	6 พ.ย. 56	14:05	80.06	46.6	-	-
5	6 พ.ย. 56	14:50	79.88	48.5	-	-
5	6 พ.ย. 56	15:35	78.62	46.9	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง5 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{0}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
5	6 พ.ย. 56	16:20	78.26	46.6	-	-
5	6 พ.ย. 56	17:05	78.26	47.3	-	-
5	7 พ.ย. 56	08:50	77.9	59.2	-	-
5	7 พ.ย. 56	09:35	77	52	-	-
5	7 พ.ย. 56	10:20	77.36	50.2	-	-
5	7 พ.ย. 56	11:05	78.26	50.8	-	-
5	7 พ.ย. 56	11:50			-	-
5	7 พ.ย. 56	12:35	78.08	50.2	-	-
5	7 พ.ย. 56	13:20	78.44	51.2	-	-
5	7 พ.ย. 56	14:05	78.98	47.7	-	-
5	7 พ.ย. 56	14:50	78.08	48.8	-	-
5	7 พ.ย. 56	15:35	77	50.7	-	-
5	7 พ.ย. 56	16:20	77.9	49.5	-	-
5	7 พ.ย. 56	17:05	78.26	47.8	-	-
5	28 พ.ย. 56	08:50	-	-	-	1064
5	28 พ.ย. 56	09:35	-	-	-	1062
5	28 พ.ย. 56	10:20	-	-	-	1038
5	28 พ.ย. 56	11:05	-	-	-	1048
5	28 พ.ย. 56	11:50	-	-	-	
5	28 พ.ย. 56	12:35	-	-	-	986
5	28 พ.ย. 56	13:20	-	-	-	1033
5	28 พ.ย. 56	14:05	-	-	-	1088
5	28 พ.ย. 56	14:50	-	-	-	1130

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง5 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ	ความชื้น	ความเร็วลม	ปริมาณCo_2
			(^{0}F)	(%)	(m/s)	(ppm)
5	28 พ.ย. 56	15:35	-	-	-	1130
5	28 พ.ย. 56	16:20	-	-	-	1134
5	28 พ.ย. 56	17:05	-	-	-	1095
5	21 ม.ค. 57	08:50	-	-	0	-
5	21 ม.ค. 57	09:35	-	-	0	-
5	21 ม.ค. 57	10:20	-	-	0	-
5	21 ม.ค. 57	11:05	-	-	0	-
5	21 ม.ค. 57	11:50	-	-		-
5	21 ม.ค. 57	12:35	-	-	0	-
5	21 ม.ค. 57	13:20	-	-	0	-
5	21 ม.ค. 57	14:05	-	-	0	-
5	21 ม.ค. 57	14:50	-	-	0	-
5	21 ม.ค. 57	15:35	-	-	0	-
5	21 ม.ค. 57	16:20	-	-	0	-
5	21 ม.ค. 57	17:05	-	-	0	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง6 ผลการตรวจวัดจุดที่ 6

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
6	5 พ.ย. 56	08:55	-	-	-	-
6	5 พ.ย. 56	09:40	76.46	46.5	-	-
6	5 พ.ย. 56	10:25	76.1	47.2	-	-
6	5 พ.ย. 56	11:10	77.54	46	-	-
6	5 พ.ย. 56	11:55	-	-	-	-
6	5 พ.ย. 56	12:40	78.08	45.7	-	-
6	5 พ.ย. 56	13:25	78.8	45.6	-	-
6	5 พ.ย. 56	14:10	79.34	44.9	-	-
6	5 พ.ย. 56	14:55	79.88	44.3	-	-
6	5 พ.ย. 56	15:40	79.16	45.5	-	-
6	5 พ.ย. 56	16:25	79.34	45	-	-
6	5 พ.ย. 56	17:10	78.26	45.2	-	-
6	6 พ.ย. 56	08:55	78.26	47.1	-	-
6	6 พ.ย. 56	09:40	77.36	47.2	-	-
6	6 พ.ย. 56	10:25	76.82	48.5	-	-
6	6 พ.ย. 56	11:10	78.44	46.9	-	-
6	6 พ.ย. 56	11:55	-	-	-	-
6	6 พ.ย. 56	12:40	76.82	48.7	-	-
6	6 พ.ย. 56	13:25	79.52	46.3	-	-
6	6 พ.ย. 56	14:10	79.7	46	-	-
6	6 พ.ย. 56	14:55	79.7	45.9	-	-
6	6 พ.ย. 56	15:40	78.44	46.2	-	-
6	6 พ.ย. 56	16:25	78.44	45.8	-	-
6	6 พ.ย. 56	17:10	78.44	47.3	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง6 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
6	7 พ.ย. 56	08:55	77.18	54.4	-	-
6	7 พ.ย. 56	09:40	75.56	51.4	-	-
6	7 พ.ย. 56	10:25	76.28	50.2	-	-
6	7 พ.ย. 56	11:10	76.46	52.3	-	-
6	7 พ.ย. 56	11:55	-	-	-	-
6	7 พ.ย. 56	12:40	77.72	49.9	-	-
6	7 พ.ย. 56	13:25	78.62	49.6	-	-
6	7 พ.ย. 56	14:10	78.8	47.9	-	-
6	7 พ.ย. 56	14:55	78.26	47.8	-	-
6	7 พ.ย. 56	15:40	77	50.6	-	-
6	7 พ.ย. 56	16:25	77.18	48.7	-	-
6	7 พ.ย. 56	17:10	77.18	48.5	-	-
6	28 พ.ย. 56	08:55	-	-	-	1070
6	28 พ.ย. 56	09:40	-	-	-	1059
6	28 พ.ย. 56	10:25	-	-	-	1050
6	28 พ.ย. 56	11:10	-	-	-	1045
6	28 พ.ย. 56	11:55	-	-	-	-
6	28 พ.ย. 56	12:40	-	-	-	1027
6	28 พ.ย. 56	13:25	-	-	-	1073
6	28 พ.ย. 56	14:10	-	-	-	1179
6	28 พ.ย. 56	14:55	-	-	-	1166
6	28 พ.ย. 56	15:40	-	-	-	1132
6	28 พ.ย. 56	16:25	-	-	-	1131
6	28 พ.ย. 56	17:10	-	-	-	1127

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง6 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
6	21 ม.ค. 57	08:55	-	-	0	-
6	21 ม.ค. 57	09:40	-	-	0	-
6	21 ม.ค. 57	10:25	-	-	0	-
6	21 ม.ค. 57	11:10	-	-	0	-
6	21 ม.ค. 57	11:55	-	-	-	-
6	21 ม.ค. 57	12:40	-	-	0	-
6	21 ม.ค. 57	13:25	-	-	0	-
6	21 ม.ค. 57	14:10	-	-	0	-
6	21 ม.ค. 57	14:55	-	-	0	-
6	21 ม.ค. 57	15:40	-	-	0	-
6	21 ม.ค. 57	16:25	-	-	0	-
6	21 ม.ค. 57	17:10	-	-	0	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง7 ผลการตรวจวัดจุดที่ 7

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
7	5 พ.ย. 56	09:00	76.46	48.3	-	-
7	5 พ.ย. 56	09:45	76.64	48.1	-	-
7	5 พ.ย. 56	10:30	77.18	48.3	-	-
7	5 พ.ย. 56	11:15	77.54	47.1	-	-
7	5 พ.ย. 56	12:00	-	-	-	-
7	5 พ.ย. 56	12:45	77.72	46.3	-	-
7	5 พ.ย. 56	13:30	78.8	46.1	-	-
7	5 พ.ย. 56	14:15	79.16	45.8	-	-
7	5 พ.ย. 56	15:00	-	-	-	-
7	5 พ.ย. 56	15:45	79.52	46.4	-	-
7	5 พ.ย. 56	16:30	79.7	46.3	-	-
7	5 พ.ย. 56	17:15	80.24	46.2	-	-
7	6 พ.ย. 56	09:00	78.08	48.3	-	-
7	6 พ.ย. 56	09:45	77.54	49	-	-
7	6 พ.ย. 56	10:30	77.9	51.4	-	-
7	6 พ.ย. 56	11:15	78.26	48.3	-	-
7	6 พ.ย. 56	12:00	-	-	-	-
7	6 พ.ย. 56	12:45	77.54	49.8	-	-
7	6 พ.ย. 56	13:30	80.06	46.8	-	-
7	6 พ.ย. 56	14:15	79.7	46.6	-	-
7	6 พ.ย. 56	15:00	-	-	-	-
7	6 พ.ย. 56	15:45	78.62	48.2	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง7 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{0}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
7	6 พ.ย. 56	16:30	77.36	45.4	-	-
7	6 พ.ย. 56	17:15	78.8	47.5	-	-
7	7 พ.ย. 56	09:00	77.72	50.9	-	-
7	7 พ.ย. 56	09:45	77	51.6	-	-
7	7 พ.ย. 56	10:30	77.54	53	-	-
7	7 พ.ย. 56	11:15	78.26	51.4	-	-
7	7 พ.ย. 56	12:00	-	-	-	-
7	7 พ.ย. 56	12:45	78.62	49.4	-	-
7	7 พ.ย. 56	13:30	79.16	49	-	-
7	7 พ.ย. 56	14:15	77.18	50	-	-
7	7 พ.ย. 56	15:00	-	-	-	-
7	7 พ.ย. 56	15:45	77.18	51.3	-	-
7	7 พ.ย. 56	16:30	77.9	50.8	-	-
7	7 พ.ย. 56	17:15	77.54	49.8	-	-
7	28 พ.ย. 56	09:00	-	-	-	1047
7	28 พ.ย. 56	09:45	-	-	-	1010
7	28 พ.ย. 56	10:30	-	-	-	980
7	28 พ.ย. 56	11:15	-	-	-	1009
7	28 พ.ย. 56	12:00	-	-	-	-
7	28 พ.ย. 56	12:45	-	-	-	952
7	28 พ.ย. 56	13:30	-	-	-	1011
7	28 พ.ย. 56	14:15	-	-	-	1079
7	28 พ.ย. 56	15:00	-	-	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง7 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{0}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
7	28 พ.ย. 56	15:45	-	-	-	1082
7	28 พ.ย. 56	16:30	-	-	-	1095
7	28 พ.ย. 56	17:15	-	-	-	1019
7	21 ม.ค. 57	09:00	-	-	0	-
7	21 ม.ค. 57	09:45	-	-	0	-
7	21 ม.ค. 57	10:30	-	-	0	-
7	21 ม.ค. 57	11:15	-	-	0	-
7	21 ม.ค. 57	12:00	-	-	-	-
7	21 ม.ค. 57	12:45	-	-	0	-
7	21 ม.ค. 57	13:30	-	-	0	-
7	21 ม.ค. 57	14:15	-	-	0	-
7	21 ม.ค. 57	15:00	-	-	-	-
7	21 ม.ค. 57	15:45	-	-	0	-
7	21 ม.ค. 57	16:30	-	-	0	-
7	21 ม.ค. 57	17:15	-	-	0	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง8 ผลการตรวจวัดจุดที่ 8

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
8	5 พ.ย. 56	09:05	76.28	48.5	-	-
8	5 พ.ย. 56	09:50	76.28	47.2	-	-
8	5 พ.ย. 56	10:35	77.18	47.8	-	-
8	5 พ.ย. 56	11:20	78.08	46.2	-	-
8	5 พ.ย. 56	12:05	-	-	-	-
8	5 พ.ย. 56	12:50	78.08	46.8	-	-
8	5 พ.ย. 56	13:35	78.8	46.1	-	-
8	5 พ.ย. 56	14:20	79.16	44.4	-	-
8	5 พ.ย. 56	15:05	-	-	-	-
8	5 พ.ย. 56	15:50	79.88	45.6	-	-
8	5 พ.ย. 56	16:35	79.88	45.9	-	-
8	5 พ.ย. 56	17:20	78.98	45.4	-	-
8	6 พ.ย. 56	09:05	77.36	47.9	-	-
8	6 พ.ย. 56	09:50	77.54	48.2	-	-
8	6 พ.ย. 56	10:35	77.72	50.1	-	-
8	6 พ.ย. 56	11:20	77.72	46.8	-	-
8	6 พ.ย. 56	12:05	-	-	-	-
8	6 พ.ย. 56	12:50	77	49.4	-	-
8	6 พ.ย. 56	13:35	78.44	46.7	-	-
8	6 พ.ย. 56	14:20	79.52	46.3	-	-
8	6 พ.ย. 56	15:05	-	-	-	-
8	6 พ.ย. 56	15:50	78.62	47.3	-	-
8	6 พ.ย. 56	16:35	78.44	46.3	-	-
8	6 พ.ย. 56	17:20	78.26	47	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง8 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
8	7 พ.ย. 56	09:05	78.26	51.6	-	-
8	7 พ.ย. 56	09:50	77	51	-	-
8	7 พ.ย. 56	10:35	77.36	51.3	-	-
8	7 พ.ย. 56	11:20	77.72	50.8	-	-
8	7 พ.ย. 56	12:05	-	-	-	-
8	7 พ.ย. 56	12:50	79.34	48.5	-	-
8	7 พ.ย. 56	13:35	79.52	48.9	-	-
8	7 พ.ย. 56	14:20	78.26	48.9	-	-
8	7 พ.ย. 56	15:05	-	-	-	-
8	7 พ.ย. 56	15:50	77.54	50.7	-	-
8	7 พ.ย. 56	16:35	79.34	46.9	-	-
8	7 พ.ย. 56	17:20	78.08	49.7	-	-
8	28 พ.ย. 56	09:05	-	-	-	973
8	28 พ.ย. 56	09:50	-	-	-	978
8	28 พ.ย. 56	10:35	-	-	-	910
8	28 พ.ย. 56	11:20	-	-	-	969
8	28 พ.ย. 56	12:05	-	-	-	-
8	28 พ.ย. 56	12:50	-	-	-	937
8	28 พ.ย. 56	13:35	-	-	-	1052
8	28 พ.ย. 56	14:20	-	-	-	1038
8	28 พ.ย. 56	15:05	-	-	-	-
8	28 พ.ย. 56	15:50	-	-	-	1058
8	28 พ.ย. 56	16:35	-	-	-	1115
8	28 พ.ย. 56	17:20	-	-	-	1065

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง8 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
8	21 ม.ค. 57	09:05	-	-	0	-
8	21 ม.ค. 57	09:50	-	-	0	-
8	21 ม.ค. 57	10:35	-	-	0	-
8	21 ม.ค. 57	11:20	-	-	0	-
8	21 ม.ค. 57	12:05	-	-	-	-
8	21 ม.ค. 57	12:50	-	-	0	-
8	21 ม.ค. 57	13:35	-	-	0	-
8	21 ม.ค. 57	14:20	-	-	0	-
8	21 ม.ค. 57	15:05	-	-	-	-
8	21 ม.ค. 57	15:50	-	-	0	-
8	21 ม.ค. 57	16:35	-	-	0	-
8	21 ม.ค. 57	17:20	-	-	0	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง9 ผลการตรวจวัดจุดที่ 9

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
9	5 พ.ย. 56	09:10	76.82	48.2	-	-
9	5 พ.ย. 56	09:55	77.72	47	-	-
9	5 พ.ย. 56	10:40	77.18	47.2	-	-
9	5 พ.ย. 56	11:25	77.9	47.3	-	-
9	5 พ.ย. 56	12:10	-	-	-	-
9	5 พ.ย. 56	12:55	77.54	45.3	-	-
9	5 พ.ย. 56	13:40	78.08	46.3	-	-
9	5 พ.ย. 56	14:25	78.26	45.4	-	-
9	5 พ.ย. 56	15:10	-	-	-	-
9	5 พ.ย. 56	15:55	79.16	44.9	-	-
9	5 พ.ย. 56	16:40	80.06	45.3	-	-
9	5 พ.ย. 56	17:25	79.52	45.8	-	-
9	6 พ.ย. 56	09:10	78.26	50.3	-	-
9	6 พ.ย. 56	09:55	78.44	48.9	-	-
9	6 พ.ย. 56	10:40	78.8	49.8	-	-
9	6 พ.ย. 56	11:25	78.08	49.1	-	-
9	6 พ.ย. 56	12:10	-	-	-	-
9	6 พ.ย. 56	12:55	77.9	53	-	-
9	6 พ.ย. 56	13:40	79.34	47.3	-	-
9	6 พ.ย. 56	14:25	80.6	46.9	-	-
9	6 พ.ย. 56	15:10	-	-	-	-
9	6 พ.ย. 56	15:55	79.7	48	-	-
9	6 พ.ย. 56	16:40	78.8	49	-	-
9	6 พ.ย. 56	17:25	78.8	47.2	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง9 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
9	7 พ.ย. 56	09:10	78.62	53.3	-	-
9	7 พ.ย. 56	09:55	77.36	54.1	-	-
9	7 พ.ย. 56	10:40	78.08	53.3	-	-
9	7 พ.ย. 56	11:25	78.62	51.8	-	-
9	7 พ.ย. 56	12:10	-	-	-	-
9	7 พ.ย. 56	12:55	79.52	48.5	-	-
9	7 พ.ย. 56	13:40	79.7	47.3	-	-
9	7 พ.ย. 56	14:25	78.62	48.2	-	-
9	7 พ.ย. 56	15:10	-	-	-	-
9	7 พ.ย. 56	15:55	77.36	49.4	-	-
9	7 พ.ย. 56	16:40	78.8	48.9	-	-
9	7 พ.ย. 56	17:25	77.72	48.8	-	-
9	28 พ.ย. 56	09:10	-	-	-	941
9	28 พ.ย. 56	09:55	-	-	-	932
9	28 พ.ย. 56	10:40	-	-	-	948
9	28 พ.ย. 56	11:25	-	-	-	991
9	28 พ.ย. 56	12:10	-	-	-	-
9	28 พ.ย. 56	12:55	-	-	-	972
9	28 พ.ย. 56	13:40	-	-	-	1041
9	28 พ.ย. 56	14:25	-	-	-	1026
9	28 พ.ย. 56	15:10	-	-	-	-
9	28 พ.ย. 56	15:55	-	-	-	1024
9	28 พ.ย. 56	16:40	-	-	-	1067
9	28 พ.ย. 56	17:25	-	-	-	1030

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง9 (ต่อ)

จุดที่	วันในการตรวจ	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (^{o}F)	ความชื้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณCo_2 (ppm)
9	21 ม.ค. 57	09:10	-	-	0	-
9	21 ม.ค. 57	09:55	-	-	0	-
9	21 ม.ค. 57	10:40	-	-	0	-
9	21 ม.ค. 57	11:25	-	-	0	-
9	21 ม.ค. 57	12:10	-	-	-	-
9	21 ม.ค. 57	12:55	-	-	0	-
9	21 ม.ค. 57	13:40	-	-	0	-
9	21 ม.ค. 57	14:25	-	-	0	-
9	21 ม.ค. 57	15:10	-	-	-	-
9	21 ม.ค. 57	15:55	-	-	0	-
9	21 ม.ค. 57	16:40	-	-	0	-
9	21 ม.ค. 57	17:25	-	-	0	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นางสาวสุวภา สอนพรหม

เกิดวันที่ 24 ธันวาคม 2530

สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดเลย

ประวัติการศึกษา วท.บ. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ตำแหน่งปัจจุบัน วิศวกรความปลอดภัย บริษัท โมเล็กซ์ (ประเทศไทย) จำกัด

สถานที่ทำงานปัจจุบัน บริษัท โมเล็กซ์ (ประเทศไทย) จำกัด

ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -

ทุนการศึกษาที่ได้รับ -

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์