การศึกษาเทคนิคการประหยัดพลังงานในอาคาร

Study Case Technique Energy Saving Of Building

นาย ชายชาญ บุญวัฒนะกุล

Mr. Chaichan Boonwathanakul

นาย ณัฐวุฒิ โสภณโพธิวัฒน์

Mr. Nattawut 'Soponpotiwat

วัน เดือน ปี 16 ก.ค. 2541

เลขทะเบียน 039005

เลขเรียกหนังสือ T 0226 ช 523 ก

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาค วิชาวิศวกรรมโยธา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039005

Study Case Technique Energy Saving Of Building

Mr. Chaichan Boonwathanakul

Mr. Nattawut Soponpotiwat

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาเทคนิคการประหยัดพลังงานในอาคาร
(Study Case Technique Energy Saving Of Building)

นักศึกษา นาย ชายชาญ บุญวัฒนะกุล รหัสประจำตัว 37014095
นาย ณัฐวุฒิ โสภณโพธิวัฒน์ รหัสประจำตัว 37014116

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ	
อาจารย์ ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์	
อาจารย์ เกษม อนันตกุล	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(นายอำนวย พานิชกุลพงษ์)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่ เดือน พ.ศ. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาและค้นคว้าโครงงานพิเศษในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีโดยได้รับความอนุเคราะห์และช่วยเหลือจากบุคคลหลายๆท่าน หน่วยงานหลายๆหน่วยงาน ผู้จัดทำจึงใคร่นำนามของท่านเหล่านั้นมาปรากฏไว้ในที่นี้ เพื่อเป็นการขอบคุณและระลึกถึง

1.อาจารย์ ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน และ
อาจารย์ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
-ให้คำปรึกษาและชี้แนะในการค้นคว้า

2.เจ้าหน้าที่ฝ่ายอาคารสถานที่ตึก 12 ชั้น
-ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการค้นคว้าข้อมูล

3.สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน
-ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและคำปรึกษา

4.ศูนย์วิจัยพลังงานจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
-ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล

5.คุณ พงค์พัฒน์ มั่งคั่ง หัวหน้าฝ่ายบริหารอนุรักษ์พลังงาน
-ให้คำปรึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ เทคนิคการประหยัดพลังงานในอาคาร
นักศึกษา นาย ชายชาญ บุญวัฒนะกุล
นาย ณัฐวุฒิ โสภณโพธิวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์
ระดับการศึกษา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมก่อสร้าง
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ. 2540

บทคัดย่อ

การประหยัดพลังงานในอาคารสามารถทำได้หลายแบบ เช่น ระบบการส่องสว่าง,ระบบปรับอากาศ,ระบบไฟฟ้าโดยรวม,ระบบลิฟต์ และ ระบบการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ซึ่งการจะเลือกใช้วิธีใดต้องขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของตัวอาคารและสภาวะแวดล้อมขณะนั้น

วิธีพื้นฐานในการปรับปรุงอาคารเพื่อให้ประหยัดพลังงานโดยระบบการส่องสว่างจะกล่าวถึงการคิดค่าความสว่างเฉลี่ยต่อพื้นที่ที่เหมาะสม,ระบบปรับอากาศจะกล่าวถึงขนาดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับขนาดห้อง,ระบบลิฟต์จะกล่าวถึงวิธีการใช้ลิฟต์ให้ประหยัดพลังงาน,ระบบการถ่ายเทความร้อนจะแสดงการคำนวณและออกแบบค่าOTTVและแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อลดค่าOTTVที่เป็นไปได้ และในส่วนระบบไฟฟ้าโดยรวมกล่าวถึงวิธีการลดค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ยด้วยวิธีการลดค่าไฟที่จุดPeak ซึ่งการประหยัดด้วยวิธีต่างๆข้างต้นบางวิธีต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นมากจึงไม่สามารถปฏิบัติได้จริง ดังนั้นจึงต้องพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสมและสามารถทำได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Study Case Technique Energy Saving Building
Student	Mr. Chaichan Boonwathanakul
	Mr. Nattawut Soponpotiwat
Project Advisor	Mr. Sakchai Sakanupong
Level of Study	Bachelor's degree of Construction Engineering
Department	Civil Engineering
	King Mongkut 's Institute of Technology Ladkabang
Year	1997

Abstract

Energy saving in building have many methods , for Example : illumination system Air condition system , Total Power system , elevator system and OTTV. The most appropriate method base on sort of buildings and their environment

This Special project present basic method of energy saving for building improvement. Illumination system estimates illumination per area , standardization and implementation for under standardization , lighting system and daylight. Air condition system mentions situation power of the air condition with space area. Elevator System mentions how to save electronic energy. OTTV gives some examples of calculation, possibility of renovation building practice. Electronic system mentions method of economic use. Method of energy savings may have more cost , some is not available practice whereas some is cost effectiveness

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (1)

เรื่อง	หน้า
หน้าอนุมัติ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำโครงงานพิเศษ	1
1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	1
1.4 วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงงานพิเศษ	1
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 หลักการเบื้องต้นเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน	3
2.1 วัสดุเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน	3
2.1.1. คุณสมบัติของผนังหรือเปลือกอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน	3
2.1.2. อิทธิพลของการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมแสดงการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจต่อการเลือกใช้วัสดุ	4
2.1.3. การเลือกระบบผนังทึบแสง	6
2.1.4. ความสัมพันธ์ของการประหยัดพลังงานกับผนังโปร่งแสง	7
2.1.5. ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติและการใช้ฟิล์มตัดแสงกับการประหยัดพลังงาน	9
2.1.6. อิทธิพลของมวลสารต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (2)

เรื่อง	หน้า
2.2 ฉนวนความร้อน	10
2.2.1. การจำแนกฉนวน	10
2.2.2. ลักษณะของฉนวน	14
2.2.3. การถ่ายเทความร้อน	14
2.2.4.การเลือกฉนวน	17
2.2.5. ความหนาที่เหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์	17
2.3 การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าในมีประสิทธิภาพสูงขึ้น	18
2.3.1. การวิเคราะห์ค่าไฟฟ้า	19
2.3.2. ตัวอย่างวิเคราะห์ค่าไฟฟ้า	22
2.3.3. แนวทางการลดค่าไฟฟ้า	20
2.3.4. การวัดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด	23
2.3.5. การลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด	25
2.3.6. ขั้นตอนการดำเนินการ	25
2.3.7. การหาข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายวัน	26
2.3.8. การหาข้อมูลการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า	27
2.3.9. วิธีการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด	28
2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพของการให้แสง	33
2.4.1. การทำความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ที่จะใช้แสงสว่าง	33
2.4.2. การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า แสงสว่างต่าง ๆ	33
2.4.3. หลักการให้แสงสว่างอย่างเหมาะสมสำหรับงานแต่ละประเภท	43
2.4.4. การใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างอย่างเหมาะสม เพื่อการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย	48
2.4.5. การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	49
2.4.6. การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (3)

เรื่อง	หน้า
2.5 การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศสำหรับอาคาร	60
2.5.1. ระบบปรับอากาศ	60
2.5.2. ระบบระบายอากาศ	73
บทที่ 3 แนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้า	76
3.1 การส่องสว่างด้วยไฟฟ้า	76
3.1.1. หลักการทั่วไปในการส่องสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ	76
3.1.2. การใช้แสงสว่างธรรมชาติในการส่องสว่าง	78
3.1.3. ของเขตของข้อกำหนดในการให้แสงสว่าง	78
3.1.4. เกณฑ์ขั้นสูงของค่ากำลังไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่าง	80
3.1.5. เกณฑ์ขั้นต่ำขั้นสูงของค่ากำลังไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร	80
3.1.6. การควบคุมไฟฟ้าแสงสว่าง	82
3.2 การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านอาคาร	85
3.2.1. รูปร่างลักษณะของอาคารและกรอบหรือเปลือกนอกของอาคาร	85
3.2.2. อาคารที่มีการปรับอากาศเชิงกล	85
3.2.3. อาคารหรือส่วนของอาคารที่ไม่ปรับอากาศ	94
3.3 ระบบปรับอากาศ	95
3.3.1. ภาระการปรับอากาศ	95
3.3.2. การควบคุม	100
3.3.3. การควบคุมนอกเวลาทำการ	100
3.3.4. การหุ้มฉนวนระบบจ่ายลม	101
3.3.5. อุปกรณ์ปรับอากาศ	103
3.3.6. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ	104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
3.4 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน	106
3.4.1. คำนิยาม	106
3.4.2. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ	106
3.4.3. ความต้านทานความร้อนรวม	107
3.4.4. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม	114
3.5 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์	115
3.5.1. ความสัมพันธ์เบื้องต้นเชิงเรขาคณิต	115
3.5.2. สัมประสิทธิการบังแดด	119
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานด้านต่าง ๆ	135
4.1 วิเคราะห์ผลเนื่องจากการถ่ายเทความร้อน	135
4.1.1. กระประเมินค่าพลังงานที่ลดลงเนื่องจากผลของการลดค่า OTTV	135
4.1.2. การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคุ้มทุน	136
4.2 อุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร 12 ชั้น	136
4.3 การแสดงข้อมูลที่บันทึกได้จากเครื่องวัดสำหรับระบบไฟฟ้ารวม	137
4.4 การใช้งานลักซ์มิเตอร์และการหาค่าความสว่างเฉลี่ย	140
4.4.1. การเปรียบเทียบค่าความสว่างที่วัดได้เทียบกับค่ามาตราฐาน	141
4.4.2. แนวทางในการแก้ไขเมื่อค่าความสว่างของพื้นที่นั้นไม่เพียงพอ	142
4.4.3. ราคากลางแผ่นสะท้อนแสง	143
4.4.4. การประหยัดพลังงานในส่วนของหลอดฟลูออเรสเซนต์	144
4.4.5. การประหยัดพลังงานในส่วนของบัลลาสต์	145
4.4.6. การประหยัดพลังงานในรูปแบบของระบบไฟที่ปรับหรี่แสงได้	146
4.5 วิเคราะห์ระบบลิฟต์	147
4.5.1. แนวความคิดในการประหยัดพลังงานลิฟต์ของอาคาร 12 ชั้น	147
4.6 สรุปผลรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศ	148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล	150
5.1 สรุปผลเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานโดยวิธี OTTV	150
5.2 สรุปผลเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานระบบไฟฟ้ารวม	150
5.3 สรุปผลเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานระบบแสงสว่าง	151
5.4 สรุปผลเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศ	152
5.5 สรุปข้อเสนอแนะในการประหยัดพลังงานตึก 12 ชั้น	153
ภาคผนวก	155
- ผลการคำนวณค่าต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบในการหาค่า OTTV	155
- Load Curve วันต่าง ๆ ภายในรอบ 1 สัปดาห์	186
- รูปประกอบการแสดงค่าความสว่างของแต่ละชั้น ภายในอาคาร 12 ชั้น	194
- ขนาดของเครื่องปรับอากาศภายในห้องต่าง ๆ ในตึก 12 ชั้น กับขนาดที่เหมาะสมที่ควรใช้	241
- ราคากลางเครื่องปรับอากาศ	246
บรรณานุกรม	154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (1)

หน้า

บทที่ 2 หลักการเบื้องต้นเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน

ภาพที่ 1 ภาพแผ่นฉนวนกันความร้อน แบบที่ 1 11

ภาพที่ 2 ภาพแผ่นฉนวนกันความร้อน แบบที่ 2 11

ภาพที่ 3 ค่าการนำความร้อนของวัสดุทนไฟ 12

ภาพที่ 4 เปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของวัสดุทนไฟ 2 ชนิด 12

ภาพที่ 5 ค่าการนำความร้อนของความหนาแน่นฉนวน ใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ 13

ภาพที่ 6 การหาความหนาแน่นที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ของฉนวน 13

ภาพที่ 7 ข้อมูลจำเพาะของฉนวนบางที่นิยมใช้กัน เป็นฉนวนสำหรับท่อน้ำเย็น ท่อน้ำยา หุ้มเครื่องจักรเย็นต่าง ๆ 15

ภาพที่ 8 ตารางแสดงค่าความหนาที่แนะนำสำหรับฉนวนบาง 15

ภาพที่ 9 ข้อมูลจำเพาะของฉนวนใยแก้วที่นิยมใช้กัน 16

ภาพที่ 10 ความหนาของฉนวนที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ 16

ภาพที่ 11 รูปการแบ่งช่วงเวลาของวันในการคิดค่าความต้องการไฟฟ้าตามอัตรา TOD 21

ภาพที่ 12 ตารางแสงการคิดค่าไฟของผู้ใช้ประเภทต่าง ๆ 22

ภาพที่ 13 แสดงตัวอย่างการวัดค่าความต้องการใน 5 ช่วงเวลา 24

ภาพที่ 14 การวัดข้อมูลอย่างละเอียดของปั๊มน้ำ 29

ภาพที่ 15 การวัดข้อมูลการใช้ไฟฟ้าแยกตามวงจรสายป้อนและผลรวม 29

ภาพที่ 16 กราฟแสดงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดรายวัน 30

ภาพที่ 17 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายวัน 30

ภาพที่ 18 ลักษณะการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง 31

ภาพที่ 19 Single line diagram , ลักษณะการใช้ไฟฟ้าหลังปรับปรุง 32

ภาพที่ 20 ตาราง Example of a table of recommended illuminances 34-37

ภาพที่ 21 ตารางค่าแฟคเตอร์การสะอนแสงที่แนะนำให้ใช้ 38

ภาพที่ 22 ตารางประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ 40

ภาพที่ 23 ตารางอายุการใช้งานของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (2)

หน้า

ภาพที่ 24 ตารางระยะเวลาการอุ่นหลอดแบะระยะเวลาจุดซ้ำของหลอดไฟไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ (เป็นนาที) 41

ภาพที่ 25 ตารางคุณสมบัติของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ บางชนิด 44-46

ภาพที่ 26 กำลังงานสูญเสียของบัลลาสต์หลอด HID ขนาดต่าง ๆ 47

ภาพที่ 27 ผลดีจองการให้แสงสว่างที่ดี 50

ภาพที่ 28 อุปกรณ์ควบคุมแสงสว่าง การใช้ประโยชน์และกลยุทธ 51-52

ภาพที่ 29 ผลของแฟคเตอร์การสะท้อนแสงที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟแสงสว่างประเภทต่าง ๆ 56

ภาพที่ 30 เส้นโค้งแสดงปริมาณแสงลดลงตามเวลาใช้งานของโคมไฟทั้ง 6 ประเภท ภายใต้สภาวะสกปรกต่าง ๆ กัน 57

ภาพที่ 31 แสดงให้เห็นถึงการลดลงของแสงสว่างเนื่องจากแฟ่คเตอร์ต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่กำหนดให้ 58

ภาพที่ 31 Average Electrical power requirement 66

ภาพที่ 32 มาตราฐานการใช้พลังงานต่อปริมาณความเย็นที่ทำได้ของเครื่องแบบต่าง ๆ 67

ภาพที่ 33 Recommended Cooling Season Temperature and Humidity Level 68

ภาพที่ 34 National Primary Ambient Air Quality Standards for Outdoor Air 69

ภาพที่ 35 Outdoor Air Requirements for ventilation of Commercial Facilities 69

ภาพที่ 36 Outdoor Air Requirements for ventilation of Sustilutional Facilities 70-72

บทที่ 3 แนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

ภาพที่ 1 ตารางระดับความส่องสว่างสำหรับงานต่าง ๆ 76

ภาพที่ 2 ตารางค่าสัมประสิทธิแสงหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (3)

หน้า

ภาพที่ 3 ตารางเกณฑ์ขั้นสูงของค่ากำลังไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างในอาคาร 80
ภาพที่ 4 ตารางข้อหนดค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับภายนอกอาคาร 81
ภาพที่ 5 ตารางข้อกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับถนน / บริเวณ 82
ภาพที่ 6 ตารางการเทียบลดจำนวนจุดควบคุมที่ยอมให้สำหรับอุปกรณ์ควบคุมแต่ละชนิด 84
ภาพที่ 7 ตารางค่าสูงสุดที่ยอมได้สำหรับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ 87
ภาพที่ 9 ตารางแสดงรายการวัสดุและสีทาผนังแยกตามระดับค่าของสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 88
ภาพที่ 10 ตารางค่าตัวประกอบปรับแก้ 89
ภาพที่ 11 ตารางค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของหลังคา 91
ภาพที่ 12 ตารางค่าตัวประกอบปรับแก้ 92
ภาพที่ 13 ค่าสูงสุดที่ยอมให้สำหรับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ 94
ภาพที่ 14 ค่าสูงสุดที่ยอมให้สำหรับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา 94
ภาพที่ 15 ตารางแสดงปริมาณอากาศภายนอกที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการระบายอากาศ 96-99
ภาพที่ 16 ตารางค่าความหนาต่ำสุดของฉนวนที่หุ้มท่อน้ำเย็น 102
ภาพที่ 17 ตารางภาวะมาตราฐานในการกำหนดขีดความสามารถของอุปกรณ์ 103
ภาพที่ 18 ตารางมาตราฐานการใช้พลังงานต่อปริมาณความเย็นที่ทำได้ของเครื่องแบบต่าง ๆ 104
ภาพที่ 19 รูปแสดงค่าการรวมสัมประสิทธิ์ของผนังชนิดต่าง ๆ 107
ภาพที่ 20 รูปแสดงค่าการรวมสัมประสิทธิ์ของผนังชนิดต่าง ๆ ที่มีช่องอากาศ 108
ภาพที่ 21 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ 109-110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (4)

หน้า

ภาพที่ 22 ตารางแสดงค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังหลังคา 111

ภาพที่ 23 ตารางแสดงค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังหลังคาที่มีช่องว่างอากาศ 113

ภาพที่ 24 รูปแสดงลักษณะของทิศทางของแสงอาทิตย์ 115

ภาพที่ 25 รูปแสดงลักษณะของอุปกรณ์บังแดดใน รูปที่ 2 116

ภาพที่ 26 รูปแสดงลักษณะของอุปกรณ์บังแดดใน รูปที่ 3 116

ภาพที่ 27 รูปแสดงลักษณะของอุปกรณ์บังแดดใน รูปที่ 4 117

ภาพที่ 28 รูปแสดงลักษณะของอุปกรณ์บังแดดใน รูปที่ 5 118

ภาพที่ 29 รูปแสดงลักษณะของอุปกรณ์บังแดดใน รูปที่ 6 118

ภาพที่ 30 รูปแสดงลักษณะของอุปกรณ์บังแดดใน รูปที่ 7 120

ภาพที่ 31 รูปแสดงลักษณะของทิศทางของแสงอาทิตย์ที่ทำกับอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ รูปที่ 8 121

ภาพที่ 32 รูปแสดงลักษณะของทิศทางของแสงอาทิตย์ที่ทำกับอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ รูปที่ 9 122

ภาพที่ 33 รูปแสดงลักษณะของทิศทางของแสงอาทิตย์ที่ทำกับอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ รูปที่ 10 122

ภาพที่ 34 รูปแสดงลักษณะของทิศทางของแสงอาทิตย์ที่ทำกับอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ รูปที่ 11 123

ภาพที่ 35 รูปแสดงลักษณะของทิศทางของแสงอาทิตย์ที่ทำกับอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ รูปที่ 12 124

ภาพที่ 36 ตารางข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หน้าไปทางทิศเหนือ 126

ภาพที่ 37 ตารางข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ 127

ภาพที่ 38 ตารางข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หน้าไปทางทิศตะวันออก 128

ภาพที่ 39 ตารางข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ 129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

ภาพที่40 ตารางข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หน้าไปทางทิศใต้ 130
ภาพที่ 41 ตารางข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หน้าไปทางทิศตะวันตก เฉียงใต้ 131
ภาพที่ 42 ตารางข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หน้าไปทางทิศตะวันตก 132
ภาพที่ 43 ตารางข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หน้าไปทางทิศตะวันตก เฉียงเหนือ 133

บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานด้านต่าง ๆ

ภาพที่ 1 ตารางแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของตึก 12 ชั้น 136
ภาพที่ 2 ตารางแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละประเภทในแต่ละวัน 137
ภาพที่ 3 แบบฟอร์มการใช้สำรวจค่าความสว่าง 141
ภาพที่ 4 ตารางสรุปจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคาร 12 ชั้น 143
ภาพที่ 5 ตารางแสดงขนาดกำลังไฟฟ้าการส่องสว่างระหว่างหลอดแบบธรรมดากับหลอดแบบประหยัดพลังงาน 144

ภาคผนวก

ภาพที่ 1 ภาพแสดง Load Curve รายวัน ตั้งแต่วันจันทร์ - วันอาทิตย์ 186
ภาพที่ 2 ภาพแสดงค่าความสว่างของแต่ละพื้นที่ในอาคาร 194

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากภาวะปัจจุบันประเทศไทยได้มีการเจริญเติบโตและพัฒนาไปอย่างมากในหลาย ๆ ด้าน ทำให้มีการมีใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นเพื่อในการตอบสนองกับการพัฒนาดังกล่าว ซึ่งเป็นเหตุให้จำเป็นต้องมีการหาแนวทางในการประหยัดพลังงานหรือใช้พลังงานดังกล่าวให้คุ้มค่ามากที่สุด เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งที่สามารถถูกใช้หมดไปได้ ประกอบกับปัญหาด้านเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นภายในประเทศ จึงได้มีการรณรงค์ให้มีการอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์มากที่สุดขึ้น

เพื่อให้สอดคล้องกับเหตุการณ์ดังกล่าวจึงได้มีการศึกษาเทคนิคในการประหยัดพลังงานแบบต่างๆ โดยเน้นไปที่ อาคารและโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีจำนวนมากในประเทศไทย

1.2. วัตถุประสงค์ในการทำโครงงานพิเศษ

เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงได้ทำการศึกษาหาแนวทางในการประหยัดพลังงาน และพยายามใช้พลังงานเหล่านั้นให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยสามารถนำข้อมูลทั้งทางทฤษฎีและการทดสอบวัดค่า ไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน ทั้งในด้านที่เกี่ยวกับแสงสว่าง เครื่องปรับอากาศ รวมถึงการถ่ายเทความร้อนของระบบภายในอาคาร

1.3. ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

จะทำการศึกษาแนวทางในการประหยัดพลังงานในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านเกี่ยวกับแสงสว่าง เครื่องปรับอากาศ การถ่ายเทความร้อนของระบบภายในอาคาร และหาแนวทางในการปรับปรุงอาคาร 12 ชั้น ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงใช้งานกับอาคาร 12 ชั้นได้จริง โดยที่ไม่สิ้นเปลืองมากนัก และสามารถเป็นจริงได้ในทางปฏิบัติ

1.4. วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงงานพิเศษ

1. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการประหยัดพลังงานในอาคาร
2. ศึกษาแนวคิดในการออกแบบ
3. ศึกษาแนวทางในการปรับปรุงอาคารที่สามารถเป็นไปได้จริง รวมถึงความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5. **ผลที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ได้ทำการศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและเทคนิคการประหยัดพลังงานในอาคารในด้านต่าง ๆ
2. ทำการศึกษาเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจทำการศึกษาต่อได้
3. ได้ทำการทดสอบและออกแบบคร่าว ๆ เกี่ยวกับการปรับปรุงอาคารเพื่อให้ประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการเบื้องต้นเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน

2.1. วัสดุเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน

ในก่อสร้างอาคารเท่าที่เป็นมาในอดีตกาลนั้น วัสดุที่นำมาใช้ค่อนข้างจะจำกัดงานจำนวนมากจึงก่อสร้างด้วยวัสดุที่เคยใช้กันมาในอดีตกาล เช่น การใช้คอนกรีตเสริมเหล็กเป็นโครงสร้างและผนังเป็นระบบก่ออิฐฉาบปูนเป็นส่วนใหญ่ แต่ในยุคปัจจุบันนั้น Technology ในการก่อสร้างเจริญไปมากทำให้การเลือกใช้วัสดุมีข้อจำกัดน้อยลง กล่าวคือมีทั้งของเก่า ที่มีความคุ้นเคยมานานและวัสดุใหม่ ๆ ที่ถูกสั่งเข้ามาใช้จากทุกแห่งในโลก ความหลากหลายในการเลือกใช้วัสดุจึงเป็นไปอย่างค่อนข้างมีอิสระจนทำให้ได้รูปแบบที่แปลกใหม่จนบ่อยครั้งสถาปนิกลืมนึกไปว่าเขากำลังสร้างสรรงานสถาปัตยกรรมให้กับเมืองไทยเราซึ่ง เป็นเมืองในเขตร้อนชื้นที่มีอิทธิพลของแสงแดดความชื้นและความร้อนจากภายนอกที่ผิดแผกแตกต่างไปจากที่เคยเห็นมาในต่างประเทศ วัสดุที่นำมาใช้นั้นบ่อยครั้งที่ไม่มีความเหมาะสมกับประเทศของเราเลย แต่ครั้นจะนำเอาวัสดุเก่า ๆ มาใช้ก็อาจไม่เหมาะสมเช่นกัน ด้วยเหตุผลที่ว่าอาจด้วยทางด้านคุณภาพหรือมีข้อจำกัดที่ไม่ทันต่อเศรษฐกิจของโลกในปัจจุบัน บทความนี้ได้แสดงข้อคิดในเชิงเปรียบเทียบของวัสดุเก่าและใหม่ที่ใช้ทำผนังหรือเปลือกอาคารโดยอาศัยข้อมูลและความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องช่วยวิเคราะห์และตัดสินใจในเรื่องเกี่ยวกับ การประหยัดพลังงานและ คุณสมบัติด้านอื่นที่เกี่ยวข้อง

2.1.1. คุณสมบัติของผนังหรือเปลือกอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้นและมีฝนตกชุกโดยที่จะมีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดปี ปัญหาใหญ่อย่างหนึ่งของการออกแบบอาคาร คือ การลดปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร (Cooling Load) จากการศึกษาพบว่า การที่จะนำเอาความเย็นตอนช่วงกลางคืนมาใช้กับกลางวันโดยอาศัยการหน่วงเวลา (Time Lag) ของวัสดุนั้นทำได้ยากมากเพราะความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันกับกลางคืนไม่มากพอ การลดปริมาณความร้อนเท่าที่เทคโนโลยีในยุคปัจจุบันจะเอื้ออำนวยจึงเป็นการควบคุมความร้อนให้เข้ามาในอาคารให้น้อยที่สุดเป็นหลัก อย่างไรก็ตามถ้าจะมองภาพรวมของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำผนังภายนอกอาคารควรที่จะมีลักษณะดังต่อไปนี้

คุณสมบัติทางด้านประหยัดพลังงานและการกันความชื้น

- มีความสามารถในการกันความร้อนได้ดี (มีค่า R-Value สูง)
- มีสะสมความร้อนหรือมีความจุความร้อน (Thermal Capacity)ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีความทนทานต่อการขยายตัวและหดตัวได้ดีเพื่อลดปัญหาการแตกร้าวในกรณีที่ใช้กับภายนอก
- ไม่ดูดหรืออมความชื้น
- กันน้ำได้ดี

คุณสมบัติในการก่อสร้างและระบบเศรษฐกิจ

- มีน้ำหนักเบา
- มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง
- มีความสามารถต้านทานแรงลมและการสั้นสะเทือน
- หาง่าย
- ทำงานง่าย
- ราคาประหยัด
- ค่าบำรุงรักษาต่ำและมีความทนทานสูง

คุณสมบัติทางด้านเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม

- ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม
- มีความสวยงามและทนทาน
- มีอัตราการกันไฟสูงหรือไม่ติดไฟ
- ความสามารถในการกันเสียงดี

อย่างไรก็ตามการเลือกวัสดุมาใช้ในอาคารจะต้องมีคุณสมบัติดังกล่าวค่อนข้างครบถ้วนเป็นที่ยอมรับโดยคนส่วนใหญ่ แต่การที่จะแสวงหาวัสดุที่มีคุณสมบัติครบถ้วนทุกประการย่อมเป็นไปได้ยาก สำหรับประเทศไทยเราการใช้ผนังอิฐฉาบปูนได้ถูกยึดถือเป็นระบบที่ยอมรับกันมานานทั้งๆ ที่มีคุณสมบัติหลายอย่างที่ด้อยกว่าวัสดุใหม่ๆ ที่มีความเหมาะสมกับสภาวะต่างๆในเมืองไทย และเนื่องจากสภาพแวดล้อมของเมืองไทยมีความเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เราไม่สามารถจะใช้วัสดุอย่างเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกต่อไป แรงผลักดันต่างๆ เหล่านี้ทำให้ต้องแสวงหาวัสดุที่มีความเหมาะสมมากกว่า

2.1.2. อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมแสดงการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจต่อการเลือกใช้วัสดุ

ในสมัยโบราณประเทศไทยอุดมสมบูรณ์ไปด้วยป่าไม้และพืชพันธุ์ธรรมชาติต่างๆกับทั้งความหนาแน่นของประชากรค่อนข้างต่ำ บ้านเรือนหรือที่อยู่อาศัยก็ไม่ค่อยแออัดอย่างเช่นที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน สภาพแวดล้อมในอดีตเอื้ออำนวยให้อาคารทั้งส่วนผนังดันและหน้าต่างได้เป็นอย่างตาม (โปรดดูรูป 1A) เนื่องจากผนังถูกแดดน้อยกับทั้งอาจมีต้นไม้บดบังแสงแดดให้กับอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพแวดล้อมในยุคก่อนจึงมีความร่มรื่นกว่าปัจจุบันมาก วัสดุที่ใช้ทำผนังอาคารจึงไม่มีปัญหาอย่างในปัจจุบัน เพราะการมีระบบการกันแสงแดดที่ดีเยี่ยมจึงทำให้ผนังเกือบทุกด้านของอาคารไม่ประสบปัญหาการถูกแดดเผาตลอดวัน ความร้อนที่ผนังได้รับก็เป็นเพียงรังสีสะท้อน (Diffuse Radiation) มีปริมาณความร้อนประมาณ 10-15 % ของแสงแดดปกติเท่านั้น

เมื่อความหนาแน่นของที่อยู่อาศัยและอาคารมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นยุคปัจจุบันเนื้อที่ใช้ปลูกสร้างอาคารก็มีน้อยลงอย่างเช่นที่ดินในหมู่บ้านจัดสรรทั่วไป การที่จะสร้างอาคารให้มีส่วนยื่นออกมากันแดดแบบโบราณก็อาจทำไม่ได้ในทางปฏิบัติเพราะที่ดินคับแคบ อีกประการหนึ่งเมื่อสภาพเศรษฐกิจบังคับการทำหลังคาที่มีส่วนยื่นออกมามากๆ แบบสมัยก่อนก็เป็นการลงทุนที่สูงเพราะเนื้อที่หลังคาส่วนที่ยื่นบางครั้งมีขนาดมากเท่ากับส่วนพื้นที่ใช้สอยของอาคาร (เปรียบเทียบรูป 1AA กับ1 BB) เนื่องจากความจำเป็นดังกล่าวบังคับ หลังคาบ้านในยุคหลังจึงมีแนวโน้มที่จะออกมาค่อนข้างสั้นมากดังที่เห็นในรูป 1B เมื่อเป็นเช่นนี้ผิวอาคารจึงได้รับแสงแดดตลอดวันเป็นผลให้ภายในอาคารร้อนมาก โดยเหตุที่ผนังอาคารเป็นตัวดูดซับความร้อนเอาไว้แล้วปล่อยให้ภายในอาคารในเวลาต่อมา น่าจะถึงเวลาแล้ว ที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงวัสดุก่อสร้างอาคารจากที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยหันมาใช้วัสดุอื่นที่มีการกันความร้อนดีกว่าระบบก่ออิฐฉาบปูน หรือมิฉะนั้นก็ปรับปรุงผนังก่ออิฐฉาบปูนแบบเดิมให้มีค่าสัมประสิทธินำกันความร้อนที่ดีกว่านี้

ในสภาพปัจจุบัน เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มมาเป็นการสร้างอาคารสูงกลายเป็นเรื่องจำเป็นสำหรับระบบเศรษฐกิจของเมืองใหญ่ๆ และเมื่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นเช่นนี้ การสร้างอาคารสูงจึงมุ่งหวังที่จะใช้เนื้อที่ภายในอาคารให้มากที่สุดโดยปราศจากส่วนยื่นของอาคารหรือหลังคาที่เลยออกไปนอกขอบเขตผนังส่วนนอกของอาคาร (ดูรูป 1C และ 1CC) ส่วนรับแดดจัดส่วนใหญ่ของอาคารจึงกลายเป็นผนังอาคารโดยรอบ

อย่างไรก็ตามยังมีอาคารสูงจำนวนไม่น้อย ที่ผนังทึบของอาคารยังคงก่อสร้างด้วยระบบก่ออิฐฉาบปูน (หรือผนัง Precast Concrete ซึ่งมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนคล้ายคลึงกับผนังก่ออิฐฉาบปูน) ผนังโปร่งแสงนิยมใช้ผนังกระจก ซึ่งส่วนมากออกมาในรูปของ Curtain Wall เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งผนังเหล่านี้ได้กลายเป็นองค์ประกอบสำคัญของการใช้พลังงานในอาคารเนื่องจากผนังกระจกเหล่านี้ยอมให้ความร้อนผ่านเข้ามาในความร้อนผ่านเข้ามาในอาคารได้ยากจนเกิดความสิ้นเปลืองที่เกินความจำเป็นทั้งๆที่ทางเลือกใช้วัสดุและการออกแบบที่เหมาะสมสามารถกระทำได้โดยไม่มีผลกระทบในส่วนงบประมาณของการลงทุน (หรือมีผลกระทบที่คุ้มค่าการลงทุน) หากคณะผู้ออกแบบหันมาให้ความสำคัญในเรื่องเหล่านี้มากขึ้น

ตัวแปรที่สำคัญที่มีบทบาทต่อขบวนการออกแบบก็คือ ค่าใช้จ่ายในการใช้พลังภายในอาคาร ที่นับวันจะมีบทบาทมากขึ้น ต่อการตัดสินใจในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุ ความผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาดในเรื่องนี้อาจหมายถึงความอยู่รอดของเจ้าของอาคาร หรือการเปลี่ยนระบบผนังของอาคารทั้งหมด ซึ่งมีตัวอย่างให้เห็นแล้วในหลายประเทศ

2.1.3. **การเลือกระบบผนังทึบแสง** (Opapue Envelope)

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะเห็นว่า ในอาคารสูงนั้นผนังอาคารเป็นส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดและความร้อนจากอากาศภายนอกอาคารมากที่สุด การป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารจากปัจจัยดังกล่าวนั้น ในเทคโนโลยียุคปัจจุบัน เป็นที่ยอมรับกันว่าการใช้ผนังทึบแสงสามารถกันความร้อนได้ดีกว่าระบบผนังโปร่งแสง แต่ทั้งนี้ **มิได้หมายความว่า** ควรเลือกผนังทึบแสงแทนผนังโปร่งแสงซึ่งกันความร้อนได้ดีกว่า

การเลือกวัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานควรคำนึงถึงความผสมผสานของวัสดุชนิดต่าง ๆ ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของผนังทึบแสงแม้จะกันความร้อนได้ดีกว่าผนังโปร่งแสงก็ตาม แต่ก็เป็นไปไม่ได้ที่จะป้องกันความร้อนไม่ให้เข้ามาในอาคารเลย จึงมีแต่ภาระการทำความเย็นที่จะเกิดขึ้นในอาคารหากใช้แต่ผนังทึบแสง ตรงกันข้ามผนังโปร่งแสงสามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารนั้น ได้รับการออกแบบที่เหมาะสมไปพร้อมๆ กับ การเลือกวัสดุที่ถูกต้องแล้ว ผนังโปร่งใสจะมีส่วนช่วยลดพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนของพลังงานที่ใช้ในอาคาร ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนของพลังงานที่ใช้ในอาคารลดลง

ด้วยเหตุนี้การเลือกใช้ระบบจึงควรพิจารณาใช้ในที่ระบบผนังโปร่งแสงไม่เอื้ออำนวย เช่น ส่วนที่ปกปิดโครงสร้างหรือส่วนของผนังที่อยู่ต่ำกว่า Working Plane ซึ่ง ยากที่จะหาประโยชน์จากธรรมชาติ

ผนังทึบแสงเมื่อพิจารณาในด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารแล้วอาจพิจารณาได้ จากสูตรการคำนวณดังนี้

Q = U * A * CLTD

Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร (BTU/HR)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (BTU/HR.SF.F)

A = พื้นที่ที่ความร้อนถ่ายเท (Square Foot)

CLTD = Cooling Load Temperature Difference (F)

เมื่อพิจารณาจากสูตรการคำนวณดังกล่าวจะเห็นว่า การที่จะลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร อาจทำได้โดยการหาทางลดค่าต่าง ๆ ของตัวคูณควบในสมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดค่า "U" อาจทำได้โดยการใช้วัสดุที่มีค่าการกันความร้อนที่ดี เช่น ฉนวนต่าง ๆ หรืออีกนัยหนึ่งคือการเพิ่มค่า Resistance ให้กับระบบผนังที่ใช้ (ในเมื่อ Uคือส่วนกลับของค่า Resistance (R)) การเพิ่มค่า R จะเป็นการลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนให้กับระบบผนัง

การลดค่า A หรือพื้นที่การถ่ายเทความร้อนอาจทำโดยการออกแบบให้มีพื้นที่ผนังน้อยที่สุด โดยอาจให้รูปแบบอาคารที่เรียบง่ายไม่หยักเข้าออกจนเกินความจำเป็น เพราะการทำเช่นนั้นจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวอาคาร โดยที่ความร้อนจะผ่านเข้าออกโดยที่เนื้อที่ให้สอยไม่ได้เพิ่มขึ้น

การลดค่า CLTD หรืออีกนัยหนึ่งค่าความแตกต่างความร้อนกระหว่างภายนอกกับภายในอาคารที่ผสมผสานอิทธิพลของแสงแดด การถ่ายเทความร้อนจากผิวภายนอก และอิทธิพลจากมวลสารของผนังเข้าด้วยกัน ด้วยเหตุนี้ ค่าของ CLTD จะใกล้เคียงกับค่า Delta T (ความแตกต่างความร้อนระหว่างภายนอกกับภายใน) มากที่สุดเมื่อผยังไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดและเวลานั้นเป็นช่วงเวลาที่อิทธิพลจากมวลสารผนังมีผลน้อยที่สุด นั่นก็คือ ช่วงก่อนพระอาทิตย์ขึ้นของวันรุ่งขึ้น การลดค่าของ CLTD จึงอาจทำได้โดย การเพิ่มมวลสารของผนัง การลดค่าการดูดกลืนความร้อนของผนัง (Solar Absorption) และทำให้ผนังภายนอกสูญเสียความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมมากที่สุด เช่นการทำให้ผิวภายนอกขรุขระหรือใช้ผนังที่มีสัมประสิทธิการกระจายความร้อน (Emissivity) มากที่สุดโดยที่ค่า Solar Absorption ยังต่ำอยู่

2.1.4. ความสัมพันธ์ของการประหยัดพลังงานกับผนังโปร่งแสง

ผนังโปร่งแสงของอาคารหรือ Fenestration เป็นส่วนที่มีความสำคัญที่สุดต่อการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน ผนังโปร่งแสงเป็นส่วนที่ความร้อนจากแสงแดดจะเจ้ามาในอาคารที่ได้มากที่สุด แต่ขณะเดียวกันก็เป็นส่วนที่อาคารจะได้รับแสงธรรมชาติด้วย ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานที่ดีนั้น ช่องโปร่งแสงจะต้องมีขนาดที่เหมาะสม กล่าวคือ เล็กพอที่จะไม่ให้ความร้อนเข้ามาในอาคารมากนัก แต่ใหญ่พอที่จะนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ

เท่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน อาคารจำนวน ไม่น้อยที่สถาปนิกออกแบบอาคาร โดยมีผนังโปร่งแสงโตเต็มเนื้อที่ผนังอาคาร ซึ่งผู้ออกแบบได้ใช้วิธีลอปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคารด้วยการใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิการบังเงา (Shading Coefficient) ที่มีค่าต่ำหรือฟิล์มตัดแสงมาช่วย การทำเช่นนั้นจะช่วยลดปริมาณแสงแดดที่จะผ่านเข้ามาในอาคาร แตก็ลดปรมาณแสงธรรมชาติไปมากด้วย ผลเสียที่ตามมาคือการทำให้ผิวกระจกร้อนซึ่งเป็นการเพิ่มค่า Mean Radient Temperature ของผนังและปัญการตามมาก็คือ Thermal Discomfort ของผู้ใช้อาคาร นอกเหนือจากนั้นการใช้ฟิล์มตัดแสงหรืออีกนัยหนึ่ง คือการลดค่า Shading Coefficient ให้กับผนังนั้นไม่ได้ลดปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคารอันเนื่องมาจากความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกกับภายใน (Conducton Gain)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่จะก่อให้เกิด Cooling Load ในอาคาร ศึกษาจากรูปที่ 7 , 8 และ 9

Cooling Load (ปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิห้องร้อนขึ้น และจะต้องขจัดความร้อนนั้นออกไปด้วยระบบปรับอากาศ) จากทั้งสามรูปนี้ได้มาจากการ Simulate ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคารตามคู่มือ ASHARE Handbook or Fundamental 1989 โดยสมมติฐานว่า

1) ห้องมีความจุความร้อนมาก (Heavy Mass)

2) ช่องโปร่งแสงเป็นกระจกใสที่มีค่า Shading coefficient (SC) = 1
สัมประสิทธิการนำความร้อน (U) = 1.06 BTU/HR.SF.F

3) หน้าต่างไม่มีผ้าม่านหรือ Screen ใด ๆ ปิด

4) Design Temperature ภายใน = 76 F
Design Temperature ภายนอก = 99 F

5) ค่าที่ได้จากการคำนวณ ใช้เดือนเมษายนซึ่งเป็นเดือนที่ร้อนที่สุด

6) สถานที่ตั้งอาคาร อยู่ในกรุงเทพฯ ละติจูด 13 N

ก่อนอื่นจะต้องทำความเข้าใจเสียก่อนว่าปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคารโดยการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ผ่านหน้าต่างเข้ามานั้นยังไม่ใช่ Cooling Load ของอาคาร เพราะส่วนหนึ่งของพลังงานจากแสงอาทิตย์ถูกเก็บสะสมไว้ในมวลสารของอาคาร (Thermal Mass) และส่วนที่ไม่ได้เก็บไว้อาคารที่ทำให้อุณหภูมิห้องร้อนขึ้นนั้นคือ Cooling Load ดังจะเห็นจากกราฟในรูป 7 ,8 และ9 ว่าแม้ช่วงที่ดวงอาทิตย์ตกแล้วยังมี Cooling Load ในอาคารทั้งนี้เพราะพลังงานความร้อยเหล่านั้นถูกเก็บสะสมไว้ในมวลสารของห้อง และค่อย ๆ ปล่อยออกมาภายหลัง

จากรูปจะเห็นว่า Peak Cooling Load อันเนื่องมาจาก Radiation จะเกิดขึ้นช่วงตอนประมาณ 9 โมง และช่วงบ่ายตอนประมาณ บ่าย 4 โมงเย็น ซึ่งทั้งสองเวลานี้มีผลมาจากการมีผนังโปร่งแสงทางด้านตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงใต้ อย่างไรก็ตามเมื่อรวม Cooling Load จากทั้งสอง Component เข้าด้วยกันจะพบว่า อาคารที่มีกระจกทั้ง 4 ด้านจะมี Cooling Load ที่ค่อนข้างสูงมากตั้งแต่เวลาประมาณ 9 โมงเข้าไปจนถึง ประมาณ 1 ทุ่ม

ถ้าหากนำฟิล์มตัดแสงมาใช้กับอาคารดังกล่าวโดยที่ค่าของ SC = 0.5 Cooling Load จาก Radiation จะมีขนาดใกล้เคียงกับปริมาณ Cooling Load ที่เกิดจาก Conduction ซึ่ง แทบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลย แม้ค่า SC จะต่ำมากๆก็ตาม (จะมีข้อยกเว้นในกรณีที่ฟิล์มตัดแสงนั้นมีค่า Emissivity ต่ำกว่าวัสดุปกติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5. **ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติและการใช้ฟิล์มตัดแสงกับการประหยัดพลังงาน**

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น เมื่อใช้กระจกที่มีค่า SC ต่ำๆปริมาณ Cooling Load จาก Radiation จะลดลง แต่ขณะเดียวกันปริมาณแสงธรรมชาติที่จะนำมาใช้ในอาคารก็จะลดลงด้วย ด้วยเหตุนี้การใช้แสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพจึงมีความเป็นไปได้เพียงแค่ระยะ 2 - 3 เมตร จากผนังโปร่งแสงเท่านั้น เมื่อเป็นเช่นนี้ ผลตอบแทนจากแสงธรรมชาติจึงมีค่อนข้างน้อย

สำหรับอาคารที่มีช่องโปร่งแสงขนาดใหญ่มากๆ เช่นเต็มช่องเปิดระหว่างพื้นกับเพดานนั้น ช่องโปร่งแสงดังกล่าวจะเป็นสาเหตุให้อาคารนั้นมี Cooling Load สูง ซึ่ง อาจจะเป็นความต้องการของสถาปนิกที่ต้องการช่องกระจกขนาดนั้น ถ้าจะคิดทางด้านการประหยัดพลังงานแล้วช่องโปร่งแสงนั้น สถาปนิกส่งมอบให้ลูกค้าด้วยปัญหาราคาที่สูงมากทั้งในหลายๆด้านได้แก่

(1) First Cost อันสืบเนื่องมาจากราคาของผนังกระจกและราคาของเครื่องปรับอากาศที่ต้องเพิ่มขึ้น

(2) Energy Cost หรือ Operating Cost ซึ่งต้องเพิ่มขึ้นและมีผลตลอดชั่วอายุของอาคาร อันเนื่องจากปริมาณ Cooling Load ของช่องโปร่งแสงขนาดใหญ่

(3) ปัญหาเกี่ยวกับสภาวะน่าสบายในอาคาร (Thermal Discomfort) ปัญหาที่พบเห็นกันอยู่ทั่วไปนั้นสืบเนื่องมาจากการใช้ช่องโปร่งแสงที่โตเกินขนาดเพื่อให้ได้มาซึ่งรูปร่างหน้าตาตามที่สถาปนิกอยากให้เป็น เมื่อช่องกระจกโปร่งแสงมีขนาดใหญ่มากดังกล่าว วิธีลด Cooling Load จาก Radiation ใหญ่มากดังกล่าว วิธี Cooling Load จาก Radiation เท่าที่ใช้กัน คือ การใช้กระจกที่มีค่า Shading Coefficient ต่ำ ผลที่ตามมาก็คืออุณหภูมิของผิวกระจกเพิ่มสูงขึ้นกว่าปกติมากในบางอาคารผิวกระจกมีอุณหภูมิสูงกว่า 120 F เมื่อเป็นเช่นนี้ผู้ใช้อาคารที่นั่งใกล้กระจกจะมีความรู้สึกร้อนทั้งๆ ที่อุณหภูมิภายในห้องได้ควบคุมให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย

2.1.6. **อิทธิพลของมวลสารต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร**

ผนังที่มีมวลสารจะมีความสามารถในการหน่วงเหนี่ยวปริมาณความร้อนที่เข้าสุ่อาคารให้ช้ากว่าผนังที่มีมวลสารมากในกรณีที่ความร้อนเข้าสู่อาคาร อาจนานถึง 1 วันเต็มเมื่อเป็นเช่นนี้จะพบว่า ปริมาณความร้อนจากภายนอกในช่วงร้อนจัดของกลางวันนั้นกว่าจะเข้ามาถึงภายในอาคารก็อาจจะเป็นช่วงเวลาที่ภายนอกอาคารเย็นลงแล้ว อิทธิพลอันนี้หากออกแบบให้เหมาะสมจะช่วยทำให้อุณหภูมิของผนังภายในเย็นที่สุดในช่วงที่อากาศภายนอกร้อนจัดซึ่งเป็นสิ่งที่พึงประสงค์สำหรับอาคารส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามจะมีประโยชน์มากสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ เพราะจะทำให้อุณหภูมิของผนังภายในอยู่ในสภาพที่เย็นตลอดวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. **ฉนวนความร้อน**

ฉนวนความร้อนเป็นตัวนำความร้อนที่เลว และมีค่าการนำความร้อนต่ำ ฉนวนทำหน้าที่ในการป้องกันหรือหน่วงการถ่ายเทความร้อนจากที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า

วัสดุที่เป็นฉนวนมักจะเป็นวัสดุที่พรุน มีเซลอากาศที่อยู่นิ่ง ๆ จำนวนมาก ๆ ความต้านทานต่อการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับเซลอากาศจำนวนมาก โดยที่เซลอากาศนี้มีอากาศอยู่นิ่งหรือค่อนข้างนิ่งในมวลฉนวน เซลอากาศจะอยู่นิ่งถ้าเส้นผ่าศูนย์กลางของมันไม่ใหญ่กว่าระยะทางเดินอิสระเฉลี่ย ซึ่งในทางปฏิบัติสามารถถือได้ว่าเท่ากับ 0.09 ไมครอน ซึ่งสามารถทำได้ถ้าสามารถผลิตฉนวน โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยขนาดต่ำเท่ากับระยะดังกล่าวและความหนาแน่นจะต้องคำนวนเพื่อที่ว่าวัสดุจะถูกบีบเพื่อทำให้ระยะระหว่างเส้นใยเท่ากับทางอิสระเฉลี่ยดังกล่าวง เซลอากาศที่ใหญ่จะไม่อยู่นิ่งและกระแสการพาจะเกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิอากาศสูงขึ้นซึ่งก็จะไปเพิ่มความดันอากาศ และผลที่ตามมา คือมีอัตราการไหลเกิดขึ้น ซึ่งกล่าวได้ว่าถ้าอุณหภูมิยิ่งสูงวัสดุยิ่งมีความแน่นสูงขึ้นยิ่งจำเป็น

2.2.1. **การจำแนกฉนวน**

ฉนวนสามารถแยกจำนวนตามอุณหภูมิใช้งาน

1. อุณหภูมิต่ำ (ต่ำกว่า 90 องศาเซลเซียส) ซึ่ง เป็นฉนวนใช้กับระบบทำความเย็น ระบบน้ำแข็ง ระบบน้ำเย็น ระบบน้ำร้อรของอาคาร ตัวอย่างเช่น ฉนวนใยแก้ว ฉนวนพลาสติดฟอยล์อลูมิเนียม

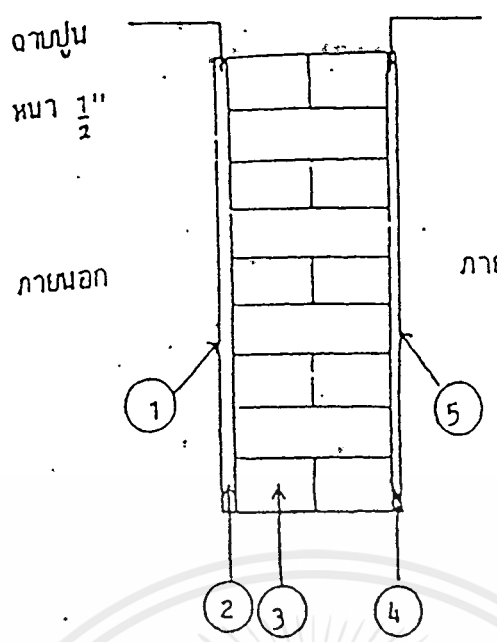
2. อุณหภูมิปานกลาง (ช่วง 90 - 325 องศาเซลเซียส) เป็นฉนวนใช้กับระบบหม้อน้ำ ท่อไอน้ำ ลมร้อน กาซทิ้ง เทอร์ไบน์ ตัวอย่างเช่น Slag Wool , Spun Glass , 85% Magnesia - Asbestos , อลูมิเนียมฟอยล์

3. อุณหภูมิค่อนข้างสูง (ช่วง 325 - 600 องศาเซลเซียส) เป็นฉนวนใช้กับโรงจักไอน้ำ ซุปเปอร์อีต เตา ก๊ าซทิ้งจากดีเซล ฉนวนที่ใช้จะถูกจำกัดยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น เอสเบสตอส ใช้กับ 4510 องศาเซลเซียส , Spun Glass ใช้กับ 475 องศาเซลเซียส , Diatomite Asbestos , อลูมิเนียมฟอยล์

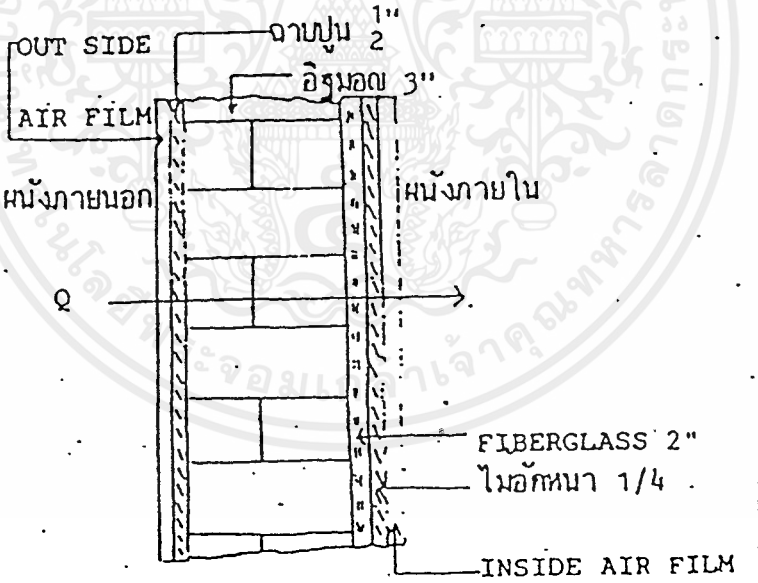
4. อุณหภูมิสูง (สูงกว่า 600 องศาเซลเซียส) เป็นฉนวนใช้กับเตาเผาต่าง ๆ

การจำแนกฉนวนตามอุณหภูมิข้างต้นเป็นการประมาณเท่านั้น และในทางปฏิบัติฉนวนหลาย ๆ อย่าง ใช้ทั้งอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูงได้ ฉนวนดังกล่าวนี้ เช่น ฉนวนใยแก้ว , Rock , Slag , Cellular Glass , Vermiculite , Espahded Sillica (Perlite)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่



รูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค่าการนำความร้อนของวัสดุทนไฟ

— Thermal Conductivities of Refractory Materials in Various Temperature Ranges (Kcals/m² hr °C/cm)

Material	*0 to 500°C*	*500°C to 1000°C*	*Over 1000°C*
Firebrick	75	100	125
Silica brick	100	125	150
Magnesite brick	500	375	310
Chrome Magnesia brick	185	185	135
Silimonite brick	100	125	150
Acid Resisting brick	100	125	—
Diatomite brick	12	15	—
Porous fire-clay insulating brick	18	22	25
Super hot face insulating brick	13	15	15
Insulating concrete	25	30	35
Asbestos	12	—	—
Concrete	75	—	—
Building brick	75	100	—

ตาราง เปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของวัสดุทนไฟสองชนิด

— Conductivities (K) for Two Grades of High Temperature Insulating material

Mean temp. °C	*Insulating brick (A)*	*Insulating Refractory (B)*	*Firebrick*
150	10.5	—	77.2
250	12.5	20.3	83.0
300	13.5	21.7	85.8
375	14.1	23.1	88.6
425	14.6	24.0	91.5
500	14.9	25.2	94.3
550	15.1	26.2	97.2
600	15.2	27.0	100.0
650	15.4	27.8	103.0
700	15.5	28.5	105.7
750	15.6	29.2	108.6
800	—	29.9	111.4
850	—	30.5	114.3
Maximum temp. at which material can be used °C	850	1250	—

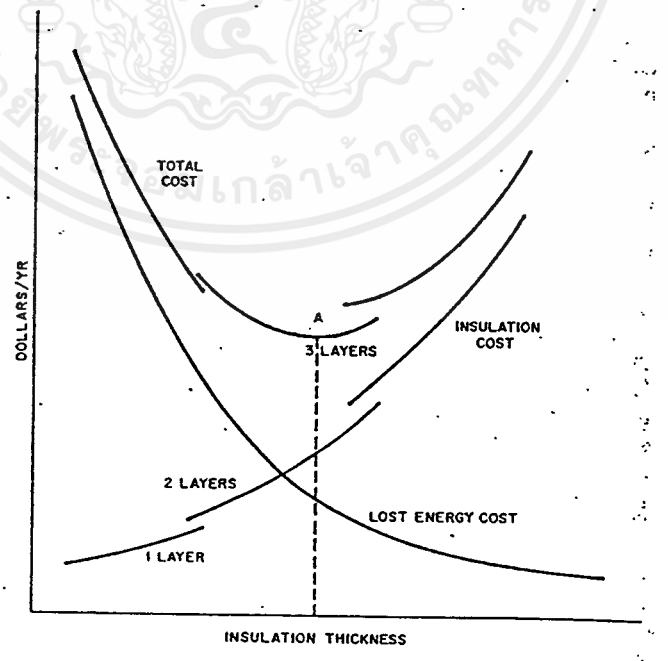
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค่าการนำความร้อนและความหนาแน่นของฉนวนที่ใช้ในงานอุณหภูมิต่ำ

— Low Temperature Insulants

Temperature range	*Material classification*	*Density kg/m³*	*K KCal/hrm² ° C/cm*
−170 to 100	Urethane foam	29 to 35	1.1 at −130°C 2.2 at 40°C
−130 to 80	P.S. foam	16 to 64	3.2 at 0°C 3.5 at 25°C
−40 to 70	PVC foams	70 to 420	3.2 at 25°C 3.0 at −5°C
−40 to 95	Cellular rubber	55 to 320	3.0 at −5°C 3.7 at 40°C
−45 to 900	Expanded silica (Perlite)	64 to 160	4.1 at −25°C 4.7 at 25°C
−240 to 430	Cellular glass	120 to 1450	4.2 at −5°C 4.8 at 40°C
−155 to 1000	Mineral fibres (rock, slag or glass)	8 to 160	3.3 at −5°C 3.7 at 40°C

รูป การหาความหนาแน่นที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ของฉนวน



Determination of Economic Thickness of Insulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2. **ลักษณะของฉนวน**

ฉนวนถูกผลิตออกมาในลักษณะต่าง ๆ เช่น

1. ท่อแข็ง (Rigid Pipe)
2. แผ่นแข็ง (Rigid Slab)
3. ร่วน (Loosefill)
4. ท่ออ่อนและแผ่น (Flexble Pipe Sections And Mattress)
5. ชั้นอ่อน (Flesible Strip)
6. พลาสติก
7. ฟอยล์ (Refiective)

2.2.3. **การถ่ายเทความร้อน**

ความร้อนถ่ายเทโดย 3 วิธี คือ

1. การนำ (Conduction) โดยการผ่านตัวกลางที่แข็ง ซึ่งโมเลกุลในของแข็งที่ร้อนขึ้นจะสั่นไปกระทบโมเลกุลต่อไปจนร้อน ๆ กันไป

2. การพา (Convection) โดยผ่านตัวกลางที่เป็นของไหล เป็นของเหลว หรือก๊าซที่เคลื่อนจากที่หนึ่งไปยังที่ใหม่ก็พาความร้อนไปด้วย การพายังจำแนกได้ 2 แบบ คือ

2.1 การพาธรรมชาติ (Natural Convection) เกิดขึ้นเพราะของไหลที่ร้อนขึ้นความหนาแน่นน้อยลง จึงมีของไหลที่มีความหนาแน่นสูงกว่าตกลงมาแทนที่ ส่วนที่เบากว่าจึงลอยขึ้นพาความร้อนไปด้วย

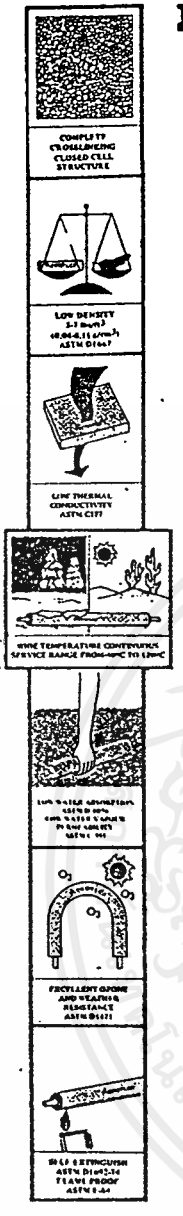
2.2 การพาบังคับ (Forced Convection) เกิดขึ้นจากการที่มีอุปกรณ์ทางกล เช่น ปั๊ม หรือ พัดลม ที่ไปบังคับให้ของไหลเคลื่อนไปพาความร้อนไปด้วย

3. การแผ่รังสี (Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนที่ไม่ต้องมีตัวกลางใด ๆ เกิดขึ้นจากความแตกต่างของอุณหภูมิเท่านั้น การแผ่รังสีอุณหภูมิสูง เช่น จากแสงอาทิตย์ หรือ เปลวเพลิงที่ร้อน การแผ่รังสีอุณหภูมิต่ำ เช่น จากกระจกของอาคาร ฝ้าเพดานที่ร้อน เป็นต้น

ตารางต่อไปนี้แสดงค่าการนำความร้อนของวัสดุต่าง ๆ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจำเพาะของฉนวนยางที่นิยมใช้กัน เป็นฉนวนสำหรับ
ท่อน้ำเย็น ท่อน้ำยา หุ้มเครื่องจักรเย็นต่าง ๆ



มาตรฐาน

มาตรฐานทางกายภาพโดยเฉลี่ย*			วิธีการทดลอง
โครงสร้างของเซล		เซลปิด	—
ความหนาแน่น ปอนด์/ฟุต^3 (กรัม/ซ.ม.^{3})		5-7 (0.08–0.11)	ASTM D 1667
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน BTU/hr/ft2/oF/IN.	อุณหภูมิเฉลี่ย 75°F	0.26	ASTM C 177
	อุณหภูมิเฉลี่ย 90°F	0.27	
อุณหภูมิใช้งาน**		-40°F ถึง +250°F (-40°C ถึง +120°C)	—
ค่าแทรกซึม ความชื้น (PERM—IN)		0.15	ASTM C 355
ค่าดูดซึมน้ำ (ร้อยละของน้ำหนัก)		3	ASTM D 1056
ป้องกันก๊าซโอโซน		ดีมาก	ASTM D 1171
เปอร์เซ็น การหดตัว ภายใต้อุณหภูมิสูง	7 วัน ที่ 200 F	ต่ำกว่า 5	ASTM C 548
	7 วัน ที่ 220 F	ต่ำกว่า 6	
สภาพ การติดไฟ ***		ไฟดับได้เอง	ASTM D 1692-74
ปริมาณควันเมื่อเผาไหม้ (หนา 1/2")		80	ASTM E 84
กลิ่น		น้อยมาก	—
ป้องกันรังสีอุลตร้าไวโอเลตและสภาพอากาศต่าง ๆ		ดี	—
ความยืดหยุ่น หักงอได้		ดีมาก	—
การยืดตัวตามความยาว		ดี	—

ฉนวนชนิดท่อและแผ่น ผลิตจากส่วนผสมของโพลีเมอร์พิเศษ และด้วยเทคนิคทันสม

ตารางแสดงค่าความหนาที่แนะนำสำหรับฉนวนยาง

PIPE SIZE	LINE TEMP. 60 °F (15.5 °C)	LINE TEMP. 50 °F (10 °C)	LINE TEMP. 35 °F (1.7 °C)	LINE TEMP. 0 °F (-18 °C)
	BASED ON NORMAL CONDITION MAX. 85 °F (29.4 °C) 70% RH			
3/8" ID THRU 3" IPS	1/4" WALL	3/8" WALL	1/2" WALL	1" WALL
OVER 3" IPS	3/8" SHEET	1/2" SHEET	3/4" SHEET	1" SHEET
	BASED ON MILD CONDITION MAX. 80 °F (26.6 °C) 50% RH **			
3/8" ID THRU 3" IPS	1/4" WALL	3/8" WALL	3/8" WALL	3/4" WALL
OVER 3" IPS	3/8" SHEET	1/2" SHEET	1/2" SHEET	3/4" SHEET
	BASED ON SEVERE CONDITION MAX. 90 °F (32.2 °C) 80% RH***			
3/8" ID THRU 3" IPS	1/2" WALL	3/4" WALL	3/4" WALL	1 1/2" WALL
OVER 3" THRU 10" IPS	1/2" SHEET	1" SHEET	1" SHEET	1 1/2" SHEET
OVER 10" IPS	1/2" "	1" "	1 1/8" "	2" "
	BASED ON EXTREMELY SEVERE CONDITION MAX 90 °F (32.2 °C) 85% RH****			
3/8" ID THRU 3" IPS	1/2" WALL	3/4" WALL	1" WALL	1 1/2" WALL
4" ID THRU 10" IPS	3/4" "	1" SHEET	1" SHEET	2" SHEET
OVER 10" IPS	3/4" SHEET	1 1/8" "	1 1/4" "	2" "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจำเพาะของฉนวนใยแก้วที่นิยมใช้กัน เป็นฉนวนสำหรับอาคารและหุ้มท่อลม

Thermal Conductivity (k)

EXPRESSED IN Btu. in/ft^2 h. °F AT 75°F MEAN TEMPERATURE		EXPRESSED IN W/m.°K AT 24°C MEAN TEMPERATURE	
DENSITY (lb./cu.ft.)	"k"	DENSITY (kg./cu.m.)	"k"
0.75	0.295	12	0.0425
1.00	0.270	16	0.0389
1.25	0.255	20	0.0368
1.50	0.245	24	0.0353
2.00	0.234	32	0.0337
2.50	0.228	40	0.0329
3.00	0.225	48	0.0324

อุณหภูมิเฉลี่ย.	°F	50	70	100	150	200	250	300	400
	°C	10	21	38	60	93	121	149	204
k Factor Btu in/ft^{2}h °F		.21	.22	.23	.26	.29	.32	.36	.43
k cal/mh °C		.026	.027	.029	.032	.036	.040	.045	.053
W/m °K		.031	.032	.033	.0375	.042	.046	.052	.062

ฉนวนใยแก้วหุ้มท่อ ความหนาของฉนวนที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐกิจ (แนวทางการเลือกความหนาที่จะใช้)

ระบบท่อ	ช่วงอุณหภูมิของของไหล		ขนาดท่อ					
	°C	°F	>Ø 1" (33 มม.)	Ø 1½"-2" (42-60 มม.)	Ø 2½"-4" (73-114 มม.)	Ø 5"-6" (140-168 มม.)	Ø 8"-12" (219-324 มม.)	Ø 14"-20" (350-500 มม.
ความร้อน (สตีม, น้ำร้อน)			ความหนาของฉนวน (นิ้ว)					
ความดันสูง	238-152	450-306	1.5 (38 มม.)	1.5 (38 มม.)	2.0 (50 มม.)	2.5 (63 มม.)	3.0 (75 มม.)	3.5 (88 มม.)
ความดันปานกลาง	151-122	305-251	1.5 (38 มม.)	1.5 (38 มม.)	2.0 (50 มม.)	2.0 (50 มม.)	2.5 (63 มม.)	3.0 (75 มม.)
ความดันต่ำ	121- 94	250-201	1.0 (25 มม.)	1.5 (38 มม.)	1.5 (38 มม.)	2.0 (50 มม.)	2.0 (50 มม.)	2.5 (63 มม.)
อุณหภูมิต่ำ	93- 49	200-120	1.0 (25 มม.)	1.0 (25 มม.)	1.5 (38 มม.)	1.5 (38 มม.)	1.5 (38 มม.)	2.0 (50 มม.)
คอนเด็นเสท	30- 50	110-148	1.0 (25 มม.)	1.0 (25 มม.)	1.0 (25 มม.)	1.5 (38 มม.)	1.5 (38 มม.)	2.0 (50 มม.)
น้ำเย็น	4.5- 13	40- 55	0.75 (19 มม.)	0.75 (19 มม.)	1.0 (25 มม.)	1.0 (25 มม.)	1.0 (25 มม.)	1.5 (38 มม.)
ห้องเย็นหรือน้ำเกลือ	> 4.5	> 40	1.0 (25 มม.)	1.5 (38 มม.)	1.5 (38 มม.)	1.5 (38 มม.)	1.5 (38 มม.)	2.0 (50 มม.)

ท่อภายนอก (กลางแจ้ง) ต้องเพิ่มความหนาขึ้นไปอีกครึ่งนิ้ว (อุณหภูมิทั่วไป = 30°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4. **การเลือกฉนวน**

สิ่งสำคัญต่าง ๆ ที่พึงพิจารณาในการเลือใช้ฉนวนสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ คือ

1. อุณหภูมิของระบบ
2. ค่าการนำความร้อนของฉนวน
3. การติดฉนวนเข้ากับระบบได้สะดวกและราคาถูก
4. มีความคงทนต่อความร้อนและสภาวะอากาศ
5. ทนทานต่อการสั่นสะเทือน และความเสียหายทางกล
6. ทนทานต่อสารเคมี
7. ทนทานต่อเพลิงไหม้
8. ไม่หดตัวหรือแตกยุ่ยในการใช้งาน
9. การหุ้มทับปกป้องฉนวน จำเป็นหรือไม่
10. ราคาต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
11. ไม่ได้ผลิตโดยใช้สารที่ทำลายโอโซน
12. ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

2.2.5. **ความหนาที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์** (Optimum Ecomomic Thickness)

การหาความหนาที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์นั้น มีแนวความคิดที่ว่าไม่มีฉนวนใดที่สามารถป้องกันการสูญเสียความร้อนได้สมบูรณ์ 100 % ดังนั้นความหนาของฉนวนแต่ละชนิดที่ใช้จะถูกกำหนดจากต้นทุนการผลิตความร้อนและต้นทุนในการใช้ฉนวน

ความสามารถในการป้องกันการสูญเสียความร้อนของฉนวน เป็นไปตามกฎที่มีชื่อว่า Law of Diminishing Return กล่าวคือ ถ้าใช้ความหนาฉนวนต่ำกว่าค่า ๆ หนึ่งแล้ว การสูยเสียความร้อนจะมาก นั่นคือหนาไม่พอ แต่ถ้าใช้ความหนาฉนวนสูงกว่าค่า ๆ หนึ่งแล้ว ต้นทุนที่สูงขึ้นจะไม่คุ้มกับพลังงานที่ประหยัดเพิ่มเติมขึ้นได้ ดังนั้นความหนาที่เพิ่มขึ้นของฉนวนจึงเป็นการสิ้นเปลือง ความหนาของฉนวนที่ค่านั้นดังกล่าวเป็นความหนาที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์

การหาความหนาที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ จะต้องพิจารณาจากข้อมูลต่อไปนี้

1. คุณค่าของเชื้อเพลิง (ราคาเชื้องเพลิงรวมกับค่าจ้าง , ค่าบำรุงรักษา , ฯลฯ)
2. เวลาที่ต้องใช้งานต่อปี
3. ค่าความร้อนเชื้อเพลิง
4. ประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง
5. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก
6. อุณหภูมิของท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ขนาดท่อ

8. ราคาฉนวน

9. ระยะเวลาเสื่อม

10. ความร้อนที่สูญเสียต่อเมตร (หรือต่อตารางเมตร ถ้าเป็นพื้นที่ราบ)

จากข้อมูลต่าง ๆ ข้างต้น สามารถหาความหนาที่ต้องการได้โดยหาราคาของความร้อนที่สูญเสียไปต่อปีที่ฉนวนความหนาต่าง ๆ ต่อไปหาราคาฉนวนต่อปีที่ความหนาต่าง ๆ แล้วทำการรวมราคาทั้งสองเข้าด้วยกัน ผลรวมที่ต่ำที่สุดคือความหนาที่ควรเลือกใช้

ความหนาที่เหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์จะเปลี่ยนแปลงไป ขึ้นอยู่กับข้อมูลต่าง ๆ ตามที่เขียนไว้แล้ว ดังนั้นจึงควรตรวจสอบตลอดเวลา และพอกฉนวนให้หนาเพิ่มขึ้นตาความจำเป็น เช่น ความหนาที่เหมาะสมในปีแรก ๆ อาจไม่เหมาะสมในปีต่อ ๆ ไปก็ได้ ถ้าหากราคาเชื้อเพลิงแพงขึ้นเป็นต้น

การประหยัดต้นทุนจากเชื้อเพลิงจะเกิดขึ้นได้ ต่อเมื่อระบบฉนวนได้ถูกออกแบบให้มีความหนาที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ นอกจากนี้ยังให้ความเอาใจใส่ดูแลและบำรุงรักษาระบบฉนวนอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะทำให้สามาถใช้ฉนวนได้เป็นระยะเวลานานและก่อให้เกิดการประหยัดต้นทุนรวมด้วย

2.3. การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ในการเก็บอัตราค่าไฟฟ้าด้วยวิธีการคิดแบบโครงสร้างอัตราใหม่ ได้แบ่งผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 7 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1	บ้านพักอยู่อาศัย
ประเภทที่ 2	กิจการขนาดเล็ก (ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์)
ประเภทที่ 3	กิจการขนาดกลาง (ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ระหว่าง 30 - 1999 กิโลวัตต์)
ประเภทที่ 4	กิจการขนาดใหญ่ (ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดตั้งแต่ 2000 กิโลวัตต์ขึ้นไป)
ประเภทที่ 5	กิจการเฉพาะอย่าง (โรงแรม และกิจการให้เช่าพักอาศัย ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตตขึ้นไป)
ประเภทที่ 6	ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสงหากำไร
ประเภทที่ 7	พวกเกี่ยวกับการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1. การวิเคราะห์ค่าไฟฟ้า

การวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าในบทความนี้ จะแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายที่ระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่าง 11 ถึง 33 กิโ ลวัตต์ เท่านั้น สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าจากระดับไฟฟ้าแรงดันอื่น ๆ ก็สามารถวิเคราะห์ด้วยวิธีทำนองเดียวกัน จึงไม่แสดงรายละเอียดให้ดูในนี้ เนื่องจากจะทำให้บทความนี้ยาวเกินไป

ค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทที่เสียหายตามอัตราปกติ ไม่ใช่อัตรา TOD สามารถคำนวณหาได้จากสาการที่ 1

$$C = DC \times P + EC \times E \quad (1)$$

เมื่อ C คือ ค่าไฟฟ้า (บาทต่อเดือน)

DC คือ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาทต่อกิโลวัตต์)

P คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบเดือนที่เรียกเก็บเงิน (กิโ ลวัตต์)

EC คือ ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในรอบเดือนที่เรียกเก็บเงิน (กิโลวัตต์ชั่วโมงหรือหน่วยX

เมื่อคิดออกมาเป็นค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไ จะได้ดังสมการที่ 2

$$C / E = DC \times P/E + EC \quad (2)$$

เนื่องจากความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (p) และพลังงานไฟฟ้า (E) กับจำนวนชั่วโมง(T) ในเดือนที่คิดเงินมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในเทอมของโหลดแฟคเตอร์ (Load Factor : LF)นั่นคือ

$$LF = E/(P \times T) \times 100\ \%$$

ดังนั้น $P/E = 100/(LF \times T)$

เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ 2 จะได้สมการที่ใช้หาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยที่ใช้ใหม่เป็นสมการที่ 3

$$C/E = (DC \times 100)/(LF \times T) + EC \quad (3)$$

ในกรณีที่มีการคิดค่าความต้องการไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Rate : TOD) จากรูปที่ 1 ค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้อัตราตามระบบ TOD จะสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 4 และสมการที่ 5

$$C = DCp \times P + EC \times E \quad (\text{เมื่อ } P > PP \text{ หรือ } P = PP) \quad (4)$$

$$C = DCp \times P + DCpp \times (PP - P) + EC \times E \quad (\text{เมื่อ } P < PP) \quad (5)$$

เมื่อ C คือ ค่าไฟฟ้า (บาทต่อเดือน)

DCp คือ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าในช่วง Peak (บาทต่อกิโลวัตต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
039005

P คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง Peak (กิโลวัตต์)

PP คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง Partial Peak (กิโลวัตต์)

EC คือ ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในรอบเดือนที่เรียกเก็บเงิน (กิโลวัตต์ชั่วโมงหรือหน่วย)

ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าที่ใช้เมื่อ P > PP หรือ P = PP จะหาได้จากสมการที่ 6

$$C/E = DCp \times P/E + EC$$

ให้ $$LF = E / (P \times T) \times 100\ \%$$

$$C/E = (DCp \times 100) / (LF \times T) + EC \qquad (6)$$

โดยที่ สมการที่ 6 จะเหมือนกับสมการที่ 3 ในกรณีที่ P < PP โดยให้ LF = E / (PP x T) x 100 %

ทั้งในกรณีที่ P > PP หรือ P = PP และ P < PP นี้ LF มีค่ามากกว่า 100 % ได้ เพราะผู้ใช้ไฟฟ้าอาจใช้ไฟฟ้าในช่วง Off Peak (ระหว่างเวลา 21.30 ถึง 08.00 น.) มาก ๆ ได้ เนื่องจากไม่ต้องเสียค่าความต้องการพลังไฟฟ้าในช่วง Off Peak ดังกล่าวทำให้ E มีค่ามากกว่าผลคูณของ P กับT หรือ PP กับT ได้ จะได้ PP/E = 100 / (LF x TX

ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าที่จะหาได้จากสมการที่ 7

$$C/E = DCp \times P/E + DCpp\ (PP/P - P/E) + EC$$

$$C/E = (DCp - DCpp) \times P/E + DCpp \times PP/E + EC$$

$$C/E = (DCp - DCpp) / (LF \times T) \times 100 \times P/PP + DCpp / (LF \times T) \times 100 + EC \qquad (7)$$

(ดูตารางที่ 1, รูปที่ 2)

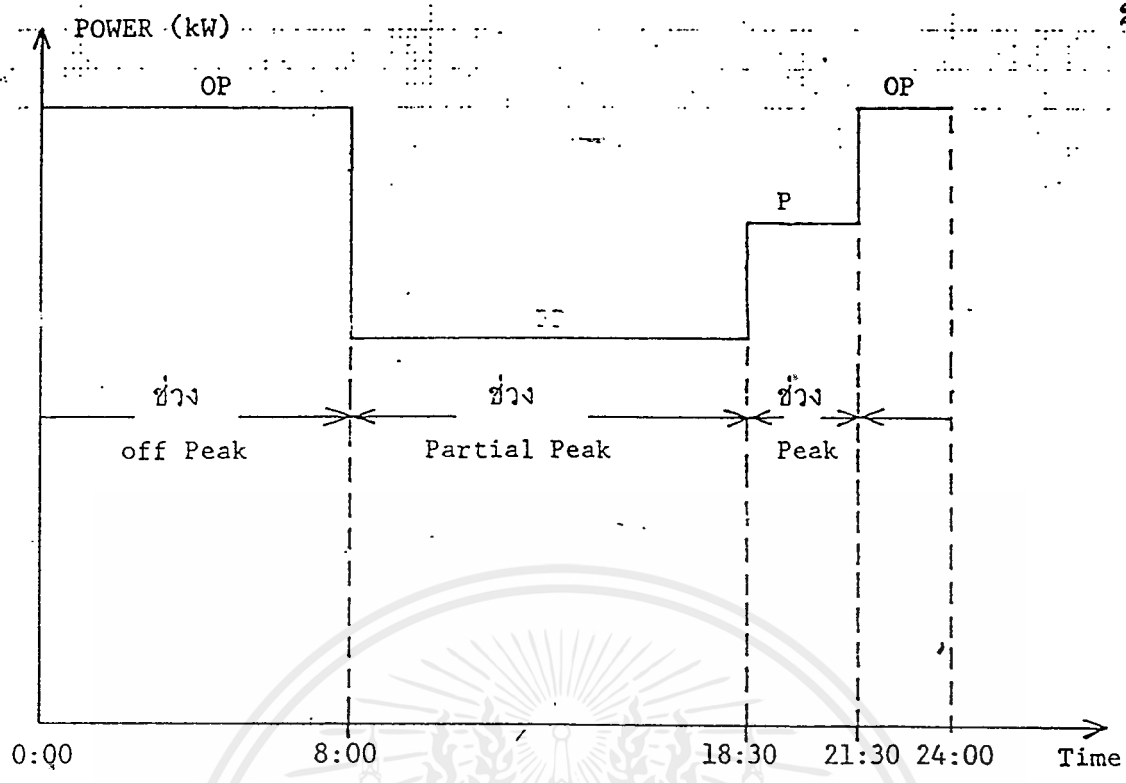
2.3.2. แนวทางการลดค่าไฟฟ้า

โดยทั่วไปค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนมักจะไม่เท่ากัน โดยบางเดือนอาจจะสูง บางเดือนอาจจะต่ำ ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนจะไม่เหมือนกัน ดังนั้น แนวทางในการลดค่าไฟฟ้าแนวทางหนึ่งที่จะกล่าวในที่นี้ ก็คือการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

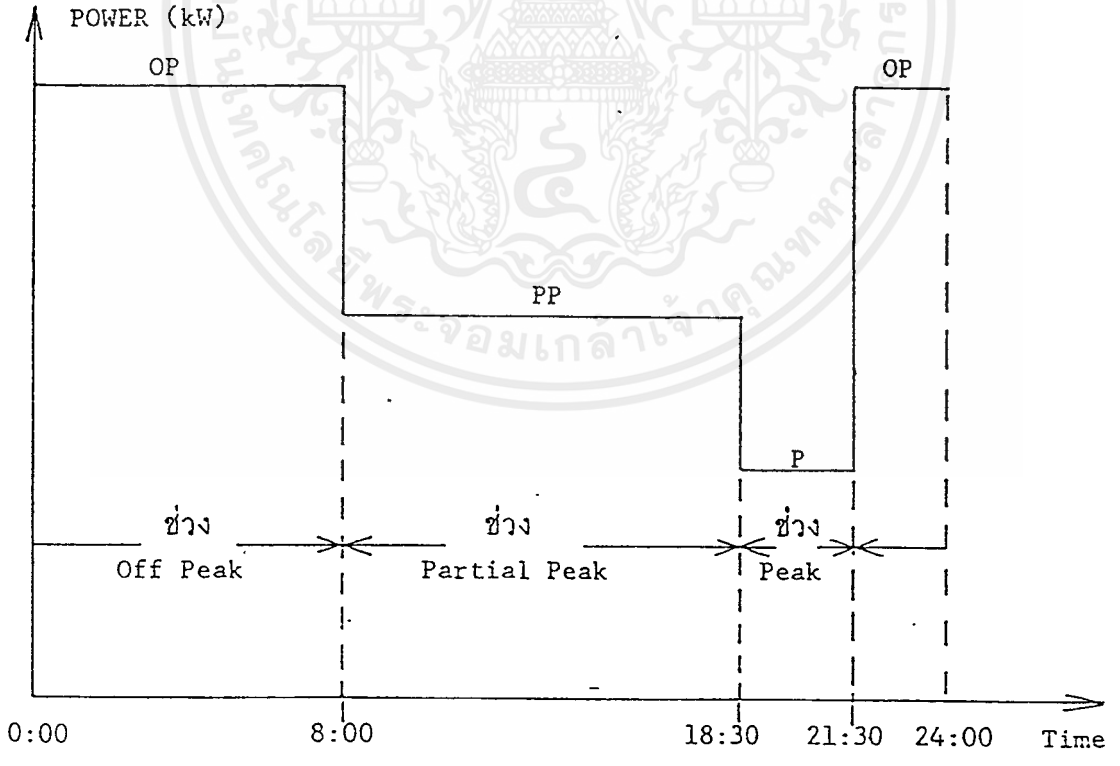
1. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตราปกติ

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1 กิจการขนาดกลางที่มีหน่วยไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนสุดท้ายไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน และผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง (โรงแรมฯ) ที่ไม่เลือกเสียค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD) ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ หากประสงค์จะลดค่าไฟฟ้าลง จะทำได้วิธีเดียวคือ ต้องเพิ่มโหลดแฟคเตอร์ของการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) P≥PP



ข) P<PP

รูปที่ การแบ่งช่วงเวลาของวันในการคิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าตามอัตรา TOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	การคิดค่าไฟฟ้า	อัตราค่าไฟฟ้า	สมการที่เกี่ยวข้อง
ประเภทที่ 3.1 : กิจการขนาดกลาง	อัตราปกติ (E เฉลี่ย 3 เดือนสุดท้าย $\leqslant$ 355,000 หน่วยต่อเดือน)	DC = 210 B/kW EC = 1.07 B/kWh	C = 210P+1.07E .....:(1) C/E = 21000/(LFxT)+1.07 .....(3)
ประเภทที่ 3.2 : กิจการขนาดกลาง	อัตราตามช่วงเวลาของวัน (E เฉลี่ย 3 เดือนสุดท้าย $>$ 355,000 หน่วยต่อเดือน)	DC_p = 305 B/kW DC_{pp} = 63 B/kW EC = 1.07 B/kWh	1) ถ้า P $\geqslant$ PP C = 305P+1.07E .....(4) C/E = 30500/(LFxT)+1.07 ...(6)
ประเภทที่ 4 : กิจการขนาดใหญ่	อัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD)	DC_p = 305 B/kW DC_{pp} = 63 B/kW EC = 1.07 B/kWh	2) ถ้า P< PP C = 242P+63PP+1.07E .....(5) C/E = 24200/(LFxT)xP/PP +6300/(LFxT)+1.07.....(7)
ประเภทที่ 5.1 : กิจการเฉพาะอย่าง	อัตราปกติ (E เฉลี่ย 3 เดือนสุดท้าย $\leqslant$ 355,000 หน่วยต่อเดือน)	DC = 274 B/kW EC = 1.07 B/kWh	C = 274P+1.07E .....(1) C/E = 27400/(LFxT)+1.07 .....(3)
ประเภทที่ 5.2 : กิจการเฉพาะอย่าง (เลือกเสียค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOD)	อัตราตามช่วงเวลาของวัน (E เฉลี่ย 3 เดือนสุดท้าย $>$ 355,000 หน่วยต่อเดือน)	DC_p = 305 B/kW DC_{pp} = 63 B/kW EC = 1.07 B/kWh	เหมือนประเภทที่ 4

ไฟฟ้าในแต่ละเดือนให้สูงขึ้น โดยการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมไม่สูงเกินไป เพื่อให้การใช้ไฟฟ้าในแต่ละวันมีความสม่ำเสมอขึ้น การทำเช่นนี้จะทำให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยมีราคาถูกลง

2. **ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของวัน** (TOD)

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.2 กิจการขนาดกลางที่มีหน่วยไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนสุดท้ายเกินกว่า 355,000 หน่วยต่อเดือน ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่และผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.2 กิจการเฉพาะอย่างที่มีหน่วยไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนสุดท้ายเกินกว่า 355,000 หน่วยต่อเดือน และเลือกเสียค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของวัน ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้จะมีโอกาสลดค่าไฟฟ้าลงได้มาก โดยการควบคุมความต้องการพลังงไฟฟ้าในช่วงเวลา Peak ให้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ อาจทำได้โดยวิธีการต่อไปนี้

1. เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองปั่นไฟฟ้าใช้เองในช่วง Peak (18.30 - 21.30 น.) แทนการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้า การทำเช่นนี้จะทำให้สัดส่วนของ P/PP ลดลงจากสมการที่ 7 และรูปที่ 2 จะเห็นว่าถ้าสัดส่วนของ P/PP ลดลง ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยจะถูกลง

2. ใช้ไฟฟ้าบางส่วนในช่วงกลางคืนแทนช่วงเวลาหัวค่ำและกลางวัน การทำแบบนี้จะทำให้เกิดการหลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าพร้อม ๆ กัน สามารถทำได้ เช่น การติดตั้งระบบ Ice Storage ผลิตน้ำแข็งในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งไม่ต้องเสียค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด แล้วเอาน้ำแข็งที่ผลิตได้ในเวลากลางคืนมาใช้กับระบบปรับอากาศในตอนกลางวัน ซึ่งจะทำให้ค่าโหลดแฟคเตอร์ของการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้น จากสมการที่ 7 และรูปที่ 2 อีกเช่นกันเราก็จะเห็นว่าเมื่อโหลดแฟคเตอร์ของการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้น ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยก็จะลดลง

2.3.3. **การวัดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด**

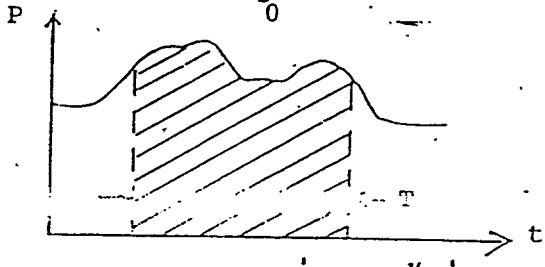
การวัดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดจะวัดจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งในที่นี้ก็คือช่วงเวลา 15 นาที

ในรูปที่ 12 ถ้าพื้นที่ของสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความสูงเท่ากับ Pav มีขนาดเท่ากับพื้นที่แรเงาในรูปที่ 11 ก็ จะได้ว่า Pav เป็นค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าที่แปรเปลี่ยนขึ้นๆ ลงๆ ในช่วงเวลา T นี้ นั่นคือ $E = 1/4 \times Pav$ หรือมีความต้องการพลังไฟฟ้า (P) = $Pav = 4 \times E$

ดังนั้น ความต้องการพลังไฟฟ้าจึงมีค่าเท่ากับ 4 เท่าของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไฟในช่วงเวลา 15 นาที (ดูรูปที่ 13)

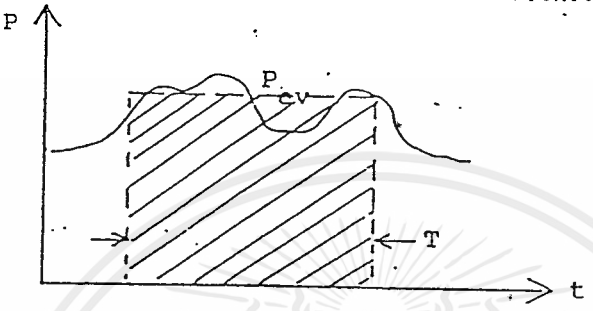
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $E = \int_0^T P.dt$ ..... (1)

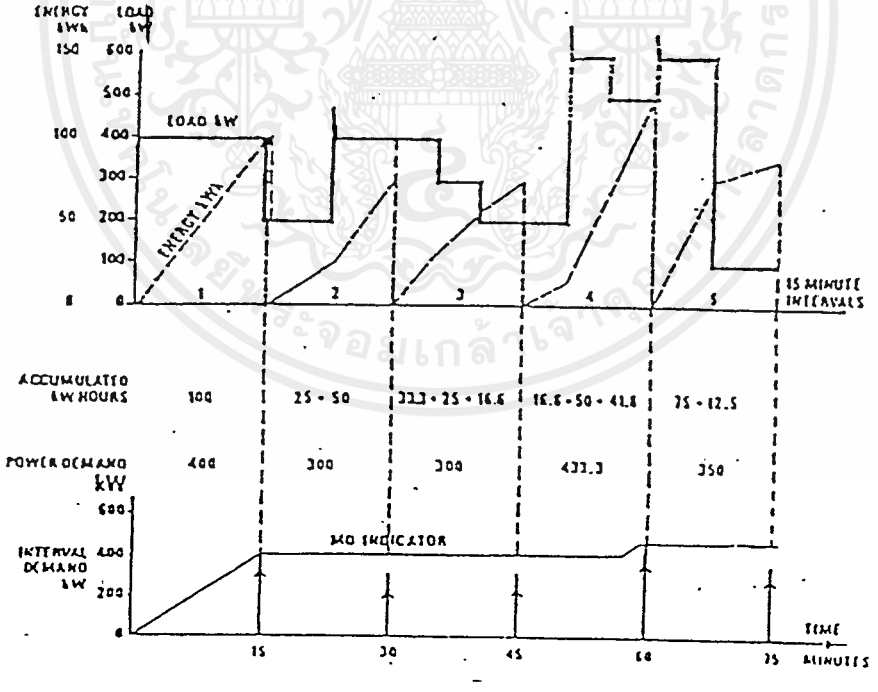


รูปที่

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าตามสมการที่ 1 ก็คือพื้นที่แรเงาใต้เส้นโค้งในช่วงเวลา T



รูปที่



รูปที่ แสดงตัวอย่างการวัดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าใน 5 ช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4. **การลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด**

จากความสัมพันธ์ที่ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 4 เท่าของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ไปในช่วงเวลา 15 นาที ดังนั้น การลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดก็คือการลดปริมาณพลังไฟฟ้าที่จะใช้ในแต่ละช่วงเวลา 15 นาที จะสามารถทำได้โดย

1. หลีกเลี่ยงการเดินเครื่องจักรพร้อม ๆ กัน หรือเดินเครื่องจักรแต่ละตัวในเวลาที่เหมาะสม

2. ลดโหลดของเครื่องจักรลดถ้าหยุดเดินเครื่องจักรนั้น ๆ ไม่ได้

2.3.5. **ขั้นตอนการดำเนินการ**

ขั้นตอนการดำเนินการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จะประกอบด้วย

1. **การสำรวจข้อมูล**

- ข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น ชนิด ขนาด จำนวน สถานที่ติดตั้ง การใช้งาน ฯลฯ
- ข้อมูลลักษณะการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น มีหม้อแปลงไฟฟ้ากี่ลูก แยกวงจรสายป้อนอย่างไร แบ่งกลุ่มโหลดอย่างไร ซึ่งข้อมูลนี้จะดูได้จาก Single Line Diagram ของระบบไฟฟ้าของโรงงานหรืออาคาร
- ข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายวัน (Load Curve)
- ข้อมูลลักษณะการใช้งานเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ
- ข้อมูลอื่น ๆ ที่จำเป็น เช่น แผนการผลิตของโรงงาน โปรแกรมการหยุดซ่อมบำรุงและการทดลองเดินเครื่องจักร ฯลฯ

2. **การเตรียมการ**

- การจัดกลุ่มของอุปกรณ์ไฟฟ้า แบ่งเป็น

ก. ตามลำดับความสำคัญของเครื่องจักร เช่น เป็นเครื่องจักรที่อยู่ในขบวนการผลิต มีการทำงานสัมพันธ์กับเครื่องจักตัวอื่น ๆ หรือทำงานตามลำดับขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทำงานเสริมกระบวนการผลิตหรือเป็นอุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตเลยเป็นต้อน

ข. ตามลำดับการทำงาน เช่น เป็นเครื่องจักรที่ต้องเดินต่อเนื่องตลอดเวลาหรือเป็นเวลานาน ๆ หลายชั่วโมง เป็นแบบเดิน ๆ หยุด ๆ แยกย่อยได้เป็นพวกเดินมากกว่าหยุด หรือหยุดมากกว่าเดิน หรือ พอ ๆ กัน กับพวกที่นาน ๆ จะทำงานสักครั้งหนึ่ง

- การระบุชนิดและจำนวนของเครื่องจักรที่มีผลทำให้เกิดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การประเมินค่าความเป็นไปได้ของการลดค่าของความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ว่าสามารถลดได้มากน้อยเพียงแค่ไหน

3. **การทดลองปฏิบัติและตรวจสอบผล**

- ย้ายเวลาเดินเครื่องจักรบางตัว หรือบางชุดให้ทำงานเร็วขึ้น หรือช้าลงเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้งานในช่วงเวลา Peak หรือหลีกเลี่ยงการใช้งานพร้อม ๆ กัน

- ตัด หรือ ปลดเครื่องจักรบางตัว หรือ หลาย ๆ ตัว ออกจากระบบหรือลดโหลดของเครื่องจักรเมื่อปริมาณการใช้พลังงงานไฟฟ้าในเวลา 15 นาทีจะเกินจากค่าที่กำหนดไว้ (การกำหนดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดก็คือ การกำหนดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเวลา 15 นาที)

- จัดเวลาเดินเครื่องจักรใหม่ให้ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละชุดเหลื่อมเวลากัน

- ปลดเครื่องจักรที่เดินตัวเปล่า หรือไม่มีความจำเป็นออกจากระบบไฟฟ้า เพื่อลดการสูญเสีย

2.3.6. **การหาข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายวัน**

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายวันจะบอกให้ทราบว่า การใช้ไฟฟ้าของเราในแต่ละช่วงเวลาของวันมีลักษณะอย่างไร สูงต่ำตรงไหน เราสามารถหาข้อมูลได้จาก

1. **การจดจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ทุก 15 นาที** โดยการจดจะจดจากมิเตอร์ของการไฟฟ้าซึ่งต้องใช้แบบฟอร์มจดข้อมูลและพนักงานจดข้อมูล

เนื่องจากความต้องการพลังงไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที มีค่าเป็น 4 เท่าของจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ไปในเวลา 15 นาที การหาข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายวัน หรือเส้นโค้งของโหลดจึงทำได้โดยให้พนักงานของโรงงาน 2 - 3 คน ผลัดกันอ่านจดบันทึกค่าจำนวนไฟฟ้าที่ใช้ทุก 15 นาที จากมิเตอร์ของการไฟฟ้า ลงในแบบฟอร์ม แล้วคำนวณออกมาเป็นความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด โดยความต้องการพลังไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา 15 นาที = 4 x ตัวคูณมิเตอร์ (มีระบุไว้ในใบเสร็จรับเงิน) x จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่อ่านได้ในช่วงเวลา 15 นาที

วิธีนี้เหมาะสำหรับการสำรวจขั้นต้น ซึ่งไม่เคยทราบลักษณะการใช้ไฟฟ้ามาก่อนเลย แต่มีข้อจำกัด คือ

- ถ้าตัวคูณของมิเตอร์มีค่ามาก เช่น 1000 หรือ 2000 หรือสูงกว่านี้ จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ไปในช่วงเวลา 15 นาที ที่จะปรากฏบนมิเตอร์ไฟฟ้าจะน้อยทำให้ตัวเลยเปลี่ยน้อยมากจนอ่านผลต่างได้ลำบาก

- ความรับผิดชอบของพนักงานจดข้อมูล เนื่องจากต้องอ่านทุก ๆ 15 นาที พนักงานจดข้อมูลอาจเบื่อหน่าย เลยอ่านตัวเลขไม่ละเอียด หรือ อ่านไม่ตรงกับเวลาที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **การบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องบันทึกกราฟ**

วิธีนี้จะดึงสัญญาณจากแอมมิเตอร์แล้วแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงด้วยชุดไดโอดในการกรองสัญญาณด้วยวงจรกรอง R - C แล้วจึงป้อนเข้าเครื่องบันทึกกราฟ อาจจะเป็นกราฟวงกลม หรือกราฟเป็นม้วนก็ได้ ข้อมูลที่ได้จะเป็นกำลังไฟฟ้า ณ เวลาใด ๆ ไม่ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้ก็สามารถใช้บอกได้ว่าใครใช้โหลดสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด เกิดนานแค่ไหน และสูงกว่าค่าเฉลี่ยหรือค่าต่ำสุดเท่าไร มีศักยภาพที่จะลดลงได้มากน้อยเพียงใด

ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ โหลดของระบบไฟฟ้าต้องค่อนข้างสมดุลย ถ้าไม่สมดุลจะทำให้กระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสแตกต่างกันมาก ทำให้ข้อมูลกระแสที่วัดได้ใช้เป็นตัวแทนของกำลังไฟฟ้าได้ไม่ถูกต้องนัก และตัวประกอบกำลังต้องไม่แปรเปลี่ยนไปตามสภาพโหลดมากด้วย

3. **การบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าด้วยเครื่องบันทึกกราฟ**

วิธีนี้ต้องใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าที่มีสัญญาณออกเข้าเครื่องบันทึกกราฟข้อมูลล

4. **การใช้เครื่องวัดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด**

วิธีนี้จะใช้เครื่องดัดพลังไฟฟ้าสูงสุด (Demand Monitor)) วัดค่าออกมา ข้อมูลที่ได้จากเครื่องจะเป็นค่าพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีเลย หรือพิมพ์ออกมาให้เป็นกราฟเลยก็ได้ แล้วแต่ความสามารถของเครื่อง การวัดด้วยวิธีนี้มีความสะดวก แม่นยำ แต่จะเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง เพราะต้องจัดหาเครื่องวัดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมาติดตั้งไว้ใช้งาน

2.3.7. **การหาข้อมูลการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า**

การควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดไม่ให้เกินค่าที่กำหนดไว้ สามารถทำได้ด้วยการจัดการการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ให้เดินในเวลาที่เหมาะสม และให้ใช้งานที่มีค่าโหลดที่เหมาะสมด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องทราบลักษณะการเดินเครื่องของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ว่าแต่ละตัวถูกใช้งานในช่วงเวลาไหนบ้าง ใช้งานนานแค่ไหน การหาข้อมูลนี้อาจทำได้โดย

1. หาเวลาเดินเครื่องจักร หรือใช้งานเครื่องจักรแต่ละตัวว เมื่อได้ข้อมูลของเครื่องจักรแต่ละตัวมาแล้ว ก็ให้นำเอาเฉพาะข้อมูลเวลาที่เครื่องจักรทำงานมาเขียนร่วมกันเพื่อดูลักษณะการทำงานของเครื่องจักร ว่าที่การทำงานพร้อม ๆ กันมากน้อยแค่ไหน ขณะเดียวกันก็เขียนเส้นโค้งของโหลดเทียบลงไฟด้วยจะเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้นว่า มีเครื่องจักรตัวไหนบ้างที่เดินเครื่องอยู่ในช่วงเวลาดังกล่าวที่เกิดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด แล้วจึงมองหาว่าจะลดโหลดของเครื่องจักรตัวไหนได้บ้าง หรือจะปลดเครื่องจักรตัวไหนออกจากระบบได้บ้าง หรือจะย้ายเวลาเดินเครื่องจักรตัวไหนได้บ้าง เป็นต้น

2. หาลักษณะการทำงานของเครื่องจักรแต่ละตัวโดยการวัดข้อมูลการกินไฟฟ้า (แอมแปร์หรือกิโลวัตต์) โดยวัดข้อมูลอย่างละเอียด สำหรับเครื่องจักรที่มีผลทำให้เกิดความต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพลังไฟฟ้าสูงสุดขึ้น โดยอาศัยข้อมูลจากข้อ 1 ประกอบเพื่อจะได้ไม่ต้องวัดข้อมูลจำนวนมากเกินความจำเป็น

3. หาลักษณะการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าทีละแผนก หรือทีละวงจรสายป้อน ในกรณีที่โรงงานมีอุปกรณ์ไฟฟ้าจำนวนมากไม่สามารถหาข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวได้ เพราะต้องใช้เครื่องมือวัดจำนวนมาก เสียค่าใช้จ่ายสูง ในกรณีนี้ให้วัดลักษณะการใช้ไฟฟ้าโดยแบ่งโหลดออกเป็นกลุ่ม ๆ เช่น แบ่งไปตามแผนก หรือสายการผลิต หรือแบ่งตามวงจรสายป้อน แล้วแต่ว่าวิธีไหนจะให้ข้อมูลที่เอาไปใช้งานได้ดีกว่ากัน

2.3.8. **วิธีการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด**

เมื่อได้ทำการสำรวจข้อมูลต่าง ๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็จะถึงขั้นตอนการทดลองทำดูว่าจะสามารถควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดให้อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการได้หรือไม่ แนวทางที่ควรทดลองทำดูมีดังนี้

1. ย้ายเวลาเดินเครื่องจักรบางตัวหรือบางชุดให้ทำงานเร็วขึ้นหรือช้าลงเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้งานในช่วงเวลา Peak

2. ตัดหรือปลดเครื่องจักรบางตัว หรือ หลาย ๆ ตัวออกจากระบบ (หรือลดโหลดของเครื่องจักร) เมื่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในเวลา 15 นาที จะเกินค่าที่กำหนดไว้

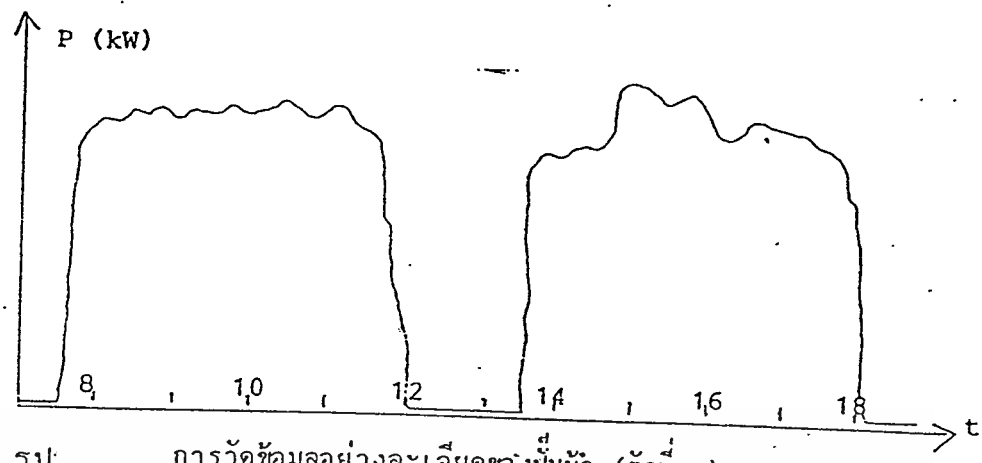
3. จัดเวลาเดินเครื่องใหม่ ให้ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละชุดเหลื่อมกัน วิธีนี้จะต้องทราบลักษณะการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรแต่ละชุดเสียก่อน และลักษณะการใช้ไฟฟ้าดังกล่าวจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากในแต่ละวัน

4. ปลดเครื่องจักรที่เดินตัวเปล่า หรือไม่มีความจำเป็นออกจากระบบไฟฟ้าก็จะลดลงตามการสูญเสีย เมื่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลง ความต้องการพลังไฟฟ้าก็จะลดลงตามไปด้วย เพราะความต้องการพลังไฟฟ้าก็คือ 4 เท่า ของปริมาณพลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา 15 นาที

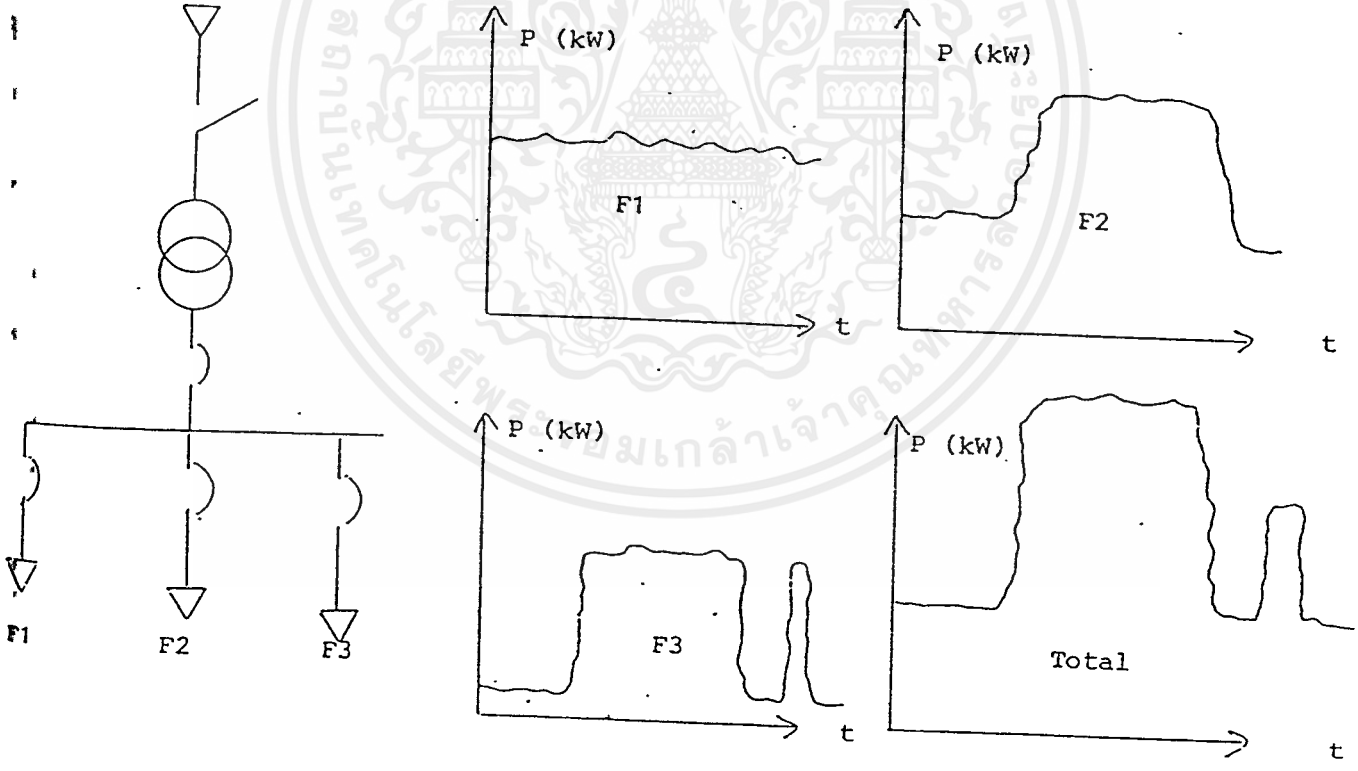
5. สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้ไฟฟ้าที่แปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล จะต้องมีการวางแผนการใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสม เพราะในเดือนที่ใช้ไฟฟ้าน้อย ๆ อาจจะต้องเสียค่าไฟฟ้าสูงโดยไม่จำเป็น เนื่องจากค่าไฟฟ้าต่ำสุดในอัตราค่าไฟฟ้าปัจจุบัน จะคิดจากร้อยละ 70 ของความต้องการพลังไฟฟ้าที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา

การควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จะเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดค่าไฟฟ้าลงได้อย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ที่ต้องเสียค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOD ถ้าสามารถควบคุมการใช้ไฟฟ้าในช่วง 18.30 - 21.30 น. ลงได้ ค่าไฟฟ้าจะลดลงอย่างมาก เพราะค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนจะคิดจากร้อยละ 70 ของความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา ดังนั้นถ้ามีการใช้ไฟฟ้าผิดปกติในเดือนใดเดือนหนึ่งแล้ว จะมีผลต่อเนื่องไปอีกสถึง 11 เดือนด้วยกันทีเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

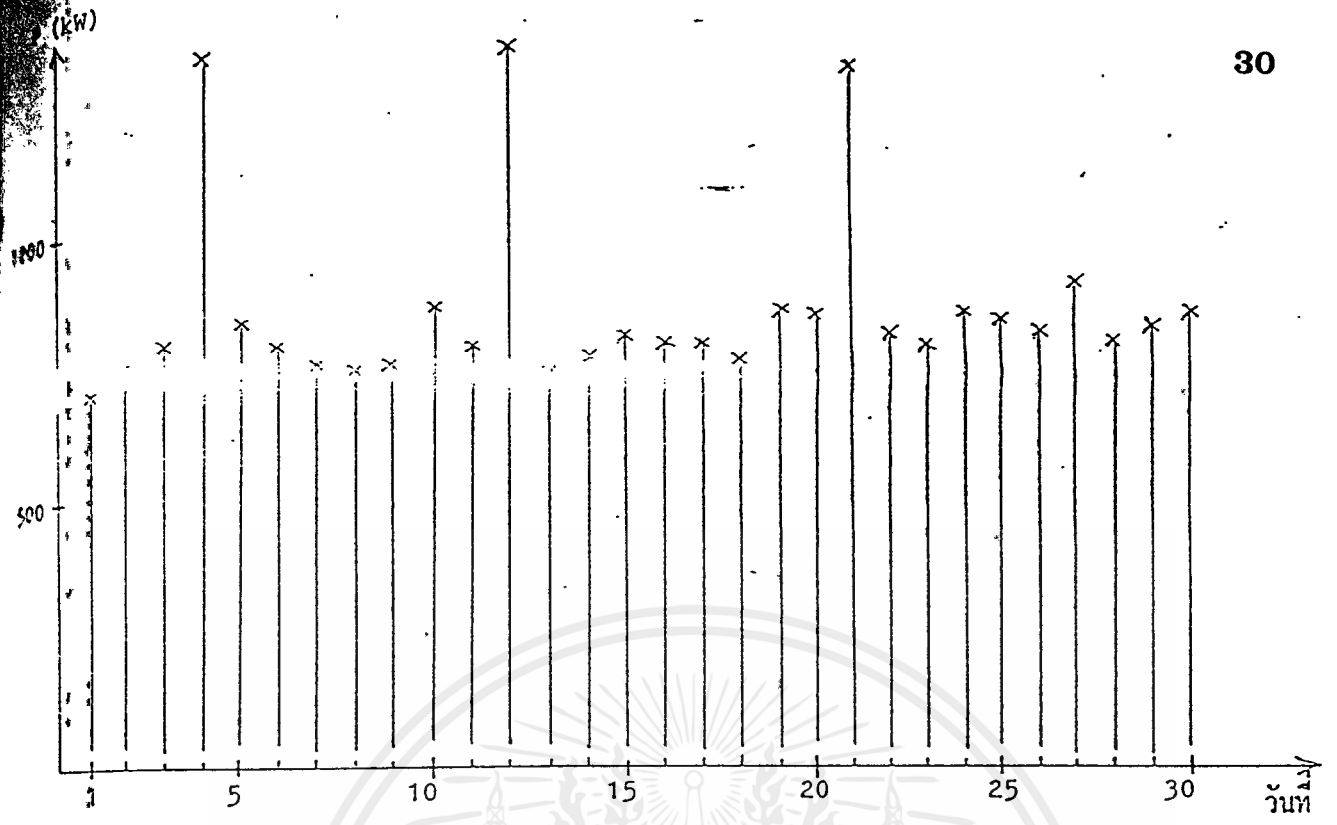


รูป การวัดข้อมูลอย่างละเอียดของปั๊มน้ำ (ตัวที่ 1)

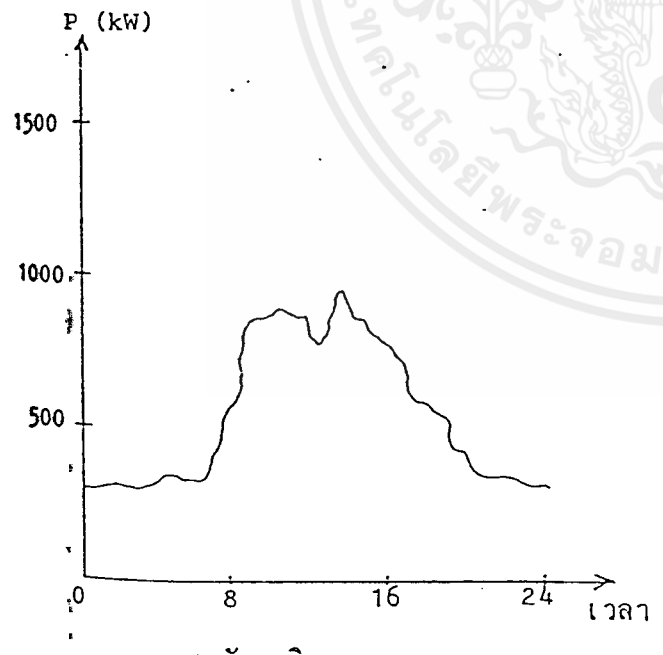


รูป การวัดข้อมูลการใช้ไฟฟ้าโดยแยกไปตามวงจรสายป้อนและผลรวม

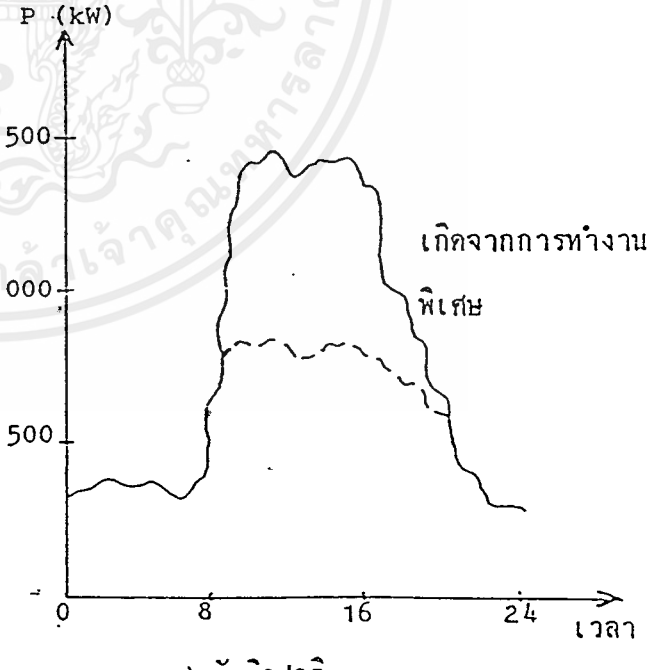
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟแสดงความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดรายวัน



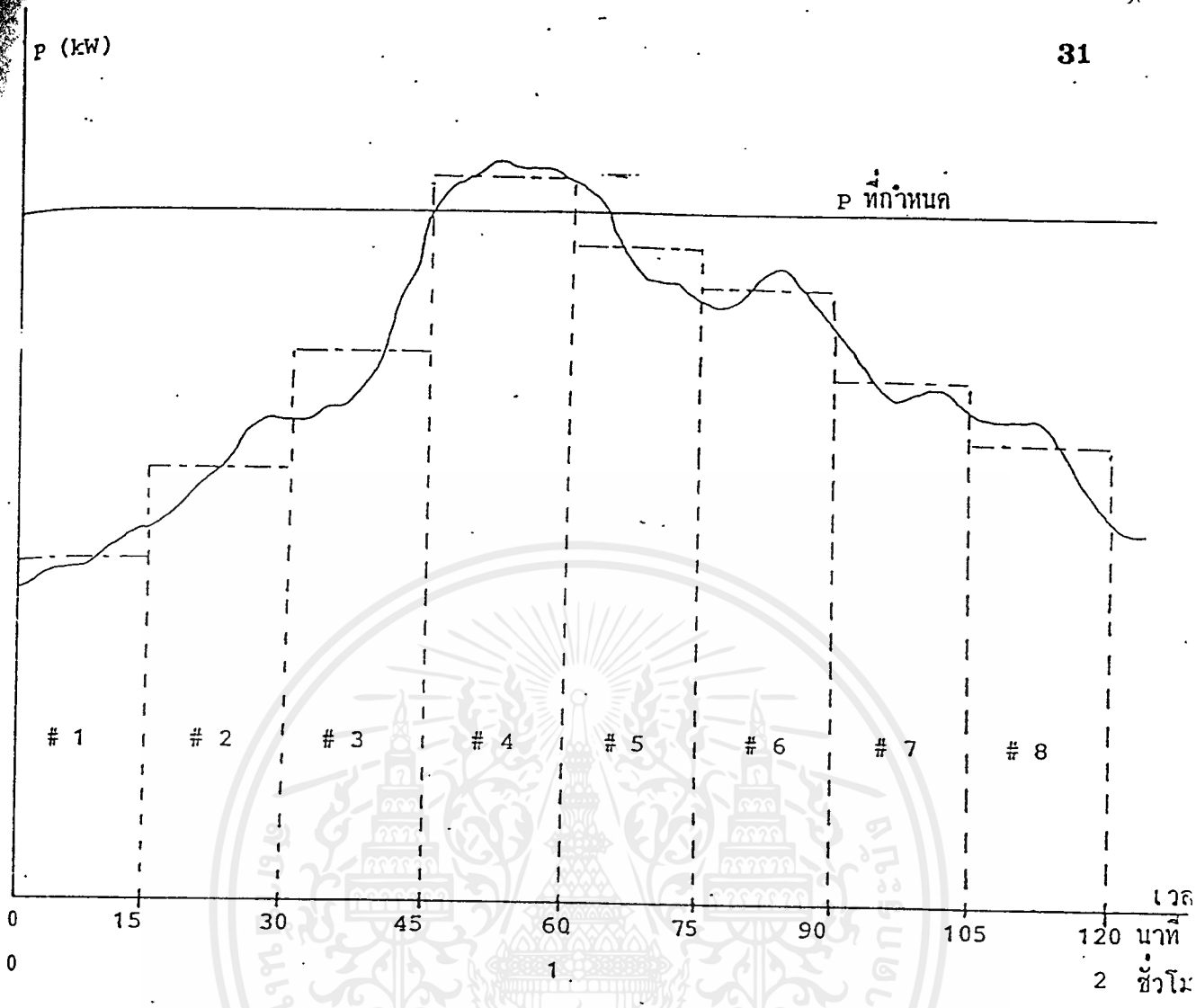
ก) วันปกติ



ข) วันผิดปกติ

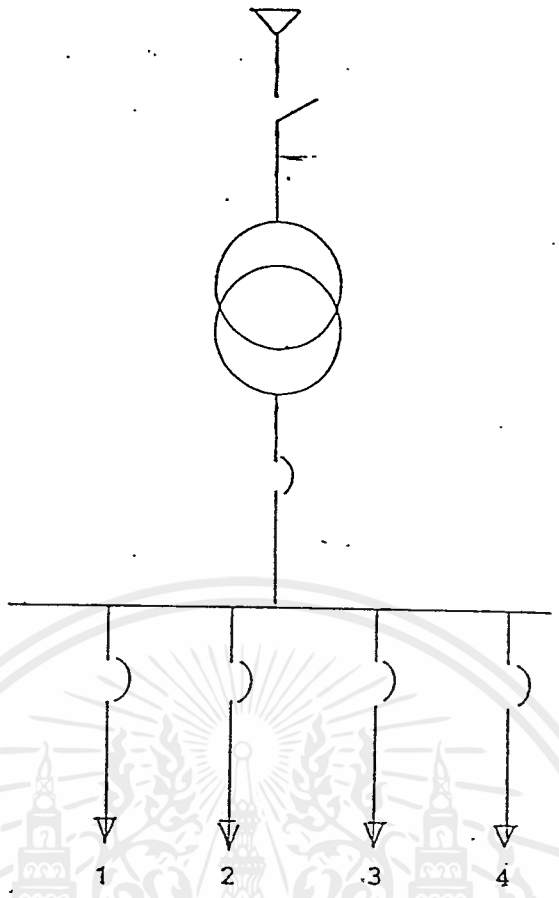
รูป ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

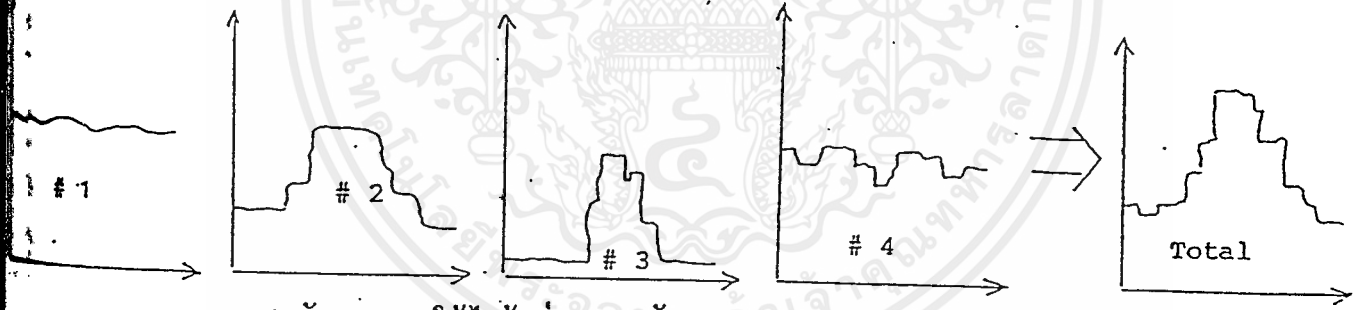


รูป ลักษณะการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง

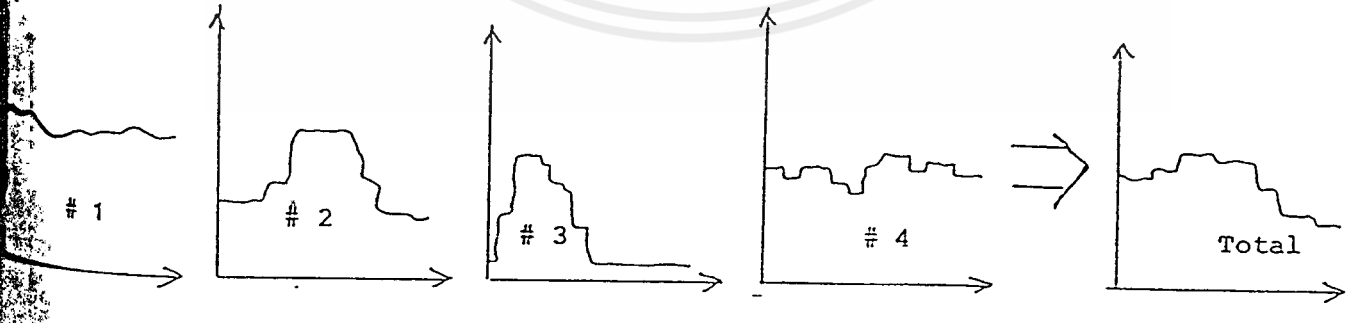
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) Single line diagram



ข) ลักษณะการใช้ไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง



ค) ลักษณะการใช้ไฟฟ้าหลังการปรับปรุง

รูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4. การเพิ่มประสิทธิภาพของการให้แสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ดี นอกจากจะทำให้การประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ในโรงงานตั้งแต่ขั้นตอนเตรียมวัตถุสืบไปถึงขั้นตรวจสอบผลิตภัณฑ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังเสียค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ต่ำด้วย เช่น ค่าหลอด ดวงโคม ค่าไฟฟ้า และค่าการบำรุงรักษา หลักการสำคัญที่จะให้ได้มาซึ่งระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงนั้นมีดังต่อไปนี้

1. การทำความเข้าใจกับพื้นที่ที่จะใช้แสงสว่าง
2. การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างต่าง ๆ อย่างเหมาะสม
3. การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
4. การใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
5. การซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

2.4.1. การทำความเข้าใจกับพื้นที่ที่จะใช้แสงสว่าง

การทำความเข้าใจกับพื้นที่ที่จะใช้แสงสว่างคือ การศึกษาถึงประเภทหรือชนิดของงานที่จะกระทำในพื้นที่นั้น ๆ ว่าเป็นงานชนิดใด ต้องการระดับความสว่างสูงต่ำมากน้อยเพียงใด ค่าความสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทนั้นสามารถค้นหาได้จากมาตราฐาน ด้านวิศวกรรมการส่องสว่างของประเทศต่าง ๆ ที่ได้จัดพิมพ์ไว้ เช่น มาตราฐานของประเทศ สหรัฐอเมริกา อังกฤษ ออสเตรเลีย ฝรั่งเศส **ตารางที่** 1 แสดงค่าความสว่างที่แนะนำให้ใช้โดย CIE ในขณะเดียวกันก็พิจารณาหรือเลือกสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้กับพื้นที่นั้น ๆ ด้วย เช่น การใช้สีเทาส่วนต่าง ๆ ของห้องควรเป็นสีโทนสว่างเพื่อช่วยสะท้อนแสง หรือทำให้ห้องแลดูสว่างขึ้น ค่าแฟคเตอร์การสะท้อนแสงที่มาตรฐานต่าง ๆ แนะนำให้ใช้ มีค่าดังแสดงใน **ตารางที่** 2

2.4.2. การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างต่าง ๆ

1. **หลอดไฟฟ้า** ในการเลือกหลอดไฟฟ้าใช้งานนั้น เราต้องพิจารณาแฟคเตอร์หลาย ๆ ตัว เพื่อให้ได้หลอดที่มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะกับงานนั้นๆ ที่สุดแฟคเตอร์ต่างๆ เหล่านั้น ได้แก่

- **ประสิทธิภาพแสง** หลอดไฟฟ้าต่าง ๆ จะมีความสามารถในการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังแสงสว่างไม่เท่ากัน ความสามารถของหลอดนี้เราเรียกว่า ประสิทธิภาพแสง (Luminous Efficacy) หลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพแสงต่ำที่สุด ส่วนหลอดโซเดียมความดันต่ำมีประสิทธิภาพแสงสูงที่สุด **ตารางที่** 3 แสดงภาพแสงของหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

- **อายุใช้งาน** อายุใช้งานของหลอดเป็นแฟคเตอร์ที่สำคัญที่ต้องการนำมาพิจารณาด้วย เพราะหลอดที่มีราคาถูก อายุสั้น จึงต้องเปลี่ยนหลอดบ่อย ๆ อาจจะเสียค่าใช้จ่ายแพงกว่าหลอดที่มีราคาแพงต่ออายุยาวก็ได้ ดู**ตารางที่** 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1

Example of a table of recommended illuminances

Type of interior, task or activity	Rannge of service illuminance (lux)	Type of interior, task or activity	Rannge of service illuminance (lux)
Geneial building stress		Cnemical works	
Circulatio areas,		Automatic processes	50 - 100 - 150
corridors	50 - 100 - 150	Production plant requuring	
stairs, escalators	100 - 150 - 200	occasional intervention	100 - 150 - 200
stores and stockrooms	100 - 150 - 200	General interior plant	
Aircraft hangars		areas	200 - 300 - 500
Inspection and repairs	300 - 500 - 750	Control rooms, laboratories	300 - 500 - 750
Aircrft engine testing	500 - 750 - 1000	Pharmaceutical manufacture	300 - 500 - 750
Assembly shops		Inspection	500 - 750 - 1000
Rough work, heavy		Colour mtching	750 - 100 - 1500
machinery assembly	200 - 300 - 500	Rubber type manufacturing	300 - 500 - 750
Medium work, engine		Churches	
assembly, vehicle body		body of church	50 - 100 - 150
assembly	300 - 500 - 750	choir, altar , pulpit	150 - 200 - 300
Fine work, electronic and		Clothing factories	
office machinery assembly	500 - 750 - 1000	Sewing	500 - 750 - 1000
Very fine work, instrument		Inspection	750 - 1000 - 1500
assembly	1000 - 1500 - 2000	Pressing	300 - 500 - 750
Auditoria		Electrical industry	
theatres and concert halls	50 - 100 - 150	Cable manufacturing	200 - 300 - 500
Multi-purpose	150 - 200 - 300	Assembly of telephone sets	300 - 500 - 750
Cement indusry		Winding assembly	500 - 750 - 1000
Griding , kiln room	100 - 150 - 200	Assembly of radio and	
		television receivers	750 - 1000 - 1500
		Assembly of ultra-precision	
		parts, electronic	
		components	1000 - 1500 - 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1(ต่อ)

Example of a table of recommended illuminances

Type of interior, task or activity	Rannge of service illuminance (lux)	Type of interior, task or activity	Rannge of service illuminance (lux)
Electricity qeneration stations		Glass works and pottery	
Boiler house	50 - 100 - 150	Furnace rooms	100 - 150 - 200
Turbine building		Mixing rooms,forming,	
operating floor	150 - 200 - 300	moulding , kiln rooms	200 - 300 - 500
below operating floor	50 -100 - 150	Finishing , enameling,	
Auxiliaries, pumps,tanks,		glazing	300 - 500 - 750
compressors,gauge area	50 - 100 - 150	Colouring, decorating	500 - 750 - 1000
Cable tunnels, cable room	30 - 50 - 75	Gringding lenses and crytal	
Telephone communication		glassware, fine work	750 - 1000 - 1500
equipment rooms	150 - 200 - 300	Iron and steel works	
Control rooms		Production plants not	
desks	200 - 300 - 500	reguiring manual	
vertical panels	200 - 300 - 500	intervention	50 - 100 - 150
rear of panels	100 - 150 - 200	Production plants reguiring	
Pood industries		occasional intervention	100 - 150 - 200
Ganeral working areas	200 - 300 - 500	Permanently occupicd work	
Automatic precesses	150 - 200 - 300	stations in production	
Hand decorating, inspectio	300 - 500 - 750	plants	200 - 300 - 500
Foundries		Control platforms and	
Foundry bays	150 - 200 - 300	inspection	300 - 500 - 750
Rough moulding , rough		Leather industry	
core making	200 - 300 - 500	General work areas	200 - 300 - 500
Fine moulding , core		Pressing,cutting, sewing	
making , inspection	300 -500 - 750	shoe production	500 - 750 - 1000
		Grading, matching, quality	
		control	750 - 1000 - 1500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1(ต่อ)

Example of a table of recommended illuminances

Type of interior, task or activity	Rannge of service illuminance (lux)	Type of interior, task or activity	Rannge of service illuminance (lux)
Bisraries		Paper mills	
Shelves, book stacks		paper and board making	200 - 300 - 500
(vertical)	150 - 200 - 300	Automatic processes	150 - 200 - 300
Reading tables	300 - 500 - 750	Inspection, sorting	300 - 500 - 750
Conters, cataloguing		Printing words and	
and sorting	200 - 300 - 500	bookbinderies	
Binding	200 - 300 - 500	printing machine room	300 - 500 -750
Machine and fitting shop		Composing rooms, proof	
Casual work	150 - 200 - 300	reading	500 - 750 - 1000
Rough bench and machine		Precision Proofing	
work, welding	200 - 300 - 500	Retouching, etching,	750 - 1000 - 1500
Medium bench and machine		Colour reproduction and	
work, ordinary automatic		printing	1000 - 1500 - 2000
machines	300 - 500 - 750	Steel and copper engraving	1500 - 2000 - 3000
Fine bench and machine		Boodbinding	300 - 500 - 750
work, fine automatic		Trimming , embossing	500 - 750 - 1000
machines , inspection and		Shops and stores	
testing	500 - 750 - 1000	General lighting of shops	
Very fine work, gauging		- in large commercial	
and inspection of small		centres	500 - 750
intresate parts	1000 - 1500 - 2000	- situated elsewhere	300 - 500
Paint shops and spray		- super and hyper market	500 - 750
booths		Textile industries	
Dipping, rough spraying	200 - 300 - 500	Bale breaking, carding	
Ordinary painting,		drawing	200 - 300 - 500
spraying and finishing	300 - 500 - 750	Spinning, winding, reeling	
Fine painting , spraying		combing, dying	300 - 500 - 750
and finishing	500 - 750 - 1000	Beaming, spinning (fine	
Retouching and matching	750 - 1000 - 1500	counts) , twisting , weaving	500 - 750 - 1000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Example of a tabke of recommanded illuminamces

Type of interior , task Or activity	Range of service illuminance (lux)
Woodworking shops and furniture factories	
Saw mills	150-200-300
Bench work , essembly	200-300-500
Wood machining	300-500-750
Finishing, final	
inspection	500-750-1000
Offices	
General offices, typing,	
computer rooms	300-500-750
Deep-plan general offices	500-750-1000
Drawing offices	500-750-1000
Conference rooms	300-500-750
Schools	
Classrooms	
general lighting	300-500-750
chalkboard	300-500-750
drafting	500-750-1000
Lecture theatres	
general lighting	300-500-750
chalkboard	500-750-1000
demonatration benches	500-750-1000
Laboratories	300-500-750
Art rooms	300-500-7050
Work shops	300-500-750
Asambly halls	150-200-300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่าแฟคเตอร์การสะท้อนแสงที่แนะนำให้ใช้

พื้นที่	พื้นผิว	ช่วงของแฟคเตอร์การสะท้อนแสง (%)*
ทั่ว ๆ ไป	เพดาน	70-90
	ผนัง	40-60
	เครื่องแต่งเรือน	25-45
	พื้น	20-50
สำนักงาน	เพดาน	80-90
	ผนัง	40-60
	เครื่องแต่งเรือน	25-45
	อุปกรณ์สำนักงาน	25-45
	พื้น	20-40
ที่อยู่อาศัย	เพดาน	60-90
	ผ้าม่าน (ผืนใหญ่)	35-60
	ผนัง	35-60
	พื้น	15-35
โรงเรียน	เพดาน	70-90
	ผนัง	40-60
	กระดานดำ	สูงถึง 20
	พื้น	30-50
อุตสาหกรรม	เพดาน	80-90
	ผนัง	40-60
	อุปกรณ์และพื้นโต๊ะ	25-45
	พื้น	20 +

* ในระหว่างการใช้งานควรรักษาให้แฟคเตอร์การสะท้อนแสงของพื้นผิวต่างๆมีคาใกล้เคียง กับค่าที่แนะนำให้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **สีของแสง** หลอดแต่ละชนิดจะให้แสงที่มีส่วนประกอบทางสเปคตรัมไม่เหมือนกันจึงอาจทำให้สีของวัตถุผิดเพี้ยนไปจากการมองเห็นภายใต้แสงอ้างอิงได้ การเลือกใช้งานจึงต้องพิจารณาเรื่องสีของแสงหลอดด้วย

ในการที่จะเปลี่ยนการใช้งานจากหลอดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่ง เช่นในการปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้น ไม่ควรเปลี่ยนหลอดทั้งหมดในทันทีทันใด แต่ควรกำหนดเป็นพื้นที่ทดลองส่วนหนึ่งก่อน ถ้าผู้ใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างไม่ปฏิเสธแล้ว จึงจะทำการเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด หลอดที่มีอุณหภูมิสีสูงเหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการความสว่างสูง

- **ระยะเวลาอุ่นหลอดและระยะเวลารอจุดซ้ำ** แฟคเตอร์นี้จะต้องได้รับการพิจารณาด้วย ในกรณีที่ต้องการระบบแสงสว่างที่ต้องการให้แสงทันทีเมื่อเปิดใช้งาน ดูตารางที่ 5

ข้อดีข้อเสียของหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

หลอดอินแดนเดสเซนต์ เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพแสงต่ำมาก ประมาณ 90 - 95 % ของพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้หลอดจะถูกเปลี่ยนเป็นความร้อน อย่างไรก็ตามความนิยมการใช้หลอดอินแดนเดสเซนต์ก็ยังมีอยู่ไม่น้อย เนื่องจากราคาถูก ให้ความถูกต้องของสีสูงติดตั้งใช้งานง่าย ให้แสงสว่างทันทีเมื่อเปิดใช้งาน หรี่แสงได้ง่ายและควบคุมลำแสงได้ง่ายเนื่องจากมีขนาดที่กระทัดรัด

หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดชนิดนี้ได้ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานแทนหลอดอินแดนเดสเซนต์ เนื่องจากมีข้อดีกว่า คือ มีประสิทธิภาพสูงกว่า และมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า หลอดแบบอินแดนเดสเซนต์ซึ่งมีอายุใช้งานประมาณ 750 - 1000 ชั่วโมง แต่หลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีอายุประมาณ 6000 ถึง มากกว่า 20000 ชั่วโมง ขึ้นกับชนิดของหลอด หลอดที่ให้แสงสีขาวจะมีให้เลือกหลายชนิด เช่น Daylight , Cool White , Warm White ฯลฯ และในปัจจุบันหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้รับการพัฒนาจนสามารถผลิตหลอดที่มีกำลังวัตต์ต่ำ ๆ ได้ เช่น หลอดขนาด 5 , 7 , 9 , 10 , 11 , 12 , 13 , 18 , 24 , 25 วัตต์ เป็นหลอดที่มีรูปร่างเล็กกระทัดรัด ใช้แทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ ได้โดยไม่มี ปัญหาเรื่องหลอดยาวเกะกะอีกด้วย

หลอดไอปรอทความดันสูงหรือหลอดแสงจันทร์ เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพแสงต่ำกว่าหลอดฟลูออเรเซนต์เล็กน้อย แต่มีอายุใช้งานยาวนานกว่า โดยมีอายุใช้งานมากกว่า 24000 ชั่วโมง มีขนาดให้เลือกใช้งานตั้งแต่ 40 วัตต์ ถึง 1000 วัตต์ แต่หลอดชนิดนี้มีข้อเสียคือปริมาณแสงจะลดลงตามระยะเวลาใช้งานมากและคุณภาพสีของแสงจะไม่ค่อยดี

หลอดโลหะฮาไลด์ เป็นหลอดในตระกูล HID ที่มีประสิทธิภาพแสงสูงเป็นอันดับสองรองจากหลอดโซเดียมความดันสูง และเป็นหลอดที่มีคุณสมบัติทางสีของแสงดีมาก จึงสามารถนำไปใช้ให้แสงสว่างในงานต่าง ๆ ได้มากมาย เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรม อาคารพาณิชย์ ทั้งภายนอกและภายในอาคารตลอดจนการให้แสงสว่างในสนามกีฬาที่ต้องการคุณภาพทางด้านสีและระยะเวลารอจุดซ้ำเมื่อต้องการเปิดหลอดใช้งานใหม่ทันทีอีครั้งหลังปิดใช้งาน และยังไม่มีหลอดที่มีขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ

(รวมกำลังงานสูญเสียในบัลลาสต์แล้ว)

ชนิดของหลอด	ประสิทธิภาพแสง(ลูเมน/วัตต์)
1. อินแคนเดสเซนต์	8-20
2. ทังสเตน - ฮาโลเจน	17-25
3. หลอดแสงผสม	12-30
4. หลอดไอปรอทความดันสูง(หลอดแสงจันทร์	35-50
5.หลอดฟลูออเรสเซนต์	45-65
6.หลอดโลหะฮาไลด์	45-70
7.หลอดโซเดียมความดันสูง	60-110
8.หลอดโซเดียมความดันต่ำ	70-155

ตาราง อายุใช้งานของหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ชนิดของหลอด	อายุใช้งาน (ชั่วโมง)
1.หลอดอินแดนเดสเซนต์	750-1000
2.หลอดทังสเตน-ฮาโลเจน	2000-4000
3.หลอดแสงผสม	16000
4.หลอดไอปรอทความดันสูง	24000
5.หลอดฟลูออเรสเซนต์(แบบอุ่นไส้)	6000-8000
(แบบจุดติดเร็ว)	20000
6.หลอดโลหะฮาไลด์	7500-20000
7.หลอดโซเดียมความดันสูง	24000
8.หลอดโซเดียมความดันต่ำ	18000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ระยะเวลาอุ่นหลอดและระยะเวลารอจุดซ้ำ
ของหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ(เป็นนาที)

ชนิดของหลอด	ระยะเวลาอุ่นหลอด	ระยะเวลารอจุดซ้ำ
1.หลอดอินเดสเซนต์	-	-
2.หลอดทังสเตน - ฮาโลเจน	-	-
3.หลอดแสงผสม	-	3-6
4.หลอดไอปรอทความดันสูง	5-7	3-6
5.หลอดฟลูออเรสเซนต์	-	-
6.หลอดโลหะฮาไลด์	3-5	10-15
7.หลอดโซเดียมความดันสูง	3-4	1
8.หลอดโซเดียมความดันต่ำ	10-13	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตต์ต่ำ ๆ ให้เลือกใช้งาน ปัจจุบันมีให้เลือกใช้งานตั้งแต่ขนาด 175 ถึง 1500 วัตต์ มีอายุใช้งานประมาณ 7500 - 20000 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับขนาดของหลอด

หลอดโซเดียมความดันสูง เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในบรรดาหลอด HID ด้วยกัน แต่มีข้อเสียคือ คุณภาพทางสีของแสงไม่ค่อยดี มีสีของแสงเป็นสีขาวออกสีเหลืองทอง มีขนาดให้เลือกใช้งานตั้งแต่ขนาด 35 - 1000 วัตต์ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีการผลิดหลอดชนิดนี้ที่ได้ปรับปรุงคุณภาพทางด้านสีของแสงให้ดีขึ้นออกมาจำหน่ายในท้องตลาดแล้วแต่จะมีอายุใช้งานที่ต่ำกว่าหลอดโซเดียมความดันสูงธรรมดา

หลอดโซเดียมความดันสูงนี้เหมาะกับการใช้งานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างของไฟถนนและทางด่วน ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่ต้องคำนึงถึงเรื่องสีมากนัก หรือ บริเวณพื้นที่ภายนอกอาคาร เช่น ที่จอดรถ พื้นที่เก็บกองวัสดุ สนามกีฬา และสถานที่พักผ่อน ไฟแสงสว่างบนสะพาน ในอุโมงค์ และระบบโทรทัศน์วงจรปิด นอกจากนี้ถ้าใช้งานร่วมกับโลหะฮาไลด์ ในพื้นที่เดียวกันก็จะทำให้ได้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพ และมีคุณสมบัติทางสีของแสงดีด้วย หลอดโซเดียมความดันสูงจะมีอายุหลอดใช้งานนานกว่า 24000 ชั่วโมง

หลอดโซเดียมความดันต่ำ เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด แต่สามรถนำไปใช้งานได้ในวงจำกัดเพราะเป็นหลอดที่ให้แสงแบบความยาวคลื่นเดียว (Monochomatic light) ที่มีค่าของตัวความยาวคลื่น 589 และ 589.6 นาโนเมตรเท่านั้น ทำให้สีของวัตถุเพี้ยนไปมาก มีขนาดให้เลือกใช้งานตั้งแต่ 18 - 180 วัตต์ เหมาะกับระบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อรักษาความปลอดภัยและไฟถนนในชนบทเท่านั้น มีอายุใช้งานประมาณ 18000 ชั่วโมง

เพื่อให้ได้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ดีมีประสิทธิภาพสูง ควรเลือกหลอดไฟฟ้าโดยพิจารณาถึงแฟคเตอร์ต่าง ๆ อย่างละเอียด โดยดูจากข้อมูลของหลอดชนิดต่าง ๆ ที่ได้พิมพ์เผยแพร่ในตารางข้อมูลของหลอดที่บริษัทผู้ผลิตได้แจ้งไว้ ดู**ตารางที่** 6 เป็นตัวอย่าง

2. **บัลลาสต์** บัลลาสต์ที่ใช้งานร่วมกับหลอดก๊าซดิสชาร์จทั้งหลายจะทำหน้าที่ควบคุมกระแสหรือกำลังไฟฟ้าของหลอดในขณะที่หลอดทำงานตามปกติ และจะช่วยจุดหลอดในตอนเริ่มเปิดใช้งาน การใช้งานร่วมกันระหว่างหลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์ จะเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้งานร่วมกันได้ ถ้าใช้งานหลอดกับบัลลาสต์ผิดชนิดกันจะทำให้เกิดผลเสียหลายอย่าง เช่น จุดติดยาก หลอดเสื่อมสภาพเร็ว หลอดอายุสั้น เกิดกำลังงานสูญเสียสูงในบัลลาสต์ ทำให้บัลลาสต์อายุสั้นได้ ตัวแปรที่สำคัญในการเลือกใช้งานบัลลาสต์แต่ละชนิด ก็คือความสามรถในการรักษาค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดเมื่อแรงดันที่ป้อนให้เปลี่ยนแปลงไป ราคาของบัลลาสต์ กำลังงานสูญเสียและอื่น ๆ กำลังสูญเสียของบัลลาสต์นอกจากจะทำให้เกิดการสูญเปล่าของพลังงานไฟฟ้าแล้ว ยังมีผลกระทบกับระบบปรับอากาศอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **โคมไฟแสงสว่าง** ทำหน้าที่ยึดหลอดและอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ เช่น บัลลาสต์/สตาร์เตอร์ และทำหน้าที่ควบคุมลำแสงที่ออกจากโคมไปตกกระทบพื้นที่ที่ต้องการตัวแปรที่สำคัญที่ใช้ประกอบการเลือกโคมเพื่อให้ได้โคมที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน คือ ประสิทธิภาพ สัมประสิทธิการใช้ประโยชน์แสงของโคม การควบคุมแสงจ้าแยงตา เป็นต้น ประสิทธิภาพของโคมจะเป็นตัวบอกให้ทราบว่าโคมไฟสามารถปล่อยให้แสงที่เปล่งจากหลอดหลุดออกมาข้างนอกได้มากน้อยเพียงใด โคมที่มีประสิทธิภาพสูงจะไม่ดูดกลืนหรือกักแสงไว้มาก สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสงของโคมไฟชนิดนั้น ๆ สามารถทำให้แสงตกลงบนพื้นที่ทำงานที่ต้องการแสงได้มากน้อยเพียงใดเมื่อเทียบกับปริมาณแสงที่ได้จากหลอดไฟ แฟคเตอร์นี้ได้รวมโคมไฟเข้ากับสภาพแวดล้อมในพื้นที่นั้น ๆ เข้าด้วยกันแล้ว เนื่องจากได้รวมแฟคเตอร์ของประสิทธิภาพดวงโคม ลักษณะการกระจากแสง ขนาดห้อง แฟคเตอร์การสะท้อนแสงของพื้นผิวต่าง ๆ เข้าไปด้วย ในการเลือกใช้งานโคมไฟจึงไม่ควรเลือกโดยคำนึงถึงแต่ความสวยงามแต่เพียงอย่างเดียว แต่ควรจะคำนึงถึง แฟคเตอร์ต่าง ๆ ที่จะมีผลต่อค่าใช้จ่ายด้วย ดังนั้นจึงควรพิจารณาเลือกใช้งานโคมไฟที่มีข้อมูลพร้อมสำหรับการคำนวณออกแบบ และการตรวจสอบคุณภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่างด้วยเท่านั้น

2.4.3. **หลักการให้แสงสว่างอย่างเหมาะสมสำหรับงานแต่ละประเภท**

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างต้องได้รับการออกแบบและติดตั้ง เพื่อให้การประกอบกิจกรรมต่างๆ ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้สภาพแวดล้อมทั่ว ๆ ไปของการมองเห็นมีความปลอดภัยและน่ารื่นรมย์ วิธีการให้แสงสว่างที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญของการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

1. การให้แสงสว่างแบบมีความสว่างเกือบเท่ากันตลอดพื้นที่ (General lighting) วิธีนี้เป็นการให้แสงสว่างจากโคมไฟแสงสว่างที่ติดตั้ง กระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่เพดาน การให้แสงสว่างแบบนี้มีข้อดีคือ สามารถออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้โดยไม่ต้องทราบตำแหน่งทำแหน่งทำงานที่แน่นอน และสามารถย้ายตำแหน่งทำงานภายหลังได้ แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้โคมไฟจำนวนมาก เสียค่าใช้จ่ายต่าง ๆ สูงและไม่ประหยัดพลังงาน

2. การให้แสงสว่างเฉพาะที่ (Localised Gendral Lighting) การให้แสงวิธีนี้จะประหยัดกว่าวิธีแรกโดยการรวมพื้นที่ทกงานเป็นกลุ่ม ๆ โดยแต่ละกลุ่มอาจจะต้องการระดับความสว่างที่ไม่เท่ากัน หรืออาจจะเท่ากันก็ได้ แล้วแต่ประเภทของงานหรือกิจกรรม ในกลุ่มพื้นที่ทำงานเหล่านี้จะมีระบบไฟฟ้าแสงสว่างแยกจากกันอย่างอิสระ ทำให้สามารถควบคุมการเปิดปิด ใช้งานแยกจากกันได้ แต่มีข้อเสียคือ หลังจากการติดตั้งระบบใช้งานไปแล้วจะย้ายตำแหน่งพื้นที่ทำงานไม่ได้ อย่างไรก็ตามโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ มักจะมีกระบวนการผลิตที่ตั้งตายตัวไม่ค่อยย้ายตำแหน่งอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดวัตต์ของหลอด	อายุใช้งานเฉลี่ย (ชั่วโมง)	ระยะเวลาอุ่นหลอด (นาที)	ระยะเวลารอจุดซ้ำ (นาที)	ปริมาณพลังส่องสว่างเริ่มต้น (ลูเมน)	ประสิทธิภาพแสง (ลูเมน/วัตต์)	พลังส่องสว่างเฉลี่ย (ลูเมน)
หลอดโซเดียมความดันสูง (กระเปาะใส)						
35	16000	3-4	1	2250	64.3	2250
50	24000	3-4	1	4000	80	3600
70	24000	3-4	1	5800	82.9	5220
100	24000	3-4	1	9500	95.5	8850
150	24000	3-4	1	16000	106.7	14400
250	24000	3-4	1	27500	110	24750
400	24000	3-4	1	50000	125	45000
400	24000	3-4	1	50000	125	45000
1000	24000	3-4	1	140000	140	126000
หลอดโซเดียมความดันสูง (กระเปาะฝ้า)						
35	16000	3-4	1	2150	61.4	1935
50	24000	3-4	1	3800	76	3420
70	24000	3-4	1	5400	77	4860
100	24000	3-4	1	8800	88	7920
150	24000	3-4	1	15000	100	13500
หลอดไลหะฮาไลด์ (กระเปาะใส)						
70	6000	1	10-15	5000	71.4	4500
150	15000	1	10-15	11250	75	10125
175	10000	2	10	14000	80	12600
250	10000	2	10	20500	82	18450
400	20000	2	10	36000	90	32400
400	10000	2	10	34000	85	30600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดวัตต์ของหลอด	อายุใช้งานเฉลี่ย (ชั่วโมง)	ระยะเวลาอุ่นหลอด (นาที)	ระยะเวลารอจุดซ้ำ (นาที)	ปริมาณพลักซ์ส่องสว่างเริ่มต้น (ลูเมน)	ประสิทธิภาพแสง (ลูเมน/วัตต์)	พลักซ์ส่องสว่างเฉลี่ย (ลูเมน)
750	5000	3	10-15	83000	110.6	74700
1000	10000	4	10-15	110000	110	99000
1500	3000	5	10-15	155000	103.3	139500
หลอดโลหะฮาไลด์ (กระเปาะเคลือบฟอสเฟอร์)						
175	10000	2	10	14000	80	12600
250	10000	2	10	20500	82	18450
400	20000	2	10	36000	50	32400
1000	12000	4	10-15	105000	105	94500
หลอดไอปรอทความดันสูง (สีขาวเดอลุกซ์)						
100	24000	5-7	3-6	4500	45	4050
175	24000	5-7	3-6	8600	49.1	7740
250	24000	5-7	3-6	13000	52	11700
400	24000	5-7	3-6	23000	57.5	20700
1000	24000	5-7	3-6	63000	63	56700
หลอดทังเตน-ฮาโลเจน						
150	1000	0	0	2700	18	2430
250	2000	0	0	4850	19.4	4365
500	2000	0	0	11100	22.2	9990
1000	2000	0	0	21500	21.5	19350
1500	1000	0	0	41000	27.3	36900
1500	2000	0	0	35800	23.9	32220

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดวัตต์ของหลอด	อายุใช้งานเฉลี่ย (ชั่วโมง)	ระยะเวลาอุ่นหลอด (นาที)	ระยะเวลารอจุดซ้ำ (นาที)	ปริมาณหลักซ์ส่องสว่างเริ่มต้น (ลูเมน)	ประสิทธิภาพแสง (ลูเมน/วัตต์)	หลักซ์ส่องสว่างเฉลี่ย (ลูเมน)
หลอดฟลูออเรสเซนต์						
7	10000	0	0	400	57.1	360
9	10000	0	0	600	66.7	540
13	10000	0	0	900	69.2	810
89	12000	0	0	6690	75.2	6021
110	12000	0	0	9200	83.6	8280
165	10000	0	0	9900	60.0	8910
215	10000	0	0	14900	69.3	13410

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง กำลังงานสูญเสียของบัลลาสต์ของหลอด HID ขนาดต่าง ๆ

ชนิดของหลอด	ขนาดวัตต์	กำลังงานสูญเสียของบัลลาสต์ (วัตต์)*	คิดเป็นร้อยละของขนาดวัตต์ของหลอด
ไอปรอทความดันสูง	50	6	12.00
	80	10	12.50
	125	11	8.80
	250	19	7.60
	400	23	5.75
	700	34	5.28
	1000	45	4.50
	2000	60	3.00
โลหะฮาไลด์	250	18	7.20
	400	25	6.25
	1000	50	5.50
	2000	74	3.70
โซเดียมความดันสูง	50	8	16.00
	70	11	15.71
	100	11	11.00
	150	20	13.30
	250	30	12.00
	400	35	8.75
	1000	60	6.00

* เฉพาะบัลลาสต์ชนิด Reactor เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเพื่อให้การใช้พื้นที่และการดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ พื้นที่ที่เหลือภายในโรงงานหรือห้องทำงาน ต้องได้รับการให้แสงสว่างด้วยโดยมีระดับความ สว่างที่ต่ำกว่าระดับความสว่างพื้นที่ทำงาน การให้แสงสว่าง วิธีนี้ ได้แก่ การให้แสงสว่างในโรงงานที่มีสายกระบวนการผลิต (Production lines)

3. การให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่ง (Local Lighting) การให้แสงสว่างด้วยวิธีนี้เป็นการให้แสงสว่างเสริมใช้สำหรับงานที่ต้องการความละเอียดสูง หรืองานตรวจสอบผลิตภัณฑ์ซึ่งต้องการให้แสงสว่างด้วยวิธีพิเศษ โดยติดตั้งโคมไฟที่ตำแหน่งใกล้กับผู้ทำงานหรือชิ้นงาน และให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่งและทิศทางที่ต้องการเท่านั้น วิธีนี้แนะนำให้ใช้กับงานเหล่านี้ คือ

- งานที่ต้องการความละเอียดสูง เช่น งานประกอบอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนขนาดเล็กมาก ๆ เช่นประกอบนาฬิกา เป็นต้น
- งานเกี่ยวกับการตรวจสอบรูปร่างและลวดลายของวัสดุที่ต้องการแสงในทิศทางที่กำหนดเท่านั้น เช่น งานตรวจสอบลวดลายของสิ่งทอ เป็นต้น
- งานที่อยู่ในตำแหน่งที่แสงสว่างจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างธรรมดาเข้าไปได้ไม่ถึงเพราะอยู่ในซอกหรือโดนสิ่งอื่นบัง เป็นต้น
- เมื่อต้องการลดผลของแสงกระเพื่อม (Stroboscopic effect) จากระบบแสงสว่างที่ใช้หลอดก๊าซดิสชาร์จ โดยใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่ง
- เมื่อต้องการลดผลของแสงสะท้อนจากพื้นที่ทำงานหรือพื้นที่ใกล้เคียง

เมื่อต้องการให้แสงสว่างในพื้นที่ใด ๆ เราต้องทราบลักษณะของกิจกรรมในพื้นที่นั้น ๆ เสียก่อน จากนั้นจึงเลือกระดับความสว่างที่เหมาะสม มาตรฐานด้านวิศวกรรมการส่องสว่างต่าง ๆ ได้แสดงรายละเอียดของระดับความสว่างของงานประเภทต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกอาคารไว้ ในการเลือกระดับความสว่างที่เหมาะสม จึงควรทำตามขั้นตอนที่ได้แนะนำไว้ในมาตรฐานดังกล่าว

2.4.4. การใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างอย่างเหมาะสม เพื่อการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย

เมื่อได้ทำการติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปแล้ว การใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างอย่างเหมาะสมก็เป็นสิ่งจำเป็นเพราะจะช่วยให้สามารถประหยัดพลังงานได้ การใช้งานอย่างเหมาะสมคือการใช้แสงสว่างอย่างถูกต้องในสถานที่ที่ต้องการ ในเวลาที่ต้องการมีหลายท่านคิดว่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง คือ การปิดไฟหรือการลดระดับความสว่างลงเราพบว่าความคิดนี้ไม่ถูกต้อง ถ้าการปิดไฟหรือการลดระดับความสว่างนั้นทำให้ความสว่างของงานต่างๆ ต่ำกว่ามาตรฐาน เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง เกิดความเหนื่อยล้าเร็ว เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย และเกิดการผิดพลาดในการทำงานมากขึ้น ทำให้งานที่เสียหายมากขึ้น (ดูรูปที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการประหยัดไฟฟ้าจากระบบแสงสว่างจึงทำได้ เฉพาะปิดไฟในที่ที่ไม่ต้องการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างเท่านั้น เช่น ไม่ได้ทำงานหรือสามารถใช้แสงสว่างจากแสงอาทิตย์ได้ และสามารถลดจำนวนหลอดหรือจำนวนโคมไฟลงได้ ก็ต่อเมื่อได้ทำการสำรวจและพบว่าระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้นให้ความสว่างบนพื้นที่ที่ทำงานสูงกว่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานเท่านั้น

วิธีการปิด-เปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อใช้งานสามารถกระทำได้ดังนี้

1. การปิดไฟแสงสว่างทั้งหมด เช่นในเวลาหยุดพักเที่ยงให้ทำการตัดไฟทั้งหมดโดยตัดที่สายเมนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

2. การปิดไฟแสงสว่างเป็นบางส่วน เช่น ในบริเวณที่สามรถใช้แสงสว่างจากแสงอาทิตย์ได้หรือบริเวณที่ไม่ใช้แสงสว่างในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น ไฟส่องสว่างเฉพาะตำแหน่งที่เครื่องจักร เป็นต้น

3. การใช้สวิตช์ 2 ทางควบคุมการปิดเปิด เพื่อให้ความสามารถการใช้แสงสว่างที่จุดต่างๆ ที่เหมาะสม โดยมีตัวบอก (Indicators) เพื่อบอกให้ทราบสถาวะการทำงานของหลอดไฟที่แผงสวิตช

4.ใช้อุปการณ์ควบคุมอัตโนมัติต่างๆ เช่น การตั้งเวลาเปิดปิดใช้สวิตช์ที่ควบคุมด้วยปริมาณแสง ตลอดจนใช้อุปกรณ์ที่สามารถตั้งโปรแกรมทำงานได้

จากรายงานการวิจัยต่างๆ สรุปได้ว่า การเปิดปิด ใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าวอย่างเหมาะสม สามารถได้ทั้งค่าพลังงานไฟฟ้า (Demand Charge) และค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge)

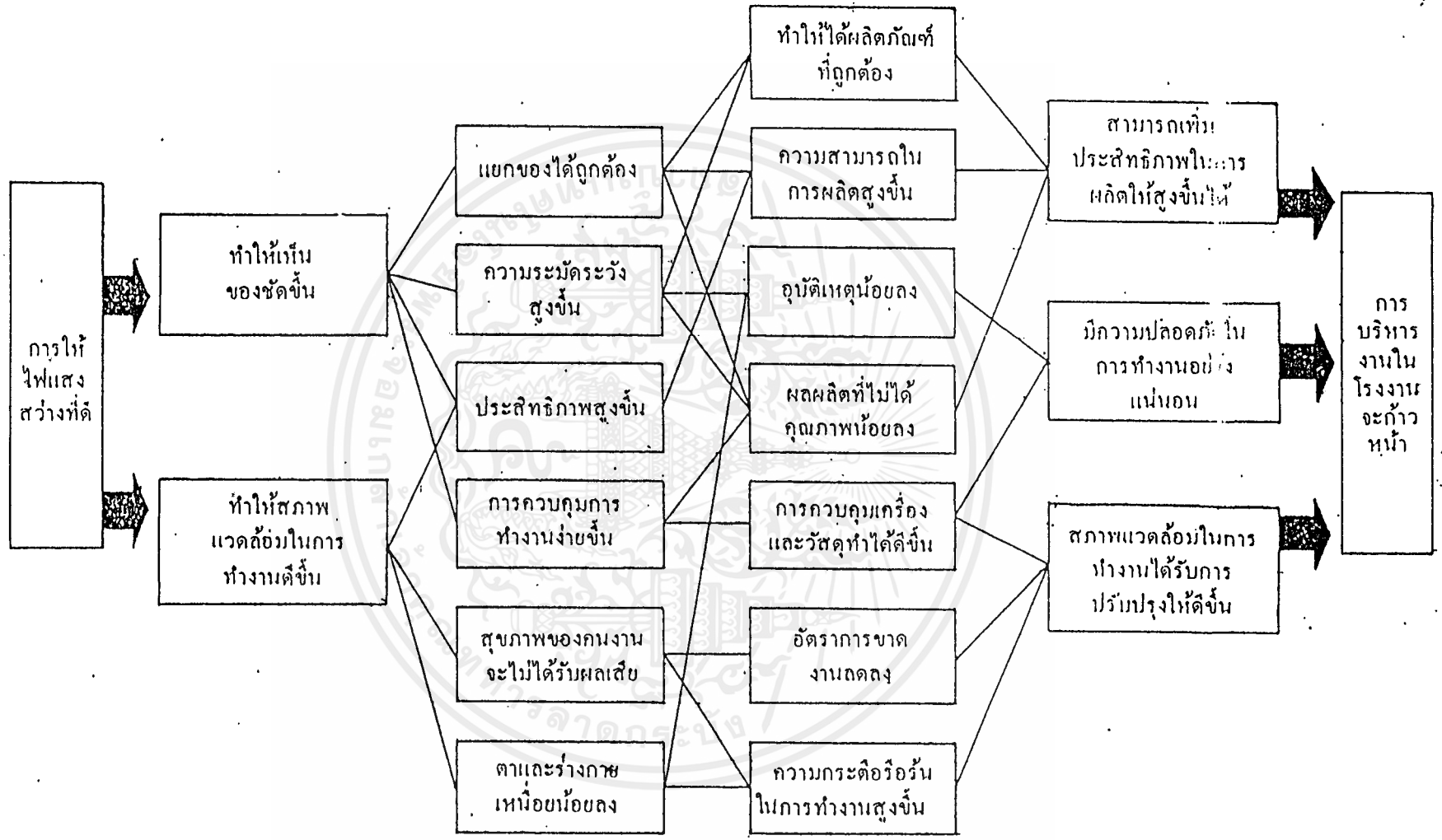
2.4.5 การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

เมื่อใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปเป็นระยะเวลานานๆ จะพบว่าความสว่างจะลดลงตามระยะเวลา เนื่องจากการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หลอดเสื่อมสภาพ โคมไฟแสงสว่างสกปรกทำให้แสงลดลง เป็นต้น จากการศึกษาพบว่ามีแฟคเตอร์หลายค่าที่มีผลต่อการลดลงของค่าความสว่างจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงแฟคเตอร์เล่านี้ตั้งแต่ขั้นตอนออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปจนถึงการบำรุงรักษา แฟคเตอร์ต่างๆเหล่านี้สามารถแบ่งอาจเป็น 2กลุ่มใหญ่

1.แฟคเตอร์ที่ไม่สามรถทำให้ดีขึ้นได้หลังจากติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างใช้งานไปแล้ว ได้แก่

- ผลของอุณหภูมิรอบๆ หลอดไฟฟ้า
- ผลของการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ผลดีของการให้แสงสว่างที่ดีในโรงงาน

ตาราง ๔ อุปกรณ์ควบคุมแสงสว่าง ตารางไร้ประโยชน์และกลยุทธ์

ระบบ	รายละเอียด	การไร้ประโยชน์	กลยุทธ์						
			ลดระดับความสว่าง	การปิดเปิดตามกำหนดเวลา		การปรับแต่ง	การรบกวนการสูญเสียของแสง	การไร้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ	การปลดโหลด
				ทำนายได้	สุ่ม				
แบบคงค่า									
- การลดจำนวนหลอด	ลดระดับความสว่างและความต้องการกำลังไฟฟ้าได้สูงถึง 50%	การปรับปรุงระบบ	x			x			
- การเปลี่ยนค่าอิมพีแดนซ์ของหลอด	ลดระดับความสว่างได้และความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงถึง 30-50%	การปรับปรุงระบบ	x			x			
แบบปรับระดับได้									
ชุดควบคุมแสงสว่าง									
- สวิตช์/รีเลย์	การเปิด-ปิด กลุ่มของโคมไฟ	การปรับปรุงระบบ		x					
		การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงระบบ		x					x
		การก่อสร้างใหม่		x				x	x
- การควบคุมแรงดัน/เฟส	การหรี่แสงอย่างต่อเนื่อง 100-50%	การปรับปรุงระบบ	x	x					
		การก่อสร้างใหม่		x			x	x	x
- การไร้บัลลาสต์โรลิกเสถียรหรี่แสงได้	การหรี่แสงอย่างต่อเนื่อง 100-10% และไร้หลอดอย่างมีประสิทธิภาพ	การปรับปรุงระบบ		x		x	x		x
		การก่อสร้างใหม่		x		x	x	x	x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ... อุปกรณ์ควบคุมแสงสว่าง สารไร้ประโยชน์และคลุยุทธ์ (ต่อ)

ระบบ	รายละเอียด	การใช้ประโยชน์	กลยุทธ์						
			ลดระดับความ	การปิดเปิดตามเวลา		การปรับแต่ง	การรบกวนการสูญเสียของแสง	การใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์	การปลดโหลด
				ทำนายได้	สุ่ม				
ตัวตรวจจับสัญญาณ									
- นาฬิกา	การควบคุมระดับความสว่างตามเวลา	การปรับปรุงระบบ		x					
		การปรับปรุง เปลี่ยนแปลงการก่อสร้างใหม่		x					
- บุคลากร	ตรวจดูว่ามีการใช้งานพื้นที่หรือไม่	การปรับปรุงระบบ			x				
		การปรับปรุง เปลี่ยนแปลงการก่อสร้างใหม่			x				
- โฟโตเซลล์	วัดระดับความสว่างในพื้นที่	การปรับปรุงระบบ					x		
		การปรับปรุง เปลี่ยนแปลง/การก่อสร้างใหม่					x	x	
การสื่อสารคอมพิวเตอร์ไมโครโพรเซสเซอร์	การสื่อสารระหว่างตัวตรวจจับสัญญาณและชุดควบคุม	การปรับปรุงระบบ		x					
		การปรับปรุง เปลี่ยนแปลงการก่อสร้างใหม่		x			x		x
				x					
การส่งสัญญาณตามสายไฟฟ้ากำลัง	การรับส่งสัญญาณข้อมูลตามสายไฟฟ้ากำลัง	การปรับปรุงระบบ		x			x	x	x
		การปรับปรุง เปลี่ยนแปลง/การก่อสร้างใหม่		x		x	x	x	x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปเป็นระยะเวลานาน ๆ จะพบว่าความสว่างจะลดลงตามระยะเวลา เนื่องจากการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น หลอดเสื่อมสภาพ โคมไฟแสงสว่างสกปรกทำให้แสงลดลง เป็นต้น จากการศึกษาพบว่ามีแฟคเตอร์หลายค่าที่มีผลต่อการลดลงของค่าความสว่างจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงแฟคเตอร์เหล่านี้ตั้งแต่ขั้นตอนออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปจนถึงการบำรุงรักษา แฟคเตอร์ต่าง ๆ เหล่านี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

(1) แฟคเตอร์ที่ไม่สามารถทำให้ดีขึ้นได้หลังจากติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างใช้งานไปแล้ว ได้แก่

- ผลของอุณหภูมิรอบ ๆ หลอดไฟฟ้า
- ผลของการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า
- ผลจากบัลลาสต์
- ผลจากการเสื่อมสภาพของวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ทำโคมไฟ เช่น ตัวสะท้อนแสง (Reflector) ฝาครอบกระจายแสง (Diffuser)

(2) กลุ่มแฟคเตอร์ที่สามารถทำให้ดีขึ้นได้โดยการทำความสะอาด เปลี่ยนหลอดที่เสื่อมสภาพหรือหมดอายุ ได้แก่

- ผลจากการเสื่อมสภาพของหลอด
- ผลจากหลอดขาดหรือหมดอายุ
- ผลจากดวงไฟสกปรก
- ผลจากเพดาน ฝาผนัง และพื้นห้องสกปรก

จากแฟคเตอร์ต่าง ๆ ที่กล่าวนี้ จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปแล้วจะต้องมีการกำหนดระยะเวลา หรือมีแผนงานบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแสงสว่างไว้ด้วย และจะต้องปฏิบัติเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ จึงจะสามารถใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถประหยัดพลังงานได้

1. **ผลของอุณหภูมิ**

หลอดฟลูออเรสเซนต์ จะให้ปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างเปลี่ยนแปลงไป ถ้าอุณหภูมิรอบ ๆ หลอดเปลี่ยนไป การใช้งานหลอดประเภทนี้จึงต้องใช้กับสถานที่ที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่สามารถให้แสงออกมาได้สูงสุด อย่างไรก็ตามการติดตั้งหลอดไฟใช้งานในโคมไฟก็อาจจะทำให้อุณหภูมิภายในโคมไฟเพิ่มขึ้นสูงกว่าช่วงที่หลอดสามารถให้แสงสูงสุดได้ เป็นเหตุให้แสงลดลง ในการเลือกใช้โคมจึงต้องคำนึงถึงผลของอุณหภูมิด้วย

2. **ผลของระดับแรงดันไฟฟ้า**

ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โคมไฟแสงสว่างเปลี่ยนไปจากค่าพิกัดของหลอดไฟและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลจากบัลลาสต์

- ผลจากการเสื่อมสภาพของวัสดุต่างๆ ที่ใช้ทำโคมไฟ เช่น ตัวสะท้อนแสง (Reflecfor) ฝาครอบกระจายแสง (Diffuser)

2. กลุ่มแฟคเตอร์ที่สามารถทำให้ดีขึ้นได้ด้วยการทำความสะอาด เปลี่ยนหลอดที่เสื่อมสภาพหรือหมดอายุ ได้แก่

- ผลจากการเสื่อมสภาพของหลอด

- ผลของหลอดขาดหรือหมดอายุ

- ผลจากดวงไฟสกปรก

- ผลจากเพดาน ฝาผนัง และพื้นห้องสกปรก

จากแฟคเตอร์ต่างๆ ที่กล่าวนี้ จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปแล้วจะต้องมีการกำหนดระยะเวลา หรือมีแผนงานบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแสงสว่างไว้ด้วย และจะต้องปฏิบัติเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอจึงจะสามารถใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถประหยัดพลังงานได้

1. **ผลของอุณหภูมิ**

หลอดฟลูออเรสเซนต์ จะให้ปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างเปลี่ยนแปลงไป ถ้าอุณหภูมิรอบๆหลอดเปลี่ยนไป การใช้งานหลอดประเภทนี้จึงต้องใช้กับสถานที่ที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่สามารถให้แสงออกมาได้สูงสุด อย่างไรก็ตามการติดตั้งหลอดไฟใช้งานในโคมไฟก็อาจจะทำให้อุณหภูมิภายในโคมไฟเพิ่มขึ้นสูงกว่าช่วงที่หลอดสามารถให้แสงสูงสุดได้เป็นเหตุให้แสงลดลง ในการเลือกใช้โคมจึงต้องคำนึงถึงผลของอุณหภูมิด้วย

2. **ผลของระดับแรงดันไฟฟ้า**

ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โคมไฟแสงสว่างเปลี่ยนไปจากค่าพิกัดของหลอดไฟและอุปกรณ์ประกอบ จะทำให้คุณสมบัติการทำงานของหลอดเปลี่ยนแปลงไปมีผลทำให้ปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างเปลี่ยนไป ดังนั้นจึงควรทำการสำรวจระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้งานอยู่ปัจจุบันนี้ว่าได้รับแรงดันตรงตามค่าพิกัดหรือไม่ เรามักจะพบอยู่เสมอว่าโคมไฟชุดที่ต่ออยู่ปลายๆ สายของระบบจ่ายไฟมักได้รับแรงดันต่ำกว่าพิกัดอยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้หลอดก๊าซดิสชาร์จ ส่วนใหญ่มักจะใช้บัลลาสต์ชนิด Reactor ธรรมดาที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำ มีผลทำให้แรงดันในระบบไฟฟ้าตกมาก เราอาจแก้ปัญหานี้ได้ง่ายๆ โดยการต่อตัวคาปาซิเตอร์เพื่อแก้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้สูงขึ้นจะช่วยลดปัญหาแรงดันตกได้

3. **ผลจากบัลลาสต์**

ในการวัดข้อมูลทางแสงของหลอดไฟฟ้าชนิดก๊าซดิสชาร์จที่ต้องต่อใช้งานร่วมกับบัลลาสต์กับการติดตั้งใช้งานตามปกติจะใช้บัลลาสต์คนละตัวกันอาจทำให้คุณสมบัติการทำงานของหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าไม่เหมือนกันได้ นอกจากนี้การใช้บัลลาสต์คนละชนิดกันก็จะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อฟลักซ์ส่องสว่างของหลอด เพื่อหลีกเลี่ยงผลที่จะเกิดขึ้นจึงควรเลือกใช้บัลลาสต์ให้เหมาะสมกับหลอดแต่ละชนิด

4. ผลจากการเสื่อมสภาพของวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ทำโคมไฟ

หลังจากใช้งานเป็นเวลานานๆ วัสดุต่างๆ ที่ใช้ทำหรือเป็นส่วนประกอบของโคมจะมีการเปลี่ยนสภาพ เช่น แผ่นสะท้อนแสง(Reflector) ผิวไม่เรียบเพราะกัดกร่อนจากไอกรดในบรรยากาศรอบๆ ทำให้สะท้อนแสงได้น้อยลง ฝาครอบกระจายแสง(Diffuser) มีสีหมองคล้ำยอมให้แสงผ่านได้น้อยลง เป็นต้น ในการเลือกใช้งานโคมไฟจึงต้องเลือกโคมไฟที่ผลิตจากวัสดุชั้นดี มีคุณภาพสูงเหมาะกับสภาพแวดล้อมทั่วๆ ไป

5.ผลจากเพดาน ผนังและพื้นห้องสกปรกหรือสีหมองคล้ำลง

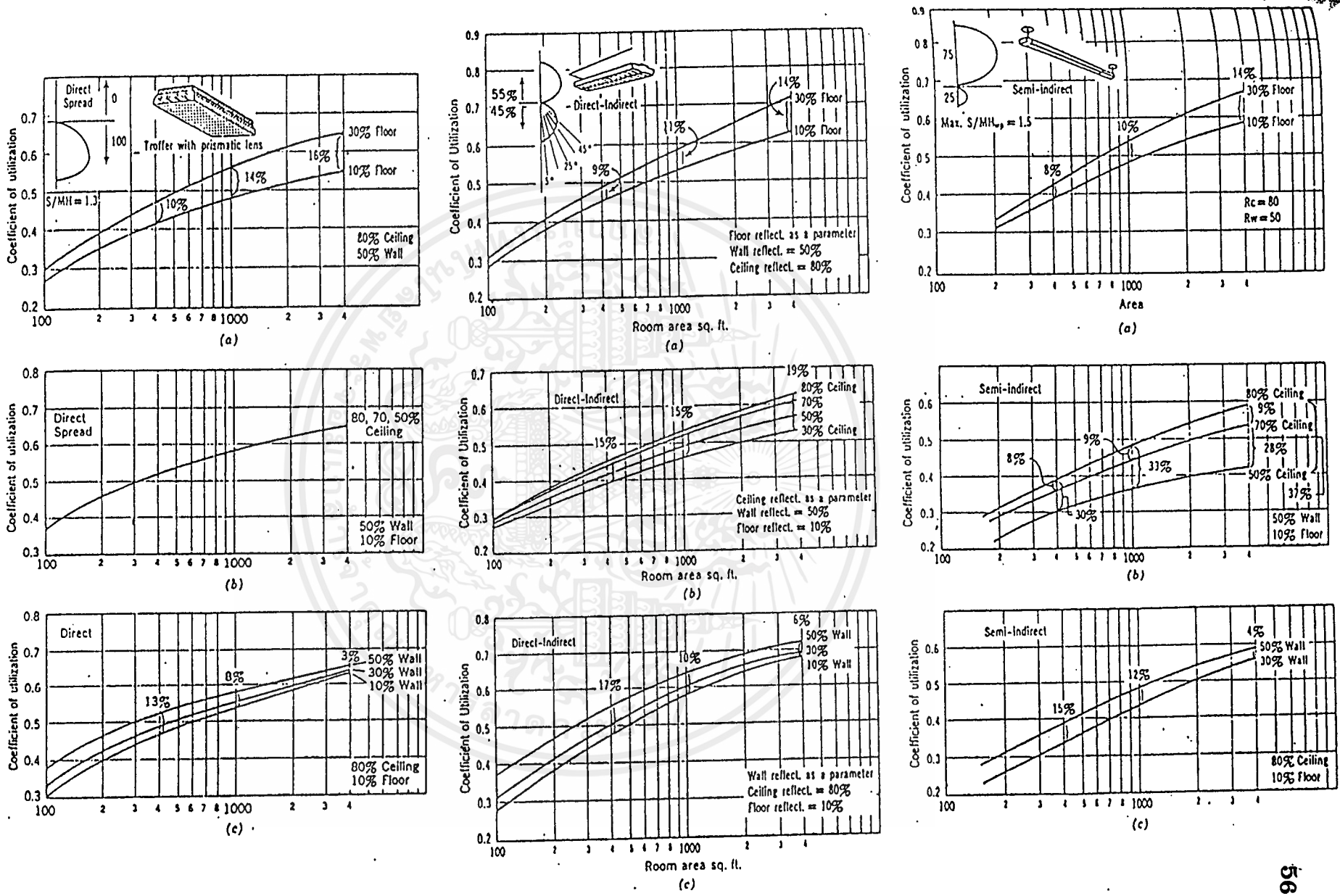
วัสดุที่ใช้ทำฝาผนัง เพดานและพื้นห้อง หรือสีที่ใช้ทาส่วนต่างๆเหล่านี้จะมีสีหมองคล้ำเนื่องจากเสื่อมสภาพไปตามอายุใช้งาน ตลอดจนเกิดความสกปรกขึ้น เนื่องจากฝุ่นละอองต่างๆ ทำให้แสงที่สะท้อนจากส่วนต่างๆ เหล่านี้ ตกกระทบบนพื้นที่ทำงานน้อยลง จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสงของโคมไผแสงสว่างประเภทต่างๆ จะพบว่าการสะท้อนแสงของส่วนต่างๆ ของห้อมีผลโดยตรงกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยช์แสงของโคมถ้าสีที่ทาห้องเป็นสีสว่างการสะท้อนแสงได้ดี จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสงของโคมไฟมีค่าสูง แต่ถ้ามีสีที่ใช้ทา ห้องหมองคล้ำหรือส่วนต่างๆ ของห้องมีความสกปรกสะท้อนแสงได้น้อย ก็จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของโคมมีค่าต่ำลง

เพื่อให้การสะท้อนส่วนต่างๆ ของห้องเป็นตามข้อกำหนดในมาตรฐาน ซึ่งจะทำให้ได้ระบบไฟฟ้าที่ดี และประหยัดพลังงานจึงต้องมีการทำความสะอาดสิ่งสกปรกอยู่เป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ

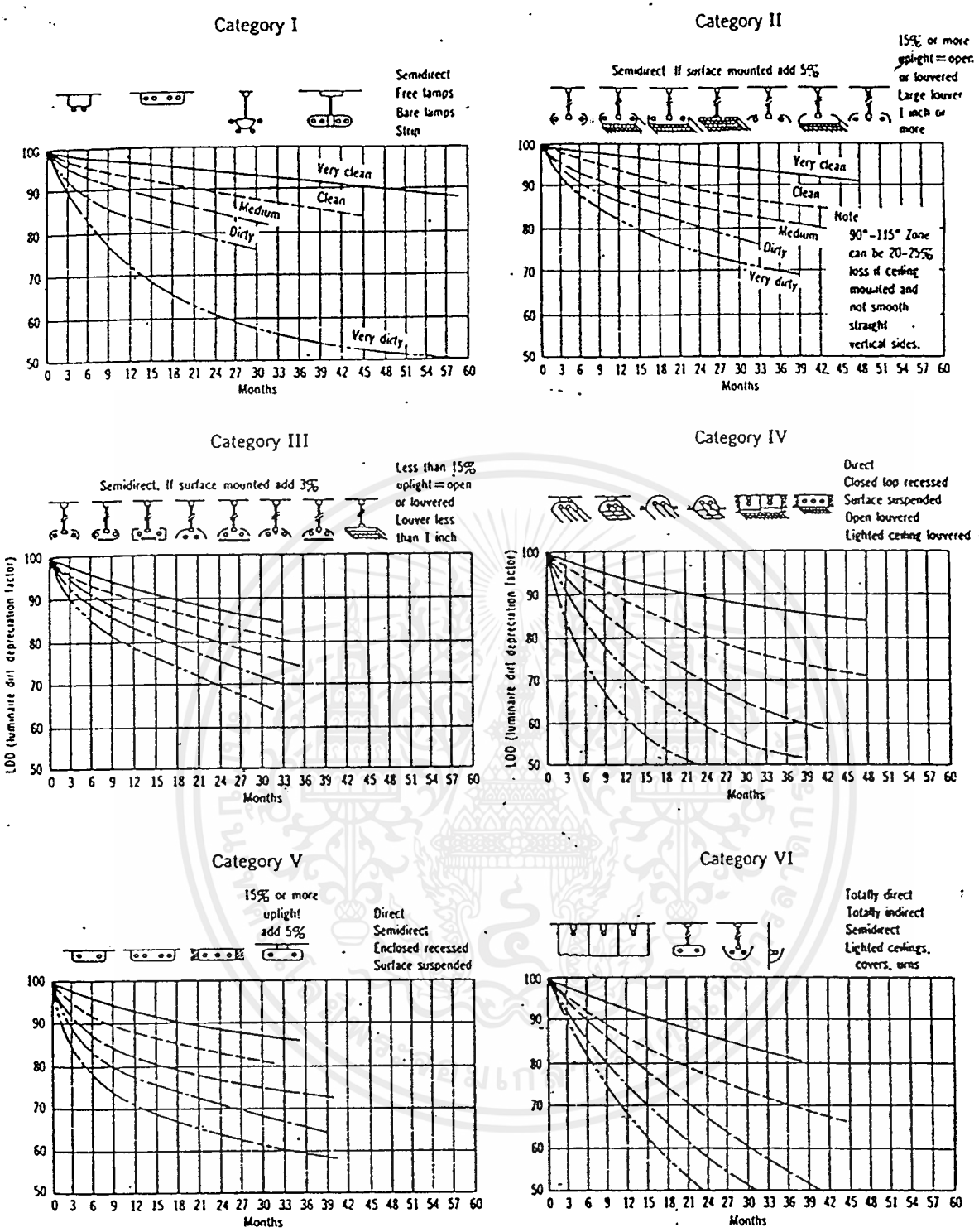
6. ผลจากหลอดขาดหรือหลอดเสีย

ในการใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะมีหลอดจำนวนหนึ่งขาดหรือเสียใช้งานไม่ได้ทำให้ปริมาณแสงจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างลดลง ถ้าตำแหน่งของโคมไฟอยู่ในระดับต่ำก็อาจจะเปลี่ยนหลอดใหม่ได้ง่าย แต่ถ้าตำแหน่งของโคมไฟอยู่ในระดับสูง เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วๆ ไป การเปลี่ยนหลอดไฟใหม่ก็อาจทำได้ไม่ง่ายนัก และมักจะมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนเปลี่ยนหลอดที่ขาดหรือเสียใช้งานไว้ด้วย การวางแผนการเปลี่ยนหลอดพิจารณาแฟคเตอร์ที่สำคัญ 2 ตัว คือ การเสื่อมสภาพของหลอดและจำนวนหลอดที่ขาดหรือเสียก่อนอายุใช้งาน จำนวนหลอดที่ขาดหรือเสียก่อนหมดอายุช้งานเป็นตัวบอกให้ทราบว่าควรจะเปลี่ยนหลอดทั้งหมดหรือเป็นกลุ่มตามที่วางแผนไว้เมื่อใดจึงเหมาะสมที่สุด การเปลี่ยนหลอดจึงต้องกระทำที่ช่วงเวลาก่อนหลอดหมดอายุใช้งานของหลอด คือ เมื่อใช้ไป 70 ถึง 85% ของอายุใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

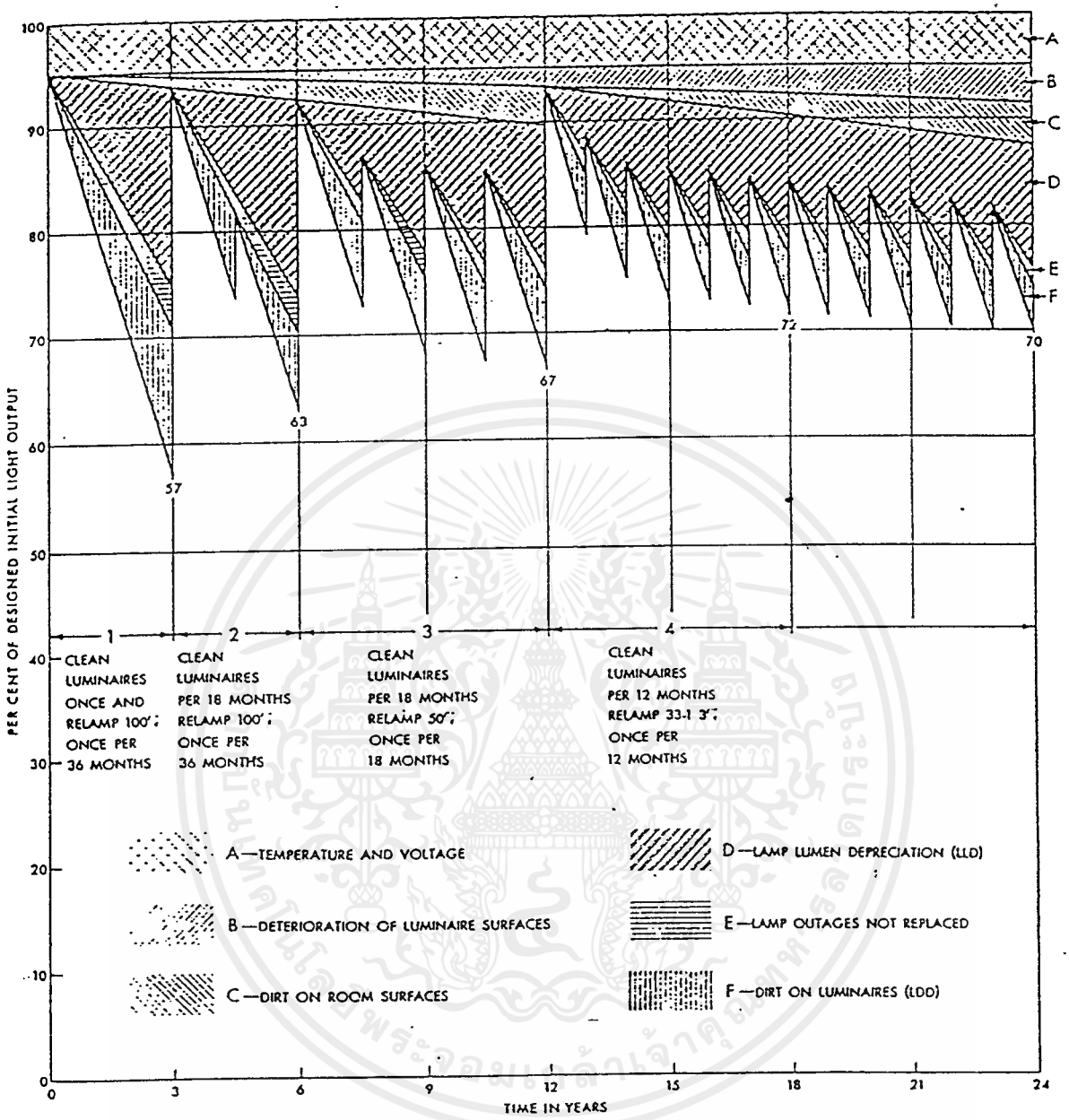


รูป . ผลของแฟกเตอร์การสะท้อนแสงที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟแสงสว่างประเภทต่าง ๆ



รูป เส้นโค้งแสดงปริมาณแสงลดลงตามเวลาใช้งานของโคมไฟทั้ง 6 ประเภท ภายใต้สภาพความสกปรกต่าง ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ' . แสดงให้เห็นถึงการลดลงของแสงสว่างเนื่องจากแฟกเตอร์ต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ผลจากการเสื่อมสภาพของหลอด

เมื่อใช้งานหลอดไฟฟ้าไปนานๆ ปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดจะลดลงเนื่องจากการเสื่อมสภาพของหลอด เมื่อหลอดเสื่อมสภาพแล้วก็ให้ดำเนินการเปลี่ยนหลอดตามแผนการที่ได้กำหนดไว้ในข้อ 6 เพื่อให้ได้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพจึงควรเลือกใช้หลอดที่ฟลักซ์การส่องสว่างที่ลดลงไม่มากตามระยะเวลาใช้งาน

8. ผลจากดวงโคมไฟสกปรก

ฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกต่างๆ จะสะสมตัวเกาะติดอยู่กับตัวโคมไฟแสงสว่างหลังจากใช้งานไประยะหนึ่ง ทำให้ประสิทธภาพของโคมไฟลดลง การกระจายแสงเปลี่ยนไปและปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างที่ได้จะบดลง ดังนั้นจึงควรที่จะทำความสะอาดดวงโคมไฟเป็นประจำ เช่น ทำความสะอาดทุกครั้งที่เปลี่ยนหลอด หรือถี่กว่านั้น

จากที่กล่าวมาทั้งหมดในหัวข้อนี้จะพบว่าการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นขั้นตอนที่ที่สำคัญมากในการที่จะได้มาซึ่งระบบแสงสว่างที่ดี มีประสิทธิภาพสูง และเป็นระบบที่ประหยัดพลังงาน

2.4.6 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

เพื่อให้ทราบว่าระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่นำมาติดตั้งใช้งานนั้นมีค่าใช้จ่ายมากน้อยเพียงใด เราสามารถที่จะทำได้โดยใช้แบบฟอร์มสำหรับวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของระบบไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ให้มา ซึ่งจะแบ่งค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทุกปี ได้แก่ ค่าเปลี่ยนหลอดไฟและอุปกรณ์ที่เสีย ค่าทำความสะอาดและค่าไฟฟ้า ในที่นี้ได้ยกตัวอย่างให้ดู 2 ตัวอย่าง ตัวอย่างแรกเป็นตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ออกแบบใหม่ของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งโดยใช้หลอด 3 ชนิดคือ หลอดไอปรอทความดันสูงขนาด 400 วัตต์ (HF 400 PD) หลอดโลหะฮาไลด์ ขนาด 400 วัตต์ (MF 400L) และหลอดโซเดียมความดันสูงขนาด 400 วัตต์ (NH 400F) จากรารวิเคราะห์จะพบว่าระบบที่ใช้หลอดโซเดียมความดันสูงจะเสียค่าใช้จ่ายในตอนเริ่มต้นต่ำสุดคือ 231040 บาท ถัดมาได้แก่ระบบหลอดโลหะฮาไลด์ 267800 บาท และระบบหลอดไอปรอทความดันสูง จะเสียค่าลงทุนติดตั้งมากที่สุดคือ 421260 บาท ในขณะเดียวกันเมื่อคิดค่าใช้จ่ายเฉลี่ยเป็นรายปีก็พบว่าระบบที่ใช้หลอดโซเดียมควาใดันสูงก็จะเป็นระบบที่เสียค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดคือ คิดเป็น 42% ของหลอดไอปรอทความดันสูง

สำหรับตัวอย่างที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ทำการปรับปรุงใหม่โดยเปบี่ยนชนิดหลอดที่ใช้จากหลอดไอปรอทความดันสูงขนาด 400 วัตต์เป็นหลอดโซเดียมความดันสูงขนาด 360 วัตต์ แต่ยังคงใช้บัลลาสต์ตัวเดิมจากการคำนวณพบว่าจะให้ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สว่างบนพื้นที่ทำงาน 750 ลักซ์จะต้องใช้หลอดโซเดียมความดันสูง 34 หลอด แต่ในทางปฏิบัติเราจะใช้หลอดโซเดียมความดันสูง 42 หลอดแทนหลอดไอปรอทความดันสูง 84 หลอด โดยใช้โคมแบบดวงเว้นดวง ซึ่งจะทำให้ความสว่างเพิ่มขึ้นเป็น 925 ลักซ์เพิ่มขึ้นประมาณ 23% แต่ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีลดลงเหลือเพียง 54% ของระบบเดิมเท่านั้น

ถ้ามองในแง่การลงทุนจะพบว่า การเปลี่ยนหลอดใหม่ทั้งหมด 42 หลอดเสียเงิน 89,250 บาท และใน 1 ปี ต้องเปลี่ยนหลอดที่เสียอีกเฉลี่ยปีละ 17.8 หลอด คิดเป็นเงิน 37,825 บาทและค่าจ้างเปลี่ยนหลอดอีก 5,980 บาท รวมเป็นเงินที่เสียภายใน 1 ปีคือ 133,055 บาท แต่ใน 1 ปีจะประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 182,257 บาทซึ่งพบว่าใช้เวชลาไม่ถึง 1 ปีก็คุ้มกับเงินที่ต้องลงทุนทั้งหมด

2.5 การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศสำหรับอาคาร

อาคารโดยทั่วไป มักมีการติดตั้งระบบปรับอากาศเพื่อความรู้สะควกสบายและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานที่อยู่ในอาคารเหล่านี้ เมื่อมีคนอยู่จำนวนมากก็เกิดอากาศเสียที่ต้องดูดทิ้งไป แล้วนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาแทนที่ จำนวนพลังที่ใช้ขับเคลื่อนระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศเหล่านี้ จึงอาจสูงถึง 60% ของค่าใช้จ่าย การประหยัดพลังงานบางส่วนจะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่า และสามารถทำได้หลายวิธี บางวิธีไม่จำเป็นต้องลงทุนเพิ่มเติมแต่ประการใด เพียงแต่ปรับปรุงลักษณะการใช้งานบางอย่างเท่านั้น ก็อาจสัมฤทธิ์ผลได้โดยไม่ก่อให้เกิดผลเสียหายแก่ความรู้สึกสบายและสุขภาพของพนักงานแต่อย่างใด

2.5.1 ระบบปรับอากาศ

1.วิธีการปรับอากาศ

การปรับอากาศในอาคาร ต้องสามารถควบคุมสภาวะอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศถูกต้องตามความต้องการ
2. ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเหมาะสมสัมพันธ์กับอุณหภูมิในข้อ ก.
3. อากาศมีความสะอาด ปราศจากฝุ่นละออง และกลิ่นรบกวนหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพของพนักงาน ในบางกรณีอาจต้องมีเชื้อโรคหรือแบคทีเรีย ปะปนอยู่ในเกณฑ์ต่ำด้วย
4. มีการไหลเวียนของอากาศภายในอาคารอย่างสม่ำเสมอ และเพียงพอไม่มีจุดอับ เพื่อให้ทุกส่วนมีคุณภาพอากาศตามต้องการ

การที่จะทำให้อากาศภายในอาคารมีสภาวะตามที่ต้องการข้างต้น ต้องอาศัยการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **การเลือกขนาดและจำนวนเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน**

อาคารทั่วไป มักติดตั้งเครื่องปรับอากาศหลายชุด แต่ละชุดมีขนาดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ เช่น ห้องทำงานของผู้บริหารอาจใช้ เครื่องปรับอากาศเพียง 1 ตัน แต่ตัวสำนักงานอาจใช้ขนาดหลายสิบตันก็ได้

การเลือกเครื่องปรับอากาศ นอกจากจะคำนึงถึงต้นทุนค่าเครื่องแล้วก็ควรให้ความสนใจเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานของเครื่องแต่ละแบบ หรือผลิตภัณฑ์ด้วยบางครั้งเครื่องที่ราคาถูกอาจใช้พลังงานมาก หากคำนวณค่าใช้จ่ายรวมของค่าเครื่อง ค่าบำรุงรักษา และค่าไฟฟ้าตลอดอายุขัยของเครื่องแล้ว อาจจะพบว่าเครื่องที่ราคาถูกเจ้าของอาคารอาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายรวมมากกว่าเครื่องที่ราคาสูงกว่าเล็กน้อยก็เป็นได้

ในเครื่องปรับอากาศพวก Window Unit:, Split System Unit , และ Package Cooling Unit นั้น ประสิทธิภาพของเครื่องสามารถดูได้จากค่า EER(Energy Efficiency Ratio หน่วยเป็น BTU/ Watt) เครื่องปรับอากาศที่ประหยัดพลังงานจะมีค่า EER สูง

ส่วนเครื่อง Chiller ขนาดใหญ่นั้น ประสิทธิภาพของตัวเครื่องจะแสดงอยู่ในรูปของ KW/Ton ของ Compressor เครื่องปรับอากาศที่ใช้พลังงานน้อย ต้องมีค่า KW/Ton ต่ำ

ตารางที่1 แสดงค่า EER และ KW/Ton ของเครื่องปรับอากาศแต่ละแบบที่มีขายอยู่ในท้องตลาดขณะนี้ อย่างไรก็ดีค่า KW/Ton ซึ่งกลมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานแนะนำสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ตามที่แสดงใน **ตารางที่2** นั้น ค่อนข้างต่ำเจ้าของเครื่องปรับอากาศจึงต้องซื้อเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงและราคาแพงขึ้น แต่สามารประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้เป็นจำนวนมาก

การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเกินไป จำนวนหลายๆ ชุดนั้น แม้ราคารวมของค่าเครื่องจะต่ำ แต่ก็สิ้นเปลืองพลังงานมากเพราะว่าประสิทธิภาพการทำงานค่อนข้างต่ำ ในทางตรงข้ามหากเลือกเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่จำนวนน้อยชุดก็จะทำให้ความยืดหยุ่นในการใช้งานลดน้อยลงเพราะต้องเดินเครื่องชุดใหญ่เกินไป ในขณะที่ปริมาณความร้อนภายในตัวอาคารลดลงเครื่องจึงทำงานในประสิทธิภาพต่ำและสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเช่นเดียวกัน วิธีที่ถูกต้องคือ ทำการวิเคราะห์ปริมาณความร้อนสูงสุดและต่ำสุดในตัวอาคาร และตัดสินใจเลือกเครื่องที่มีขนาดพอเหมาะ อันจะทำให้ต้นทุนค่าเครื่องไม่สูงเกินไป และสามารถเดินเครื่องให้พอเหมาะกับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารทุกกรณี อันจะช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นจำนวนมาก

สำหรับอาคารที่ใช้เครื่อง Chiller ขนาดใหญ่นั้นหลังเลิกงานยังคงมีพื้นที่บางส่วนซึ่งต้องจ่ายความเย็นอยู่อีก ควรเลือกซื้อเครื่อง Split System Unit , Package Cooling Unit หรือ Chiller ขนาดเล็กอีกชุดหนึ่งสำหรับใช้งานในช่วงดังกล่าว จะช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นจำนวนมากและยืดอายุการใช้งานเครื่อง Chiller ชุดใหญ่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การควบคุมการใช้งานเครื่องปรับอากาศอย่างถูกวิธีเพื่อประหยัดพลังงาน

การควบคุมการใช้งานเครื่องปรับอากาศให้ถูกวิธี เจ้าของอาคารสามารถดำเนินการได้ทันทีโดยไม่ต้องลงทุนเพิ่มแต่อย่างไร ทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นจำนวนมาก ได้แก่

1.ทำการปรับตั้งอุณหภูมิภายในอาคารให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละบริเวณ ดังแสดงในตารางที่3 ไม่ควรตั้งอุณหภูมิให้ต่ำเกินไปเป็นอันขาดเพราะทำให้เกิดผลเสีย คือ

- สิ้นเปลืองพลังงาน
- พนักงานรู้สึกไม่สบายเพราะอากาศเย็นเกินไป
- เครื่องปรับอากาศอาจเสียหาย เนื่องจากสารความเย็นเหลวไหลกลับเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ โดยเฉพาะคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

การป้องกันมิให้มีการตั้งอุณหภูมิต่ำเกินไป ทำได้โดย

- ใช้ Thermostat แบบล็อกค่าอุณหภูมิได้ เพื่อป้องกันพนักงานมาตั้งปรับอุณหภูมิบ่อยๆ
- เลือกเครื่องปรับอากาศให้มีขนาดพอดี หรือเล็กกว่าความต้องการเล็กน้อย
- ปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่อง Chiller ให้สูงขึ้นอีก 1-2 องศาฟาเรนไฮต์

2.ปรับตั้งอุณหภูมิในอาคารให้สูงขึ้นอีก 2-3.5 องศาฟาเรนไฮต์เมื่ออากาศภายนอกเย็น เช่น ในฤดูฝน ฤดูหนาว หรือช่วงเวลาทำงานตอนกลางคืน

3.เลือกใช้ Thermostat ที่มีคุณภาพดี เช่น แบบ Double Diaphram หรือแบบมี Heat anticipator เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอ มีการ Swing ไม่เกิน 1-2 องศาฟาเรนไฮต์

4.หมั่นตรวจสอบและซ่อมแซมรอยรั่ว ของเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอการรั่วของสารความเย็นจากเครื่องทำให้อุณหภูมิในโรงงานสูงขึ้นเป็นผลเสียแก่ผลิตภัณฑ์แต่เครื่องปรับอากาศยังคงใช้พลังเท่าเดิม หากเป็นเช่นนี้ติดต่อกันเป็นเวลานอน มอเตอร์คอมเพรสเซอร์อาจไหม้ได้ เพราะไม่มีสารระบายความร้อนของขดลวดมอเตอร์ในกรณีของเครื่อง Chiller ความดันใน Cooler จะลดต่ำลงมากจนอาจทำให้ท่อเป็นน้ำแข็งขยายตัวดันท่อทองแดงแตก เสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมมาก

5.หมั่นล้างแผ่นกรองอากาศและคอยล์ทำความเย็นให้สะอาดอยู่เสมอ เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศกับสารความเย็น หรือ น้ำเย็นที่ไหลอยู่ภายในคอยล์มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ 10 - 15% ตลอดจนอายุใช้งานของคอยล์ทำความเย็น

6.หมั่นล้าง Condenser ให้สะอาด เพื่อให้การระบาย ความร้อนของตัวเครื่องเป็นไปได้โดยสะดวกและใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง

Air Cooled Condenser ใช้อากาศเป่า ใช้น้ำเย็น หรือ น้ำอุ่นฉีดล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Water Cooled Condenser ใช้สารละลายกรดเจือจางล้าง ใช้แส้โลหะขัด หรือใช้แปรงเล็กๆ ที่มีปลายเป็นโลหะขัดผิวด้านในท่อทองแดงอย่างสม่ำเสมอ โดยใช้น้ำหล่อเย็นเป็นตัวพาแปรงเหล่านี้ให้วิ่งไปตามท่อ

7.ทำความสะอาดตัว Nozzle ของ Cooling Tower เพื่อไม่ให้มีตะกรัน สิ่งสกปรก สาหร่าย หรือตะไคร่น้ำไปอุดตัน น้ำฉีดสามารถฉีดออกเป็นละอองเล็กๆ ได้โดยง่าย ช่วยให้เครื่องปรับอากาศทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดพลังงาน เพราะน้ำหล่อเย็นบางส่วนระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย อุณหภูมิส่วนที่เหลือจะลดต่ำลงทำให้การระบายความร้อนออกจาก Water Cooled Condenser สะดวกขึ้น

8.ทำการปรับแต่งคุณภาพน้ำใน Cooling Tower ให้ปราศจากตะกรัน สาหร่ายและตะไคร่น้ำ เพื่อมิให้สิ่งเหล่านี้เข้าไปอุดตัน Condenser อันจะทำให้การระบายความร้อนไม่สะดวก ความดันภายในคอนเดนเซอร์สูงขึ้นและคอมเพรสเซอร์ต้องใช้พลังงานในการอัดส่งไอสารความเย็นมากขึ้น

ปรับแต่งคุณภาพน้ำทำได้โดยควบคุมการ Bleed off การใช้เครื่องทำน้ำอ่อนสำหรับน้ำสะอาดที่เติมเข้าไปใหม่ และใช้สารเคมีควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่ายและตะไคร่น้ำเป็นต้น

9.บังแดดได้แก่ Air Cooled Condenser และ Cooling Tower เพื่อลดอุณหภูมิผิวหน้าของ Air Cooled Condenser และอุณหภูมิน้ำในอ่างตอนล่างของ Cooling Tower อันจะช่วยให้การระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศดีขึ้น และคอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานน้อยลง นอกจากนี้ยังช่วยลดการเจริญเติบโตของสาหร่ายและตะไคร่น้ำใน Cooling Tower ทำให้ Condenser อุดตันช้าลงอีกด้วย

การบังแดดนี้ อาจทำได้โดยการวาง Air Cooled Condenser และ Cooling Tower ไว้ทางด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออก หรือใต้ร่มเงาของอาคารก็ได้ ข้อสำคัญ คือต้องไม่บังลมที่จะเข้าไประบายความร้อน

10.ขจัดสิ่งกีดขวางทางลมเข้าและลมออกของ Air Cooled Condenser และ Cooling Tower เพื่อให้การระบายความร้อนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

หากอากาศไหลเข้าสู่ Air Cooled Condenser และ Cooling Tower ลำบายแล้ว เครื่องปรับอากาศจะทำความเย็นได้น้อยลง เพราะระบายความร้อนไม่ออก แต่จะกินไฟมากขึ้น

ในทำนองเดียวกัน หากมีสิ่งขวางกั้นอากาศร้อนชื้นที่ได้จากการระบายความร้อนของ Air Cooled Condenser และ Cooling Tower แล้วอากาศส่วนนี้จะถูกดูดกลับไปใช้ระบายความร้อนอีก ทำให้เกิดความร้อนสะสมในตัวคอนเดนเซอร์มากขึ้นเรื่อยๆ เครื่องจะไม่เย็นแต่การกินไฟกลับมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.ปรับแต่งสายพานพัดลมของคอยล์ทำความเย็นให้มีความตึงพอเหมาะไม่หย่อนจนเกินไป เพื่อให้สามารถส่งผ่านกำลังจากมอเตอร์ไปขับเคลื่อนพัดลม โดยมีความสูญเสียน้อยที่สุด

12.ทำการหล่อลื่นเฟืองของ Cooling Tower และแบริ่งของพัดลมคอยล์ที่ทำความเย็นทุกชุดอย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดความสูญเสียในการส่งผ่านกำลังจากมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อน

13.ซ่อมฉนวนท่อลมเย็นและท่อน้ำเย็น เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อากาศหรือน้ำที่ไหลอยู่ในท่อ อันจะทำให้เครื่องปรับอากาศไม่ต้องทำงานหนักและใช้พลังงานน้อยลง

14.อุดรูรั่วของท่อลมเย็น เพื่อให้การส่งลมเย็นเป็นไปอย่างทั่วถึงและเพียงพอแก่ความต้องการ ลดการสูยเสียความเย็นจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ทำให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การอุดรูรั่วอาจใช้สารหยุ่นตัวที่มีอายุการใช้งานคงทน เช่น Silicone หรือ Flexible duct สั้นๆ สำหรับท่อลมถึงที่ต่อเข้ากับหัวจ่ายลม

15.เปลี่ยนมอเตอร์ของ Chilled Water Pump , Condenser Water Pump และเครื่องเป่าลมเย็นที่มีขนาดใหญ่เกินไป (ใช้กระแสไฟน้อยกว่า 60% ของ Full Load amp ของมอเตอร์) ให้มีขนาดเล็กลงพอเหมาะกับความต้องการใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ โดยอาจทำการสับเปลี่ยนระหว่างมอเตอร์ต่างๆ ที่มีใช้งานในโรงงานแล้วจัดซื้อเฉพาะส่วนที่เหลือซึ่งไม่อาจหาขนาดที่เหมาะสมมาแทนได้

16.ป้องกันน้ำรั่วออกจาก Gland และ Chilled Water Pump โดยที่น้ำรั่วออกไปมีอุณหภูมิต่ำประมาณ 40-46 องศาฟาเรนไฮต์ ส่วนน้ำที่เติมเข้ามาทดแทนมีอุณหภูมิประมาณ 90 องศาฟาเรนไฮต์ ส่วนน้ำที่เติมเข้ามาทดแทนมีอุณหภูมิประมาณ 90 องศาฟาเรนไฮต์ เครื่อง Chiller จึงต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการทำให้น้ำเติมมีอุณหภูมิต่ำถึงอุณหภูมิใช้งาน โดยทั่วไปน้ำที่รั่วออกไป 1 GMP จะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานมากขึ้นประมาณ 2 ตัน

17.ปรับแต่งอุปกรณ์ควบคุมเครื่องปรับอากาศให้ทำงานถูกต้องอยู่เสมอ โดยเฉพาะอาคารที่ต้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ให้คงที่อยู่เสมอด้วยการใช้ Humidifier และ Heater เช่น ห้องคอมพิวเตอร์ Humidifier ควรทำงานเฉพาะเมื่อความชื้นสัมพันธ์ในห้องต่ำเกินไปเท่านั้น หาก Humidifier ทำงานผิดพลาด เครื่องปรับอากาศจะต้องทำงานหนักในการทำให้อากาศเย็นลงมากขึ้นเพื่อให้ความชื้นส่วนเกินนี้กลั่นตัวออกไป ส่งผลให้ Heater ต้องทำงานเพื่ออุ่นอากาศที่เย็นจัดให้กลับมีอุณหภูมิพอเหมาะกับความต้องการด้วย จึงเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานของ Humidifier เครื่องปรับอากาศ และ Heater โดยไม่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การประหยัดพลังงานสำหรับเครื่อง Chiller

เครื่อง Chiller เป็นเครื่องจักรกลที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ การใช้งานอย่างถูกต้องและเหมาะสม จะช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นจำนวนมากซึ่งทำได้ 4วิธี คือ

1.ปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่อง Chiller ให้สูงขึ้นโดยไม่ทำให้เกิดผลเสียแก่อุณหภูมิที่ต้องการควบคุมในอาคาร วิธีการทำเป็นดังนี้

-ปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นออกจากเครื่อง Chiller ครั้งละ 1 องศาฟาเรนไฮต์ ในช่วงเวลาที่ตัวอาคารต้องการทำความเย็นสูงสุดรอสักครู่เพื่อให้การงานของระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลย์

-วาล์วน้ำเย็นของเครื่องเป่าลมเย็นทุกตัวจะค่อยๆ เปิดกว้าง เพื่อให้น้ำเย็นไหลเข้าสู่คอยล์ทำความเย็นมากขึ้น เมื่อระบบสมดุลย์วาล์วทุกตัวจะหยุดนิ่ง

-หากวาล์วน้ำเย็นของเครื่องเป่าลมเย็นชุดที่จ่ายความเย็นให้แก่บริเวณที่มีความสำคัญที่สุดของอาคารยังไม่เปิดเต็มที่ ให้ปรับอุณหภูมิน้ำเย็นจากเครื่อง Chiller ให้สูงขึ้นอีกเล็กน้อย

-เมื่อวาล์วน้ำเย็นของเครื่องเป่าลมเย็นชุดที่สำคัญที่สุดเปิดเต็มที่แล้วให้หยุดการปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่อง Chiller แต่หากปรากฏว่าวาล์วของเครื่องเป่าลมเย็นชุดอื่นๆ ทีมีความสำคัญรองลงมาเปิดเต็มที่เช่นเดียวกัน ให้ลดอุณหภูมิน้ำเย็นลงอีกเล็กน้อย จนกว่าวาล์วของเครื่องเป่าลมเย็นชุดที่สำคัญที่สุดจะเปิดเต็มที่เพียงตัวเดียว

วิธีการนี้สามารถประหยัดพลังงานเครื่อง Chiller ได้ 1.5-2% สำหรับทุกๆ 1 องศาฟาเรนไฮต์ของอุณหภูมิน้ำเย็นที่เพิ่มสูงขึ้น

2.ลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจาก Cooling Tower ที่เข้าสู่ Condenser สามารถประหยัดพลังงานของเครื่อง Chiller ได้ 1.5-2%สำหรับทุกๆ 1 องศาฟาเรนไฮต์ของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ลดต่ำลง โดยที่อากาศในประเทศไทยค่อนข้างชื้น การทำน้ำหล่อเย็นให้มีอุณหภูมิต่ำมากๆ ต้องลงทุนด้วยการซื้อ Cooling Tower ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือมิฉะนั้นก็เดิน Cooling Tower ชุดสำรองในขณะที่ความร้อนภายในอาคารเกิดขึ้นสูงสุด

3.ควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้า (Electric Demand) ของเครื่อง Chiller มีให้สูงเกินไป ทำได้ 2 วิธี คือ

-ทำการหยุดเครื่องเป่าลมเย็นที่ใช้ทำความเย็น แก่บริเวณที่มีความสำคัญน้อยชั่วขณะในช่วงเวลาที่ความต้องการไฟฟ้ามีแนวโน้มจะสูงเกินค่าที่ตั้งไว้

-ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่อง Chiller โดยการบังคับมิให้ Inlet Vanes ของเครื่อง Centrifugal Chiller เปิดกว้างเกินไป วิธีแรกให้ผลดีในการใช้งานมากกว่า เพราะไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการควบคุมอุณหภูมิในบริเวณสำคัญของอาคาร แต่พลังงานที่ประหยัดได้ค่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ : AVERAGE ELECTRICAL POWER REQUIREMENT

SYSTEM	INPUT		Remarks
	EER	KW/Ton	
1. Room Air Conditioner (8,000-24,000 Btuh)	9.2-7.5	1.30-1.60	
2. Split System, small size (Up to 15 Tons)	8.3-7.5	1.45-1.60	Air-Cooled Condenser
3. Split System, medium size (16-40 Tons)	8	1.50	Air-cooled condenser EER 8.0 minimum
4. Package Unit,(1-15 Ton)	10	1.20	Water-cooled condenser
5. DX Central(40-200 Tons)	10.9	1.10	Water-cooled condenser
6. Water Chiller, reciprocating		1.30-1.70	Air-cooled condenser
7. Water Chiller, reciprocating		1.20-1.50	Water-cooled condenser
8. Water Chiller, Centrifugal		1.05-1.10	Water-cooled condenser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ มาตรฐานการใช้พลังงานต่อปริมาณความเย็นที่ทำได้ของเครื่องแบบต่าง ๆ

	กิโลวัตต์ / กิโลวัตต์ความเย็น	กิโลวัตต์ / ตันทำความเย็น
ก. เครื่องทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller)	0.22	0.77
ข. เครื่องทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)	0.26	0.91
ค. แบบเป็นชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled package unit)	0.25	0.88
ง. ชุดควบแน่นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled condensing unti)	0.37	1.50
จ. เครื่องทำน้ำเย็นแบบสกรู (Screw Type Chiller)	0.22	0.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้...

ตารางที่ Recommended Cooling Seasun Temperature and Humidity Levels

COMMERCIAL BUILDINGS	Occupied Periods	
	Dry Bulb Temperature	Minimum Relative Humidity
Offices	78°	55%
Corridors	Uncontrolled	Uncontrolled
Cafeterias	75°	55%
Auditoriums	78°	50%
Computer Rooms	75°	As needed
Lobbies	82°	60%
Doctor Offices	78°	55%
Toilet Rooms	80°	-
Storage, Equipment Rooms, Garages	Uncontrolled	Do Not Cool or Dehumidity

RETAIL STORES	Ocuupied Periods	
	Dry Bulb Temperature	Relative Humidity
Department Stores	80°	55%
Supermarkets	78°	55%
Drug Stores	80°	55%
Meat Markets	78°	55%
Apparel	80°	55%
Jewelry	80°	55%
Garages	Do not Cool	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4-1 National Primary Ambient-Air Quality Standards for Outdoor Air
(as Set by the U.S. Environmental Protection Agency)

	Long term			Short term		
	Concentration			Concentration		
CONTAMINANT	µg/cu m	ppm	Averaging	µg/cu m	ppm	Averaging
Sulfur dioxide	80	0.03	1 year	365[a]	0.14[a]	24 hours
Particles (PM^{10})	50[b]	—	1 year	150[a]	—	24 hours
Carbon monoxide				40,000	35	1 hour
Carbon monoxide				10,000[a]	9[a]	8 hours
Oxidants (ozone)				235[c]	0.12[c]	1 hour
Nitrogen dioxide	100	0.055	1 year			
Lead	1.5	—	3 months			

a) May be exceeded only once per year.

b) Arithmetic Mean

c) Standard is attained when expected number of days per calendar year with maximal hourly average concentrations above 0.12 ppm (235 µg/cu m) is equal to or less than 1.

Table 4-2 Outdoor Air Requirements for Ventilation of Commercial Facilities*
(offices, stores, shops, hotels, sports facilities)

	Estimated Max. Occupancy	Outdoor Air Requirements				
APPLICATION	P/1000 sq ft or 100 sq m**	cfm per person	l/s per person	cfm per sq ft	l/s per sq m	Comments
Dry Cleaners Laundries						Dry cleaning processes may require more air.
Commerc. laundry	10	25	13			
Commerc. Dry Cl.	30	30	15			
Storage, pick-up	30	35	18			
Coin-op laundries	20	15	8			
Coin-op Dry Clean.	20	15	8			
Food & Bev. Service						
Dining Rooms	70	20	10			
Cafet. Fast Food	100	20	10			
Bars, Cockt. Lnge.	100	30	15			Supplementary smoke removal equipment may be required.
Kitchens (cooking)	20	15	8			Make-up air for hood exhaust may require more ventilating air. The sum of the outdoor air and transfer air of acceptable quality from adjacent spaces shall be sufficient to provide an exhaust rate of not less than 1.5 cfm/sq ft (7.5 l/s/sq m)
Garages, Repair Service Stations						Distribution among people must consider worker location and concentration of running engines; stands where engines are run must incorporate systems for positive engine exhaust withdrawal. Contaminant sensors may be used to control ventilation.
Encl. parking garage				1.50	7.50	
Auto Repair Rooms				1.50	7.50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4 -2 (Cont.) Outdoor Air Requirements for Ventilation of Commercial Facilities*

(offices, stores, shops, hotels, sports facilities)

APPLICATION	Estimated Max. Occupancy P/1000 sq. ft or 100 sq m**	Outdoor Air Requirements cfm per person	l/s per person	cfm per sq ft	l/s per sq m	Comments
Hotels, Motels, Resorts Dormitories						See also food & beverage services, merchandising, barber & beauty shops, garages.
Dormitory sleeping areas	20	15	8			
				cfm/room	l/s/room	Independent of room size.
Bedrooms				30	15	
Living				30	15	
Baths				35	18	Installed capacity for intermittent use.
Lobbies	30	15	8			
Conference rms.	50	20	10			
Assembly rms.	120	15	8			
Gambling Casinos	120	30	15			Supplementary smoke removal equipment may be required.
Offices						Some office equipment may require local exhaust.
Office space	7	20	10			
Reception areas	60	15	8			Supplementary smoke removal equipment may be required.
Telecommunication centers & data entry areas	60	20	10			
Conference rooms	50	20	10			
Public Spaces						
Corridors & Util.				0.50	0.25	
Public Restrooms cfm/wc or urinal		50	25			Mechanical exhaust with no recirculation is recommended.
Locker & Dressing Rooms				0.5	2.5	
Smoking Lounge	70	60	30			Normally supplied by transfer air. Local mechanical exhaust with no recirculation recommended.
Elevators				1.00	5.00	Normally supplied by transfer air.
Retail Stores Sales Floors & Show room floors						
Basement & Street	30			0.30	1.50	
Upper floors	20			0.20	1.00	
Storage rms	15			0.15	0.75	
Dressing rms				0.20	1.00	
Malls & Arcades	20			0.20	1.00	
Shipp. & Rec.	10			0.15	0.75	
Warehouses	5			0.05	0.25	
Smoking Lounge	70	60	30			Normally supplied by transfer air. Local mechanical exhaust with no recirculation recommended.
Specialty shops						
Barber	25	15	8			
Beauty	25	25	13			
Reducing Salons	20	15	8			
Florists	8	15	8			Ventilation to optimize plant growth may dictate requirements.
Clothiers, Furniture				0.30	1.50	
Hardware, Drugs, Fabric	8	15	8			
Supermarkets	8	15	8			
Pet Shops				1.00	5.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4-2 (Cont.) Outdoor Air Requirements for Ventilation of Commercial Facilities*

(offices, stores, shops, hotels, sports facilities)

APPLICATION	Estimated Max. Occupancy P/1000 sq. ft or 100 sq m**	Outdoor Air Requirements cfm per person	l/s per person	cfm per sq ft	l/s per sq m	Comments
Sports & Amusement						
Spectator areas	150	15	8			When internal combustion engines are operated for maintenance of playing surfaces, increased ventilation rates may be required.
Game Rooms	70	25	13			
Ice Arenas (Playing area)				0.50	2.50	
Swimming Pools (Pool & Deck area)				0.50	2.50	Higher values may be required for humidity control.
Playing Floors (Gymnasium)	30	20	10			
Ballrooms & Discos	100	25	13			
Bowling Alleys (seating areas)	70	25	13			
Theaters						Special ventilation will be needed to eliminate special stage effects (e.g. dry ice vapors, mists, etc.)
Ticket Booths	60	20	10			
Lobbies	150	20	10			
Auditorium	150	15	8			
Stages, Studios	70	15	8			
Transportation						Ventilation within vehicles may require special consideration.
Waiting Rooms	100	15	8			
Platforms	100	15	8			
Vehicles	150	15	8			
Workrooms						Spaces maintained at low temperatures, −10°F to +50°F (−23°C to +10°C) are not covered by these requirements unless the occupancy is continuous. Ventilation from adjoining spaces is permissible. When the occupancy is intermittent, infiltration will normally exceed the ventilation requirement.
Meat Processing	10	15	8			
Photo Studios	10	15	8			
Darkrooms	10			0.50	2.50	
Pharmacy	20	15	8			
Bank Vaults	5	15	8			
Duplication Printing				0.50	2.50	Installed equipment must incorporate positive exhaust & control (as required) of undesirable contaminants (toxic or otherwise).

*Table 11-2 prescribes supply rates of acceptable outdoor air required for acceptable indoor air quality. These values have been chosen to control carbon dioxide and other contaminants with an adequate margin of safety, and to account for health variations among people, varied activity levels and a moderate amount of smoking.

**Net occupiable spaces

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4-3 Outdoor Air Requirements for Ventilation of Institutional Facilities

APPLICATION	Estimated Max. Occupancy P/1000 sq ft or 100 sq m**	Outdoor Air Requirements cfm per person	l/s per person	cfm per sq ft	l/s per sq m	Comments
Education						
Classroom	50	15	8			
Laboratories	30	20	10			Special contaminant control systems may be required for processes or functions including laboratory animal occupancy.
Training Shop	30	20	10			
Music Rooms	50	15	8			
Libraries	20	15	8			
Locker Rooms				0.50	2.50	
Corridors				0.10	0.50	
Auditoriums	150	15	8			
Smoking Lounges	70	60	30			Normally supplied by transfer air. Local mechanical exhaust with no recirculation recommended.
Hospitals, Nursing & Convalescent Homes						Special requirements or codes and pressure relationships may determine minimum ventilation rates and filter efficiency.
Patient Rooms	10	25	13			
Medical Procedure	20	15	8			
Operating Rooms	20	30	15			Procedures generating contaminants may require higher rates.
Recovery & ICU	20	15	8			
Autopsy rms				0.50	2.50	Air shall not be recirculated into other spaces.
Physical Therapy	20	15	8			
Correctional Facilities						
Cells	20	20	10			
Dining Halls	100	15	8			
Guard Stations	40	15	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้างน้อยส่วนวิธีที่สองสองสามารถประหยัดพลังได้มาก , แต่อุณหภูมิของอากาศในบริเวณสำคัญของอาคารในบริเวณสำคัญของอาคารจะสูงขึ้น จึงควรใช้เฉพาะเมื่อจำเป็นหรือเมื่อเริ่มเดินเครื่อง Chiller หลังจากหยุดระบบปรับอากาศไปเป็นเวลาหลายวันแล้วเท่านั้น

4.พยายามจัดลำดับการเดินเครื่อง Chiller ให้สอดคล้องกับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารอยู่เสมอ โดยที่ความร้อนภายในอาคารมักในคงที่ โดยจะแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล เวลาในแต่ละวันกิจกรรมที่เกิดขึ้น ดังนั้นหากเดินเครื่อง Chiller ให้น้อยชุดที่สุดและให้ทำความเย็นเต็มที่ตามสมรรถนะของแต่ละชุดแล้วประสิทธิภาพการทำความเย็นจะสูงสุดและช่วยประหยัดค่าพลังงานได้เป็นจำนวนมาก ข้อสำคัญคือควรหลีกเลี่ยงการให้เครื่อง Chiller ทำงานต่ำกว่า 40%ของสมรรถนะเต็มที่ของเครื่องโดยเด็ดขาด

2.5.2 **ระบบระบายอากาศ**

1. **หลักการระบายอากาศ**

อาคารโดยทั่วไป มักใช้ระบบระบายอากาศควบคู่ไปกับระบบปรับอากาศด้วยตามมาตรฐานของ ASHRAE 62-1988 ระบุให้นำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกส่วนหนึ่งเข้ามาลดความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์จากตัวคนและสิ่งสกปรกภายในอาคารเพื่อมิให้เป็นมลอันตรายต่อสุขภาพของพนักงาน ในปริมาณที่ไม่น้อยกว่าที่แสดงในตารางที่ 4 อากาศที่นำเข้านี้ร้อนและชื้น เครื่องปรับอากาศต้องทำงานมากขึ้นในการลดอุณหภูมิและความชื้นลงมาเท่ากับสภาวะอากาศภายในห้อง ซึ่งต้องใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังต้องใช้พลังงานอีกส่วนหนึ่งสำหรับพัดลมที่ใช้ดูดอากาศเสียทิ้งไป แต่ปริมาณที่ดูดทิ้งนี้ควรน้อยกว่าปริมาณอากาศที่นำเข้ามาเสมอ เพื่อให้ความดันอากาศภายในอาคารสูงกว่าภายนอกตลอดเวลา มิฉะนั้นอากาศร้อนที่สกปรกจากนอกอาคารจะรั่วซึมเข้าทางประตู หน้าต่างที่ปิดไม่สนิท หรือ เข้าตามรอยแตกระหว่างวงกบประตู หน้าต่างกับกำแพง ทำให้อากาศในตัวโรงงานสกปรกมากขึ้นและการควบคุมอุณหภูมิให้ถูกต้องสม่ำเสมอ กระทำได้ยากอีกด้วย

2. **การเลือกชนิดของพัดลมระบายอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน**

พัดลมที่ใช้ในอาคารทั่วไป แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

1.Centrifugal Fans ประกอบด้วย

- Forward Curve Fans
- Backward Curve Fans
- Air Foil Fans

2. Axial Fans ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Tube Axial Fans

- Vane Axial Fans

- Propeller Fans

Centrifugal Fans จะให้ประสิทธิภาพสูงสุดและสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุดเมื่อใช้งานกับระบบระบายอากาศที่มีปริมาณลมไม่มาก และตัวระบบมีความเสียดทานสูงจึงเหมาะกับอาคารที่มีการนำอากาศเข้ามาหรือดูดอากาศทิ้งไปในปริมาณไม่มากนัก แต่ต้องเดินท่อลมเป็นระยะทางไกลๆ หรือมี Duct Heater , Humidifier Filler ฯลฯ ติดตั้งอยู่ในระบบส่งลม

หากอากาศที่ใช้กับพัดลมค่อนข้างสะอาดควรเลือกใช้ Air Foil Fans จะประหยัดพลังงานได้มากสุด

ส่วน Axial Fans นั้นจะให้ประสิทธิภาพสูงสุด และสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุดเมื่อใช้งานกับระบบระบายอากาศที่ต้องใช้ลมเป็นจำนวนมากแต่ตัวระบบมีความเสียดทานน้อยมาก จึงเหมาะกับอาคารที่ต้องนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามา หรือ ดูดอากาศเสียทิ้งไปเป็นจำนวนมาก

Tube Axial Fans และ Vane Axial Fans มักใช้ในกรณีที่ต้องเดินท่อลมเป็นระบะทางสั้นๆ ส่วน Propeloler Fan ใช้เมื่อไม่ต้องมีระบบท่อลมเลย

3.การควบคุมหารทำงานของระบบระบายอากาศเพื่อประหยัดพลังงาน

1.บริเวณที่ไม่มีระบบปรับอากาศ

-เปิดพัดลมดูดอากาศเฉพาะเวลาที่ต้องการระบายอากาศเสียออกนอกอาคาร เช่น ในห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ โรงอาหาร เป็นต้น การเปิดปิดนี้อาจทำโดยใช้คนตั้งเวลาการทำงานโดยอัตโนมัติ หรือต่อพ่วงพัดลมกับวงจรไฟแสงสว่าง

-เปิดพัดลมระบายความร้อนเฉพาะเวลาที่อุณหภูมิภายในห้องสูงเกินไปเท่านั้น เช่น ห้องปั้มน้ำ ห้องหม้อแปลง ห้องไฟฟ้า เป็นต้น โดยใช้ Thermostat ควบคุมการทำงานเมื่ออุณหภูมิห้องสูงถึง 95 องศาฟาเรนไฮต์

-ติดตั้ง เครื่อง Sensor คาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อควบคุมทำงานของพัดลมระบายอากาศ ในบริเวณที่จอดรถ ซึ่งมีพื้นที่มาก หรือชั้นใต้ดิน

2.โรงงานที่มีระบบปรับอากาศ

-เช่นเดียวกับข้อ 1. โดยเฉพาะในบริเวณห้องทดลองปฏิบัติการเป็นต้น

-ติดตั้งเครื่อง Sensor คาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อควบคุมพัดลมให้ส่งอากาศภายนอกเข้าสู่เครื่องปรับอากาศในปริมาณที่เหมาะ สมกับจำนวนพนักงานที่ทำงานในแต่ละเวลา

-ติดตั้ง Air to Air Total Heat Exchanger เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศเสียที่เย็นภายในอาคารที่ต้องการดูดทิ้งไปกับอากาศร้อนที่บริสุทธิ์ซึ่งจะนำเข้ามาในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลงทุนของวิธีนี้ค่อนข้างสูง จึงเหมาะกับอาคารทีมีอากาศเสียที่ต้องการทิ้งออกไปเป็นจำนวนมากล

-ติดตั้ง Eletronic Air Cleaner เพื่อขจัดกลิ่นฝุ่นละออง และสิ่งสกปรกที่ล่องลอยอยู่ภายในบริเวณปรับอากาศ ทำให้สามารถลดปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่นำเข้าให้น้อยลงเหลือ 5 CFM ต่อคน

-ติดตั้ง Exhaust Hood ให้ใกล้แหล่งกำเนิดอากาศสกปรกให้มากที่สุด เช่น ในห้องอาคาร ห้องครัว เป็นต้น เพื่อลดจำนวนอากาศเสียที่เย็นซึ่งต้องดูดทิ้งไป ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นวิธีการปรับพลังงานในระบบปรับอากาศสำหรับอาคารโดยทั่วไป โดยมุ่งเน้นวิธีการใช้งานที่ถูกต้อง ซึ่งผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาคาร สามารถนำไปปฏิบัติให้เกิดผลโดยทันทีโดยไม่ต้องลงทุนหรือลงทุนเพิ่มเติมแต่น้อยพลังงานที่ประหยัดได้ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายของตัวอาคาร ทั้งยังเป็นการช่วยประเทศชาติในการลดภาระการลงทุน เพื่อจัดหาพลังงานมาใช้ให้เพียงพออีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
แนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

3.1 ระบบการส่องสว่างด้วยไฟฟ้า

3.1.1. หลักการทั่วไปในการส่องสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ

การส่องแสงด้วยไฟฟ้า นอกจากจะเป็นภาระไฟฟ้าที่สูงในอาคารหนึ่ง ๆ แล้วยังส่งผลกระตบต่อภาระไฟฟ้ารวมของอาคาร โดยไปเพิ่มภาระการทำความเย็นแก่ระบบปรับอากาศอีกด้วย ดังนั้นจึงควรออกแบบและเลือกระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ให้ประสิทธิผลในการส่องสว่าง ก่อให้เกิดความสบายแก่ตา มีความยืดหยุ่น และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายในการใช้พื้นที่ ในขณะเดียวกันมีประสิทธิภาพดีในเชิงพลังงาน ทั้งหมดนี้ สามารถสัมฤทธิผลได้โดยการจำกัดกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง การให้แสงสว่างอย่างเพียงพอเฉพาะในพื้นที่ที่มีงานส่องสว่าง และการใช้แสงธรรมชาติร่วมด้วยในเวลากลางวัน

1. ควรจัดการส่องสว่างให้ระดับไม่น้อยกว่าค่าที่แนะนำโดยสากล หรือไม่น้อยกว่าค่าที่แสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1
ระดับความส่องสว่างสำหรับงานต่าง ๆ

งาน	ลักซ์ (ลูเมน $ม^{-2}$)	ตัวอย่าง
I การให้แสงสว่างสำหรับ	20	ความสว่างต่ำสุดที่ใช้การได้
บริเวณไม่ค่อยได้ใช้งาน	50	ทางเดินภายใน ที่จอดรถและห้องเก็บของ
	100	ห้องนอนในโรงแรมและห้องน้ำ
II การให้แสงสว่างสำหรับ	150	งานที่ไม่ต้องการความละเอียด
บริเวณที่ทำงานภายในอาคาร	200	งานอ่านและเขียนนาน ๆ ครั้ง
	300	สำนักงานทั่ว ๆ ไป ห้องควบคุมในอาคาร ร้านขายของ และร้านค้าต่าง ๆ งานอ่านและงานเขียน
	400	ห้องเขียนแบบ
III การให้แสงสว่างเฉพาะที่	750	งานอ่านตรวจทาน
สำหรับงานละเอียด	1,000	งานเขียนแบบที่ต้องการความละเอียดแน่นอน งานละเอียดละออ ประณีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่างอาจทอนให้น้อยลงะได้ โดยการลดกำลังไฟฟ้า และ/หรือ ระยะเวลาใช้งาน การลดกำลังไฟฟ้าโดยยังคงประสิทธิผลการส่องสว่างกระทำได้โดยใช้ชุดหลอดไฟฟ้า (ซึ่งอาจรวมบัลลาสต์) และโคมไฟที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น พิสัยประสิทธิภาพเชิงแสงของหลอดไฟฟ้าบางชนิดได้แสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2

ค่าประสิทธิภาพแสงหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

ชนิดหลอดไฟ	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	อายุใช้งาน (ชั่วโมง)	พิสัยของประสิทธิภาพแสง (ลูเมน วัตต์$^{-1}$)
1. หลอดไส้รวมถึงทังสเตนฮาโลเจน	15-1,500	750-12,000	15-25
2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็ก	7-40	5,000-24,000	55-100
3. หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบไอปรอทความดันสูง (หลอดแสงจันทร์)	40-100	6,000-15,000	50-60
4. หลอดเมตัลฮาไลด์	175-1,000	1,500-15,000	80-100
5. หลอดไอโซเดียมความดันสูง	70-1,000	24,000	50-130
6. หลอดไอโซเดียมความดันต่ำ	18-180	18,000	ถึง 180

3 ไม่ควรใช้หลอดไส้ในการให้แสงสว่างทั่วไป ควรใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์และถ้าเป็นไปได้ควรใช้อุปกรณ์ประกอบที่มีการสูญเสียต่ำ ในการติดตั้งไฟส่องลง (down light) ให้ใช้หลอดไฟฟ้าปล่อยประจุชนิดความดันสูง ในห้องโถงใหญ่ควรใช้หลอดปล่อยประจุชนิดความดันสูงเป็นต้นกำเนิดแสงหลัก

4 การให้แสงสว่างอย่างสม่ำเสมอโดยทั่วบริเวณสถานที่ทำงาน เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพต่ำ เพราะกิจกรรมที่แตกต่างกันในพื้นที่ทำงาน มีความต้องการแสงสว่างไม่เท่ากัน เช่น ในห้องเขียนแบบจะต้องให้แสงสว่างเฉพาะที่ เพื่อผู้เขียนแบบสามารถจะทำงานรอบโต๊ะเขียนแบบได้สะดวก โดยมีความต้องการแสงทั่วไปในห้องลดลง การทำเช่นนี้ทำให้เกิดการลดภาระไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ห้องลงได้มาก

5 ในการออกแบบแสงสว่างโดยใช้หลักของการส่องสว่างอย่างเพียงพอ เฉพาะบริเวณที่มีงานส่องสว่าง สถาปนิกและวิศวกรควรมีการหารือกันอย่างใกล้ชิด เพื่อกำหนดงานส่องสว่างที่ต้องการในแต่ละบริเวณพื้นที่หนึ่ง ๆ เพื่อว่าจะสามารถลดกำลังไฟฟ้าแสงสว่างในบริเวณอื่น ๆ ที่ไม่มีงานส่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สว่างในพื้นที่นั้น ถ้าหากพิจารณาว่าในพื้นที่ใด อาจมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้พื้นที่ในภายหลัง ก็ควรจะมีการออกแบบระบบง่าย กำลังไฟฟ้าแสงสว่างที่เผื่อการเปลี่ยนแปลงนั้นไว้ล่วงหน้า

3.1.2. **การใช้แสงธรรมชาติส่องสว่าง** (Daylighting)

1. การใช้แสงธรรมชาติร่วมกับไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อการส่องสว่างสำหรับบริเวณที่มีแสงธรรมชาติในเวลากลางวัน เป็นวิธีที่สำคัญที่สุดวิธีหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร และเพิ่มคุณภาพของสภาพแวดล้อมในอาคาร แสงธรรมชาติมีประสิทธิภาพการส่องสว่างสูง และยังให้สีสันถูกต้อง

2 ในการใช้แสงธรรมชาติเพื่อส่องสว่าง ควรจะคำนึงถึงองค์ประกอบต่อไปนี้

2.1. จะต้องใช้รังสีกระจายของรังสีอาทิตย์เท่านั้น และควรใช้อุปกร์ณ์บังแดดปิดกั้นไม่ให้รังสีตรงเข้าสู่อาคารโดยตรง

รังสีตรงให้พลังงานความร้อนสูง และยังก่อให้เกิดแสงจ้า (glare) ได้ง่าย การเลือกและติดตั้งอุปกรณ์บังแดดที่ดี อาจช่วยลดแสงจ้าจากส่วนของท้องฟ้าที่สว่างมาก เกินไป หรือจากการสะท้อนแสงของวัตถุ

2.2. ระดับความสว่างของท้องฟ้าแปรเปลี่ยนได้มากจากเวลาหนึ่งสู่เวลาหนึ่ง ดังนั้นควรใช้แสงธรรมชาติร่วมกับไฟฟ้าแสงสว่างโดยออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างในลักษณะที่สามารถปรับได้ เพื่อให้ความสว่างรวมอยู่ในระดับที่ใช้งานได้ ในกรณีเช่นนี้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะต้องควรคุมโดยปรับหรี่ได้อย่างต่อเนื่อง หรือปรับหรี่เป็นขั้น และควรปรับหรี่ได้โดยอัตโนมัติ

2.3. การออกแบบเพื่อที่จะใช้แสงธรรมชาติส่องสว่าง สามารถใช้ค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight factor) ที่หาได้สำหรับบริเวณหนึ่ง ๆ ภายในอาคาร ร่วมกับค่าความสว่างจากรังสีกระจายบนแนวราบ (exterior diffuse horizontal illumination) ของท้องถิ่น

3.1.3. **ขอบเขตของข้อกำหนดในการให้แสงสว่าง**

1 ความในหมวดนี้จะครอบคลุมถึงห้องต่าง ๆ และบริเวณต่าง ๆ รวมทั้ง

1.1. เนื้อที่ภายในอาคาร

1.2. บริเวณส่วนนอกของอาคาร เช่น ทางเข้า ทางออก ที่ขนถ่านสินค้า ฯลฯ

1.3. ถนน สนาม และบริเวณด้านนอกอาคารส่วนอื่น ๆ รวมถึงบริเวณกลางแจ้งที่มีหลังคาปกคลุมซึ่งต้องใช้แสงสว่างและได้รับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟในอาคาร

2 ห้องต่าง ๆ บริเวณต่าง ๆ และอุปกรณ์ที่ได้รับการยกเว้นจากข้อกำหนดในหมวดนี้ ได้แก่

2.1. กิจกรรมภายนอกอาคาร เช่น การผลิต การจัดเก็บ เรือนกระจกสำหรับปลูกต้นไม้เชิงพาณิชย์ และสิ่งอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานด้านต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้กับการแสดงต่าง ๆ การถ่ายทอดโทรทัศน์ การใช้อุปกรณ์โสตทัศนศึกษาในการเสนอผลงาน และส่วนที่เป็นเครื่องอำนวยความสะดวกด้านการแสดงมหรสพและงานรื่นเริง เช่น เขตพื้นเวทีการแสดง ในห้องเต้นรำของโรงแรม ไนท์คลับ ดิสโก้ และบ่อนการพนัน ซึ่งไฟฟ้าแสงสว่างเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับงานที่จัดขึ้น

2.3. อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างชนิดพิเศษที่ใช้ในการแพทย์และทันตกรรม

2.4. ไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับกีฬากลางแจ้ง

2.5. ไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับนิทรรศการทางด้านศิลปะ หรือการแสดงผลงานในหอศิลป์ พิพิธภัณฑ์และอนุสาวรีย์

2.6. ไฟฟ้าส่องสว่างภายนอกสำหรับอนุสาวรีย์สาธารณะ

2.7. ไฟฟ้าส่องสว่างเป็นกรณีพิเศษ ในห้องปฏิบัติการวิจัย

2.8.ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในการปลูกพืชไร่ในร่มเพียงอย่างเดียวในระหว่างเวลา 22.00 น. ถึง 6.00 น.

2.9. ไฟฟ้าส่องสว่างฉุกเฉิน ที่ปิดเองโดยอัตโนมัติในภาวะปกติ

2.10.บริเวณที่มีอัตราความเสี่ยงต่อความปลอดภัยค่อนข้างสูงซึ่งกำหนดโดยเทศบัญญัติหรือคำสั่งประกาศเฉพาะแห่ง หรือโดยพนักงานรักษาความปลอดภัยระบุว่ามีความจำเป็นต้องใช้แสงสว่างมากเป็นพิเศษ

2.11.ห้องเรียนที่ได้ออกแบบเป็นการเฉพาะสำหรับบุคคลที่มีความบกพร่องทางด้านการได้ยิน (ประเภทที่อ่านโดยใช้วิธีดูปาก) และสำหรับผู้สูงอายุ

2.12. ไฟฟ้าแสงสว่าง สำหรับเครื่องหมาย สัญลักษณ์

2.13. ไฟฟ้าแสงสว่าง ที่ใช้แสดงสินค้าในตู้กระจกร้านขายของ

2.14. ไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับส่วนพักอาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4. **เกณฑ์ขั้นสูงของค่ากำลังไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างในอาคาร**

ภาระไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับพื้นที่ภายในอาคาร จะต้องมีค่าไม่เกินกว่าค่าที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3

เกณฑ์ขั้นสูงของค่ากำลังไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างในอาคาร

อาคาร ประเภท/ลักษณะพื้นที่	ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุด วัตต์ ม$^{-2}$
ขายอาหาร	
สำนักงาน	15
-บริเวณที่ทำงาน	16
ร้านขายของซุปเปอร์มาร์เก็ต และศูนย์การค้า (*)	23
ที่จอดรถ	2
สถานศึกษา	18
โกดังเก็บของ/คลังพัสดุ	5
โรงพยาบาล/สถานพักฟื้น	18
โรงแรม	
- ห้องพัก/เฉลียงทางเดินในอาคาร	15
- บริเวณที่ใช้ร่วมกันมาก ๆ	17
- สถานที่จัดเลี้ยง/แสดงนิทรรศการ	20

รวมถึงไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไป ที่ใช้ในการโฆษณา เผยแพร่สินค้า ยกเว้นที่ใช้ในตู้กระจกแสดงสินค้าหน้าร้าน ฯลฯ

3.1.5. **เกณฑ์ขั้นต่ำขั้นสูงของค่ากำลังไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร**

1 กำลังไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับบริเวณภายนอกอาคารจะต้องมีค่าไม่เกินค้าที่แสดงในตารางที่ 3-4 และตารางที่ 3-5

2 สำหรับสถานที่ที่ประกอบด้วยอาคารหลาย ๆ หลัง ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างภายนอกอาคารที่กำหนดให้ อาจนำไปชดเชยกันระหว่างอาคารได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-4

ข้อกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับภายนอกอาคาร

บริเวณ	กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง
ทางออก (มี/ไม่มีหลังคาคลุม)	60 วัตต์/ความกว้างของประตู 1 เมตร
ทางเข้า (ไม่มีหลังคาคลุม)	90 วัตต์/ความกว้างของประตู 1 เมตร
ทางเข้า (มีหลังคาคลุม)	
- ที่มีคนหนาแน่น (ร้านขายปลีก โรงแรม ท่าอากาศยาน โรงมหรสพ ฯลฯ)	100 วัตต์ ม.$^{-2}$ ของพื้นที่หลังคา
- ที่มีคนเดินไม่หนาแน่น (ในโรงพยาบาล สำนักงาน โรงเรียน ฯลฯ)	10 วัตต์ ม.$^{-2}$ ของพื้นที่หลังคา
บริเวณขนถ่านสิ่งของ	3 วัตต์ ม.$^{-2}$
ประตูขนถ่ายสิ่งของ	50 วัตต์/ความกว้างของประตู 1 เมตร
ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างรวมภายนอกอาคาร สำหรับอาคารที่สูงไม่เกิน 5 ชั้น และให้เพิ่มขึ้น 6 วัตต์ ต่อความยาวของเส้นรอบรูป 1 เมตร (2 วัตต์/ความยาวของเส้นรอบรูป 1 ฟุต) สำหรับแต่ละชั้นที่เพิ่มขึ้น	100 วัตต์/ความยาวของเส้นรอบรูปของอาคาร 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-5

ข้อกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับถนน/บริเวณ

บริเวณ	กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง
บริเวณที่เก็บพัสดุและสถานที่ทำงาน	2.0 วัตต์ ม.$^{-2}$
บริเวณสำหรับกิจกรรมอย่างอื่นในบางโอกาส	1.0 วัตต์ ม.$^{-2}$
ถนน/ทางเดินส่วนบุคคล	1.0 วัตต์ ม.$^{-2}$
ถนน/ทางเดินสาธารณะ	1.5 วัตต์ ม.$^{-2}$
ที่จอดรถส่วนบุคคล	1.2 วัตต์ ม.$^{-2}$
ที่จอดรถสาธารณะ	1.8 วัตต์ ม.$^{-2}$

3.1.6. การควบคุมไฟฟ้าแสงสว่าง

1 ระบบไฟฟ้าแสงสว่างทุกบริเวณ ยกเว้นที่ใช้ในกรณีฉุกเฉิน จะต้องสามารถควบคุมโดยใช้คน หรือโดยอัตโนมัติ หรือโดยการตั้งเวลาได้

2 การควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้เป็นไปในลักษณะดังต่อไปนี้

2.1. จะต้องจัดให้มีสวิตช์ควบคุมอย่างน้อย 1 ตัว สำหรับงานส่องสว่างแต่ละประเภทหรือปลายประเภทรวมกันสำหรับ

- พื้นที่ 30 ตรม. หรือน้อยกว่า หรือภายในแต่ละห้อง
- เมื่อภาระไฟฟ้าแสงสว่างในบริเวณหนึ่งมีค่าถึง 1000 วัตต์

2.2. สำหรับอาคารควบคุมพิเศษ ไฟฟ้าแสงสว่างนอกอาคารที่ไม่ได้ใช้งานตลอด 24 ชม. จะต้องมีระบบปิด-เปิดอัตโนมัติ โดยวิธีตั้งเวลาหรือโดยอุปกรณ์ที่ควบคุมการทำงานโดยระดับแสงสว่าง

2.3. ห้องพักแขกในโรงแรมจะต้องมีสวิตช์รวมซึ่งควบคุมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในห้อง ซึ่งอาจควบคุมโดยใช้กุญแจประตูก็ได้

2.4. ในบริเวณที่มีแสงธรรมชาติพอเพียง จะต้องจัดให้มีสวิตช์ ปิด-เปิดดวงไฟหรือแถวของดวงไฟที่อยู่ใกล้และขนานกับแนวหน้าต่างหรือผนังด้านที่มีแสงธรรมชาติ สวิตช์ดังกล่าวอาจควบคุมโดยคน หรืออัตโนมัติ หรืออาจปรับหรี่ได้โดยอัตโนมัติ

3 ความสะดวกในการเข้าถึงอุปกรณ์ควบคุม

ระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมด ควรจัดอยู่ในตำแหน่งที่ผู้ใช้ห้องหรือผู้ใช้สถานที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์ที่ใช้กับบริเวณงานเฉพาะอย่างในกรณีที่เข้าถึงได้ง่ายอาจติดตั้งให้ เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับงานนั้นได้ สวิตช์ที่ใช้ควบคุมภาระไฟฟ้าแสงสว่างตัวเดียวกันจากตำแหน่งมากกว่า 1 แห่ง ไม่อาจถือได้ว่าเข้าข่ายการเพิ่มจำนวนสวิตช์ควบคุม

ข้อยกเว้น :

1. การควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับบริเวณที่ต้องการใช้งานเป็นส่วนรวม ควรที่จะดำเนินการควบคุมให้สอดคล้องกับลักษณะของงาน และตำแหน่งการควบคุม อาจจัดรวมอยู่ในที่เดียวกันในสถานที่ที่ซึ่งไกลจากบริเวณดังกล่าวได้ (บริเวณเหล่านี้นับรวมถึงห้องโถงที่ใช้ร่วมกันในอาคารสำนักงาน โรงแรม โรงพยาบาล หรือร้านขายปลีก ห้างสรรพสินค้า โรงเก็บสินค้า ห้องเก็บของ เฉลียงทางเดินติดต่อ ภายใต้การดูแล จากศูนย์ควบคุมเดียวกัน)

2. อุปกรณ์ควบคุมทั้งชนิดใช้คนและแบบอัตโนมัติ อาจช่วยลดจำนวนตัวควบคุมตามข้อกำหนดลงได้ ดังที่แสดงในตารางที่ 3-6

3. อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ

4. อุปกรณ์ควบคุมที่สามารถตั้งการทำงานได้ล่วงหน้า

5. อุปกรณ์ควบคุมที่ต้องใช้ปฏิบัติการที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว

6. อุปกรณ์ควบคุมสำหรับป้องกันอันตรายและเพื่อความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-6

การเทียบลดจำนวนจุดควบคุมที่ยอมให้สำหรับอุปกรณ์ควบคุมแต่ละชนิด

ชนิดของอุปกรณ์ควบคุม	ถือว่าเทียบเท่ากับจำนวนแห่งของจุดควบคุม
อุปกรณ์ที่ทำงานโดยการรับสัญญาณจากผู้ใช้สถานที่	2
อุปกรณ์ปิด-เปิดไฟเป็นเวลา สามารถกำหนดการทำงานล่วงหน้าได้ตามตารางการใช้สถานที่	2
อุปกรณ์ควบคุมแบบเป็นขั้น ๆ 3 ระดับ (รวมการปิดไฟด้วย) หรืออุปกรณ์การหรี่ไฟที่สามารถตั้งการทำงานล่วงหน้าได้ 3 ระดับ	2
อุปกรณ์ควบคุมแบบเป็นขั้น ๆ 4 ระดับ (รวมการปิดไฟด้วย) หรืออุปกรณ์การหรี่ไฟที่สามารถตั้งการทำงานล่วงหน้าได้ 4 ระดับ	3
อุปกรณ์การหรี่ไฟที่ทำงานตลอดเวลา (อัตโนมัติ)	3
สวิตช์ปิด-เปิดใช้คนควบคุม	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2. **การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร**

3.2.1. **รูปร่างลักษณะของอาคารและกรอบหรือเปลือกนอกของอาคาร**

ในพื้นที่หนึ่ง ๆ สภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานเพื่อการปรับสภาพอากาศในอาคาร ประเทศไทยตั้งอยู่ในแถบทรอปิคเหนือ ได้รับอิทธิพลจากรังสีอาทิตย์ในทิศใต้มากกว่าทิศเหนือ ภูมิอากาศร้อนชื้นโดยทั่วไป ค่าเฉลี่ยความเร็วลมค่อนข้างต่ำในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศดังนั้น จึงนิยมใช้ระบบปรับอากาศเชิงกล รูปร่างลักษณะของอาคาร ทิศทางและการจัดวางหน้าต่าง มีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร อาคารที่มีสัดส่วนพื้นที่ใช้สอยต่อปริมาตรหรือต่อพื้นที่เปลือกนอกอาคารสูง แสดงว่ามีประสิทธิภาพดีในการใช้ประโยชน์อาคาร และยังมีศักยภาพของประสิทธิภาพเชิงพลังงานดีอีกด้วย แต่พื้นที่ที่ใช้ก่อสร้างอาคารมักไม่อำนวยให้เลือกรูปร่างลักษณะและทิศทางของอาคารได้อย่างเสรี และมีสิ่งจูงใจเชิงพาณิชย์ในการจัดให้มีสัดส่วนพื้นที่ใช้สอยต่อปริมาตร หรือต่อ พื้นที่ ผิว นอกของอาคารอยู่ ต่ำ ดังนั้นในข้อกำหนดจึงมุ่งจำกัดปริมาณความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารโดยการกำหนดเกณฑ์ขั้นสูงของ ค่าการถ่านเทความร้อนผ่านกรอบหรือเปลือกอาคารเข้าสู่อาคาร

3.2.2. **อาคารที่มีการปรับอากาศเชิงกล**

ข้อกำหนดในหมวดนี้คลอบคลุมถึง ผนังด้านนอก หลังคา และการรั่วไหลของอากาศสำหรับอาคารหรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ

1 ผนังด้านนอก

1) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารหรือส่วนของอาคาร ที่มีการปรับอากาศจะต้องไม่เกิน 45 วัตต์ ม.$^{-2}$ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมหนังด้านนอกแต่ละด้าน หรือส่วนของผนังด้านนอกแต่ละด้านที่ตรงกับบริเวณของอาคารที่มีการปรับอากาศ

2) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$) ที่หันสู่ทิศทางต่างกัน คำนวณได้จากสมการ (3-1)

$$OTTV_i = (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (SC)(WWR)(SF) + (U_f)(WWR)(\Delta T) \quad (3-1)$$

โดยที่

$OTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา (วัตต์ ม.$^{-2}$)

U_w = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ (วัตต์ ม.$^{-2}$ ซ.$^{-1}$)

WWR = อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างและหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของผนังด้านนั้น

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ

U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก (หรือผนังโปร่งแสง) (วัตต์ ม.$^{-2}$ ซ.$^{-1}$)

ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารสำหรับประเทศไทย ค่านี้คือ 5 ซ.

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง

SF = ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (วัตต์ ม.$^{-2}$)

3) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) คือค่าเฉลี่ยที่ถ่วงแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$) คำนวนได้จากสมการ (3-2)

$$OTTV = \frac{(A_{01})(OTTV_1) + (A_{02})(OTTV_2) + \ldots + (A_{0i})(OTTV_i)}{A_{01} + A_{01} + \ldots + A_{01}} \qquad (3\text{-}2)$$

โดยที่

A_{0i} = พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (ม^2) ซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่าง

$OTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (3-1)

4) เพื่อป้องกันการสะท้อนจากรังสีแสงอาทิตย์สู่อาคารอื่นเกินขอบเขต ห้ามให้กระจกที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์เกินกว่า 0.2

5) ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า

ค่านี้คือ ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างผนังภายนอกและภายในอาคาร ที่ก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ผลต่างของอุณหภูมินี้รวมผลจากการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่ผิวของผนัง และอิทธิพลของอุณหภูมิภายนอกอาคารมวลของวัสดุผนัง คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อน และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์มีผลต่อลักษณะ และค่าฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังนั้น ค่าฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังนั้น ค่าฟลักซ์ความร้อนดังกล่าวสามารถคำนวนได้ดังนี้

$$q = (U_w)(TD_{eq}) \quad \text{วัตต์ ม.}^{-2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-7 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Td_{eq}) สำหรับผนังที่มีความหนาแน่นเชิง มวล และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ต่าง ๆ กัน

ตารางที่ 3-7

ค่าสูงสุดที่ยอมให้สำหรับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ

มวลของผนังทึบ (กก.ม.$^{-2}$)	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนัง ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ (a)				
	0.1 <0-0.2>	0.3 <0.2-0.4>	0.5 <0.4-0.6>	0.7 <0.6-0.8>	0.9 <0.8-1.0>
0 - 125	14	15	16	17	18
126 - 195	11	12	13	14	15
เกินกว่า 195	9	10	11	12	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-8

แสดงรายการวัสดุและสีทาผนังแยกตามระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์

ประเภทผิววัสดุที่ใช้ทำผนังด้านนอก	วัสดุผนัง	สีที่ใช้ทาภายนอก
1. วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสง [0 < α <0.2]	- ผิววัสดุที่ฉาบด้วยดีบุก - แผ่นอะลูมิเนียม - แผ่นฟิลม์ไมลาร์เคลือบอะลูมิเนียม - แผ่นสะท้อนแสงทำด้วยอะลูมิเนียมขัดมัน	- สีสะท้อนแสง
2. วัสดุที่มีผิวอ่อน [0.2 < α <0.4]	- อิฐเคลือบเป็นมันสีขาว - เหล็กชุบสังกะสีทาสีขาว	- แลคเกอร์สีขาว - สีเงิน - สีขาวเป็นมันเงา
3. วัสดุที่มีผิวสีปานกลาง [0.4 < α <0.6]	- วัสดุที่ทาสีอะลูมิเนียม - หลังคาประกอบขึ้นรูปสีขาว - อิฐสีเหลืองอ่อน - หินอ่อนสีขาว - กรวดล้างสีขาว	- สีเขียวอ่อน - สีน้ำเงินปานกลาง - สีเหลืองปานกลาง - สีส้มปานกลาง - สีเขียวปานกลาง
4. วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม [0.6 < α <0.8]	- คอนกรีตไม่ทาสี - ไม่ผิวเรียบ - แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส - หินล้างสีเทา	- สีแดง - สีน้ำเงิน - สีเทาอ่อน - สีสนิมแก่ปานกลาง
5. วัสดุที่มีผิวสีเข้ม [0.8 < α <1.0]	- วัสดุที่ลาดผิวด้วยยางมะตอย - คอนกรีตสีน้ำตาล - วัสดุมุงหลังคาสีเขียว - หินชนวนสีเทาแกมสีน้ำเงิน - อิฐสีแดง - อิฐแสตฟฟอร์ดสีน้ำเงิน - คอนกรีตสีดำ	- สีน้ำเงินแก่หรือสีเขียวแก่ - สีเทาแกมน้ำเงินเข้ม - สีน้ำตาลแก่ - สีโอลีฟเข้ม - สีดำ - สีน้ำเงินแก่ - สีเทาแก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์

คือค่าของผลจากฟลักซ์รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบผ่านหน้าต่าง ค่าเฉลี่ยของค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับผนังแนวตั้งในทิศทางต่าง ๆ คือ

$$SF = 160 \text{ วัตต์ ม.}^{-2}$$

ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรบผนังมุมเอียงในทิศต่าง ๆ ค่าแตกต่างกันคำนวณได้จากสมการ

$$SF = (160)(CF) \text{ วัตต์ ม.}^{-2}$$

โดยที่ CF = ค่าตัวประกอบปรับแก้ (correction factor) สำหรับผนังมุมเอียงหนึ่ง ๆ ในทิศต่าง ๆ ซึ่งหาได้จากตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9
ค่าตัวประกอบปรับแก้

ทิศ มุม เอียง	เหนือ	ตะวันออก เฉียงเหนือ	ตะวัน ออก	ตะวันออก เฉียงใต้	ใต้	ตะวันตก เฉียงใต้	ตะวันตก	ตะวันตก เฉียงเหนือ
70°	1.06	1.24	1.52	1.63	1.63	1.60	1.48	1.22
75°	0.96	1.14	1.42	1.52	1.50	1.48	1.38	1.12
80°	0.87	1.05	1.32	1.40	1.37	1.37	1.28	1.02
85°	0.78	0.96	1.22	1.29	1.24	1.25	1.17	0.93
90°	0.70	0.87	1.12	1.17	1.11	1.13	1.03	0.84

2 ผนังด้านนอกที่มีการใช้แสงธรรมชาติส่องสว่าง

ในกรณีที่มีการออกแบบให้ใช้แสงธรรมชาติช่วงส่องสว่าง และมีการจัดระบบควบคุมดวงไฟในแนวที่ขนานกับหน้าต่าง โดยสามารถปรับหรี่ได้โดยอัตโนมัติ ถ้าหากแสดงให้ประจักษ์ได้ว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเกินร้อยละ 25 จากที่กำหนดในตารางที่ 3-3 สำหรับบริเวณระยะ 5 เมตร จากแนวผนังด้านนอก ให้ลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนี้ที่คำนวณได้ลงในอัตราร้อยละ 15 และให้ใช้ค่าที่ลดแล้วประกอบการคำนวณเพื่อหาการถ่ายเทความร้อนของอาคารต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 หลังคา

1) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) จะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดให้คือ 25 วัตต์ ม$^{-2}$ ค่านี้กำหนดใช้สำหรับทั้งกรณีไม่มีช่องรับแสงธรรมชาติ และกรณีมีช่องรับแสงธรรมชาติช่วงส่องสว่าง

2) ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแต่ละส่วน คำนวณได้จากสมการ 3-3

$$RTTV_i = (U_f)(1\text{-}SWR)(TD_{eq}) + (SC)(SWR)(SF) + (U_s)(SWR)(\Delta T) \qquad (3\text{-}3)$$

โดยที่

$RTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารด้านที่พิจารณา (วัตต์ ม.$^{-2}$)

U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนทึบ (วัตต์ ม.$^{-2}$ ซ.$^{-1}$)

SWR = อัตราส่วนพื้นที่ของช่องรับแสงธรรมชาติต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนนั้น (Skylight to Roof Ratio)

Td_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคาส่วนทึบ (°ซ.)

U_s = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของส่วนโปร่งแสงที่ช่องรับแสง (วัตต์ ม.$^{-2}$ ซ.$^{-1}$)

ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารสำหรับประเทศไทย ค่านี้คือ 5°ซ.

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของช่องรับแสง

SF = ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (วัตต์ ม.$^{-2}$)

3) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (RTTV) คือค่าเฉลี่ยที่ถ่วงแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($RTTV_i$) คำนวนได้จากสมการ (3-4)

$$RTTV = \frac{(A_{01})(RTTV_1) + (A_{02})(RTTV_2) + \ldots + (A_{0i})(RTTV_i)}{A_{01} + A_{01} + \ldots + A_{01}} \qquad (3\text{-}4)$$

โดยที่

A_{0i} = พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (ม^2) ซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่าง

$RTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนที่พิจารณา ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (3-3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของหลังคา มีความหมายในทำนองเดียวกันกับค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนังทึบ ตารางที่ 3-10 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของหลังคาสำหรับกรณีต่าง ๆ

ตารางที่ 3-10

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของหลังคา

มวลของผนัง (กก.ม.-2)	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของหลังคา			
	ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ (a)			
	0.1 <0-0.2>	0.3 <0.2-0.4>	0.5 <0.4-0.6>	0.6 และมากกว่า <0.6-1.0>
0 - 50	20	24	28	32
50 - 200	16	20	24	28
เกินกว่า 200	12	16	20	24

สำหรับหลังคาที่มีอุปกรณ์บังแดดที่มีการระบายอากาศ เช่น กรณีหลังคาสองชั้นยกระดับจากกันให้ใช้ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าช่องที่หนึ่ง (α = 0.1) คูณด้วย 0.8 รายการวัสดุและสีทาผนังแยกตามระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ปรากฏในตารางที่ 3-8

5) ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ สำหรับหลังคาเอียงในทิศต่าง ๆ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ คือ

$$SF = (370)(CF) \quad \text{วัตต์ ม.}^{-2}$$

โดยที่

CF = ตัวประกอบปรับแก้ ซึ่งหาค่าได้จากตารางที่ 3-11

4 หลังคาที่ใช้แสงธรรมชาติช่วยส่องสว่าง

ในกรณีที่มีการออกแบบใช้แสงธรรมชาติช่วยส่องสว่าง และมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าแสงสว่าง โดยสามารถปรับหรี่ได้โดยอัตโนมัติ ถ้าหากแสดงให้ประจักษ์ได้ว่าสามารถลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างเกินกว่าร้อยละ 25 จากที่กำหนดในตารางที่ 3-3 สำหรับบริเวณที่ใช้แสงธรรมชาติช่วยส่องสว่าง ให้ลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนที่อยู่เหนือบริเวณนั้นทีคณ ณ ด ๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 15 และให้ใช้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาที่ลดลงไปแล้วนี้ ประกอบการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมทั้งหมดของหลังคาต่อไป

พื้นที่บริเวณที่ใช้แสงธรรมชาติจากช่วงรับแสง คำนวณได้จากสมการ ((3-5)

$$A_d = (L_s + H)(W_s + H) \quad (3\text{-}5)$$

โดยที่

A_d = พื้นที่บริเวณที่ใช้แสงธรรมชาติจากช่องรับแสงช่วยส่องสว่าง (เท่ากับพื้นที่ส่วนของหลังคาที่ยอมให้ลดค่า $RTTV_i$ ลงร้อยละ 15) (ม.^{2})

L_s = ความยาวของช่องแสง (ม.)

H = ระยะความสูงของช่องแสงจากพื้น (ม.)

W_s = ความกว้างของช่องแสง (ม.)

ตารางที่ 3-11
ค่าตัวประกอบปรับแก้

ทิศมุมเอียง	เหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก	ตะวันออกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันตกเฉียงใต้	ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงเหนือ
0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5°	0.98	0.99	0.99	1.01	1.01	1.01	1.00	0.99
10°	0.96	0.97	0.99	1.01	1.01	1.01	0.99	0.97
15°	0.93	0.95	0.98	1.01	1.00	1.00	0.98	0.95
20°	0.90	0.93	0.97	1.00	1.00	1.00	0.96	0.92
25°	0.87	0.90	0.95	0.99	0.98	0.98	0.94	0.89
30°	0.83	0.86	0.93	0.98	0.97	0.97	0.92	0.86
35°	0.78	0.83	0.90	0.96	0.95	0.95	0.89	0.82
40°	0.74	0.79	0.87	0.93	0.92	0.92	0.86	0.78
45°	0.69	0.75	0.84	0.90	0.89	0.89	0.83	0.74
50°	0.64	0.71	0.81	0.87	0.86	0.86	0.79	0.70
55°	0.59	0.66	0.77	0.83	0.82	0.82	0.76	0.66
60°	0.54	0.62	0.73	0.79	0.78	0.78	0.72	0.61
65°	0.50	0.58	0.69	0.75	0.73	0.73	0.68	0.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 การรั่วไหลของอากาศ ในอาคารที่ปรับอากาศหน้าต่างและประตูจะต้องออกแบบให้มีการรั่วไฟลของอากาศน้อย

6 การใช้วิธีคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมวิธีอื่น

สาระสำคัญของข้อกำหนด ข้อ 1 ถึง 4 ประกอบด้วย

1) การกำหนดค่าขั้นสูงของการถ่ายเทความร้อนรวมจากภายนอกผ่านกรอบ หรือเปลือกเข้าสู่บริเวณภายในของอาคารที่มีการปรับอากาศเชิงกล

2) การกำหนดวิธีและสารสนเทศอ้างอิง ในการประเมินค่าเฉลี่ยของการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบหรือเปลือกของอาคาร

ผู้ขออนุญาตแบบก่อสร้างอาคารอาจยื่นคำขอต่อคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานเพื่อกำหนดวิธีประเมินค่าเฉลี่ยของการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารหรือเปลือกของอาคารที่แตกต่างจากวิธีใน 1 - 4 สำหรับบางส่วนของกรอบหรือเปลือกอาคาร หรือทั้งหมดก็ได้

หากคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานเห็นว่า คำขอดังกล่าวสมควรได้รับการพิจารณา ให้แต่งตั้งคณะอนุกรรมการหรือคณะทำงาน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญไม่ต่ำกว่าสามคนและไม่เกินกว่าห้าคน เพื่อพิจารณาเสนอโดยยึดถือเจตนารมย์การกำหนดค่าขั้นสูงของการถ่ายเทความร้อนข้างต้นเป็นหลัก

3.2.3. อาคารหรือส่วนของอาคารที่ไม่ปรับอากาศ

ข้อกำหนดในหมวดนี้ครอบคลุมถึงผนังด้านนอก และหลังคาของอาคาร หรือส่วนของอาคารที่ไม่ปรับอากาศ

1 ผนังด้านนอก

ส่วนทึบของผนังด้านนอกของบริเวณหรือห้องที่บุคคลสามารถเข้าอยู่อาศัยหรือใช้สอยได้จะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมไม่เกินกว่าค่า ที่กำหนดในตารางที่ 3 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-12

ค่าสูงสุดที่ยอมให้สำหรับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ

มวลของผนังทึบ (กก.ม.-2)	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (วัตต์ ม.$^{-2}$ ซ.$^{-1}$) ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ (a)				
	0.1 <0-0.2>	0.3 <0.2-0.4>	0.5 <0.4-0.6>	0.7 <0.6-0.8>	0.9 <0.8-1.0>
0 - 125	3.2	3	2.9	2.7	2.5
126 - 195	4	3.7	3.5	3.3	3
เกินกว่า 195	5	4.6	4.2	3.8	3.5

2 หลังคา

ส่วนทึบของหลังคาจะมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 3-13

ค่าสูงสุดที่ยอมให้สำหรับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ

มวลของผนังทึบ (กก.ม.-2)	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (วัตต์ ม.$^{-2}$ ซ.$^{-1}$) ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ (a)			
	0.1 <0-0.2>	0.3 <0.2-0.4>	0.5 <0.4-0.6>	ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป <0.6-0.8>
0 - 125	1.2	1.1	1	0.8
126 - 195	1.6	1.4	1.2	0.9
เกินกว่า 195	2	1.5	1.2	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3. **ระบบปรับอากาศ**

3.3.1. **ภาระการปรับอากาศ** (Cooling Load)

1 กรรมวิธีการคำนวณ

การคำนวณหาค่าภาระปรับอากาศเพื่อใช้ในการออกแบบหาขนาดของระบบปรับอากาศและอุปกรณ์ให้ใช้กรรมวิธีที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย หรือที่ยอมรับกันหรือที่ปรากฏในหนังสือ ASHRAE Handbook of Fundamental

2 ภาวะภายในอาคารที่ใช้ในการออกแบบ

ภาวะภายในบริเวณปรับอากาศ ควรที่จะออกแบบให้มีค่าดังต่อไปนี้

(ก) ค่าออกแบบของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง	25°ซ
(ข) ค่าสูงสุดของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง	27°ซ
(ค) ค่าต่ำสุดของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง	23°ซ
(ง) ค่าออกแบบความชื้นสัมพัทธ์	55 %
(จ) ค่าต่ำสุดของความชื้นสัมพัทธ์	70 %
(ง) ค่าต่ำสุดของความชื้นสัมพัทธ์	40 %

3 ภาวะภายนอกอาคารที่ใช้ในการออกแบบ สำหรับภาวะภายนอกอาคารที่ใช้ในการออกแบบ จะต้องใช้ค่าต่อไปนี้

(ก) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	35°ซ
(ข) อุณหภูมิกระเปาะเปียก	28°ซ

4 การระบายอากาศ

ให้ใช้อัตราการระบายอากาศในระดับที่พอเพียงตามมาตราฐานที่ยอมรับกัน แต่ไม่มากเกินความจำเป็น หรือใช้ค่าที่เป็นไปตามตารางที่ 3-14 หรือค่าที่กำหนดในหนังสือ ASHRAE Standard 62-1981 "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality" หรือเอกสารเทียบเท่าอย่างอื่น

ข้อยกเว้น

ปริมาณอากาศที่ระบายออกอาจมีค่าเกินกว่าที่แสดงไว้ได้ ถ้ามีความจำเป็นเพื่อการอยู่อาศัย หรือกรรมวิธีในลักษณะพิเศษ หรือ เพื่อการควบคุมแหล่งของการเกิดมลภาวะในอากาศ หรือ เพื่อให้สอดคล้องกับเทศบัญญัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-14

ปริมาณอากาศภายนอกที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการระบายอากาศ

พื้นที่ใช้สอย	*ค่าประมาณการคนต่อ 27 ม.^{3} หรือต่อ 100 ม.^{2}	ปริมาณอากาศภายนอกที่ต้องการ		หมายเหตุ
		สูบบุหรี่	ไม่สูบบุหรี่	
1. อาคารที่ประกอบการทางพาณิชย์ (สำนักงาน ร้านค้า โรงแรม ที่ออกกำลังกาย ฯลฯ)				
		ลิตร วินาที$^{-1}$คน$^{-1}$	ลิตร วินาที$^{-1}$คน$^{-1}$	
ห้องซักรีด				
- ใช้งานทั่ว ๆ ไป	10	-	7.75	เครื่องหมาย (-)
- บริเวณเก็บและรับจ่าย	30	17.5	5.0	แสดงถึงบริเวณดังกล่าวโดยปกติไม่ควรมีการสูบบุหรี่
ห้องขายอาหารและเครื่องดื่ม				
- ห้องรับประทานอาหาร	70	17.5	3.5	
- ห้องครัว	20	-	5.0	
- ห้องขายอาหารแบบบริการตนเอง	100	17.5	3.5	
- บาร์และสถานบริการเครื่องดื่มและการบันเทิง	100	25.0	5.0	
		ลิตร วินาที$^{-1}$ห้อง$^{-1}$	ลิตร วินาที$^{-1}$ห้อง$^{-1}$	
โรงแรม,ห้องพัก,บ้านพักและทัณฑสถาน				
- ห้องนอน (เดี่ยว, คู่)	5	15.0	7.5	ไม่เกี่ยวกับขนาดของห้อง
- ห้องพักอาศัย (ห้องชุด)	20	25.0	12.5	
- ห้องอาบน้ำ, สุขา (ติดกับห้องนอน)	-	25.0	25.0	ไม่เกี่ยวกับขนาดของห้อง

*ใช้เฉพาะกรณีไม่ทราบจำนวนคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-14 (ต่อ)

ปริมาณอากาศภายนอกที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการระบายอากาศ

	*ค่าประมาณการคนต่อ 27 ม.^{3} หรือต่อ 100 ม.^{2} พื้นที่ใช้สอย	ปริมาณอากาศภายนอกที่ต้องการ		หมายเหตุ
		สูบบุหรี่	ไม่สูบบุหรี่	
		ลิตร วินาที$^{-1}$คน$^{-1}$	ลิตร วินาที$^{-1}$คน$^{-1}$	
- ห้องนั่งเล่น	30	7.5	2.5	
- ห้องประชุมเล็ก	50	17.5	3.5	
- ห้องประชุมใหญ่	120	17.5	3.5	
- ห้องเล่นเกม	120	17.5	3.5	
สำนักงาน				
- พื้นที่สำนักงาน	7	10.0	2.5	
- ห้องประชุม	60	17.5	3.5	
พื้นที่บริเวณส่วนรวมพื้นที่สาธารณะ				
- ทางเดินและห้องอเนกประสงค์	-	0.1	0.1	
		ลิตร วินาที$^{-1}$ โถ$^{-1}$	ลิตร วินาที$^{-1}$ โถ$^{-1}$	
- ห้องสุขาสาธารณะ	100	37.5	-	
		ลิตร วินาที$^{-1}$ ตู้$^{-1}$	ลิตร วินาที$^{-1}$ ตู้$^{-1}$	
- ห้องเก็บของส่วนตัวและห้องแต่งตัว	50	17.5	7.5	

*ใช้เฉพาะกรณีไม่ทราบจำนวนคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-14 (ต่อ)

ปริมาณอากาศภายนอกที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการระบายอากาศ

	*ค่าประมาณการคนต่อ 27 ม.^{3} หรือต่อ 100 ม.^{2} พื้นที่ใช้สอย	ปริมาณอากาศภายนอกที่ต้องการ		หมายเหตุ
		สูบบุหรี่	ไม่สูบบุหรี่	
		ลิตร วินาที$^{-1}$คน$^{-1}$	ลิตร วินาที$^{-1}$คน$^{-1}$	
ร้านค้าปลีก พื้นที่ขายของและห้องแสดงสินค้า				
- ชั้นพื้นดิน	30	12.5	2.5	
- ชั้นบน	20	12.5	2.5	
- บริเวณเก็บสำรอง	15	12.5	2.5	
สินค้าในการจำหน่าย				
- ห้องแต่งตัว	-	12.5	3.5	
- ทางเดินชมสินค้า	20	5.0	2.5	
- บริเวณขนส่งและรับของ	10	5.0	2.5	
- ห้องเก็บสินค้า	5	5.0	2.5	
- ลิฟต์	-	-	7.5	
- ห้องสูบบุหรี่	70	25.0	-	
ร้านบริการพิเศษ				
- ตัดผมและเสริมสวย	25	17.5	10.0	
- สถานบริการร่างกาย	20	-	7.5	
		ลิตร วินาที$^{-1}$ม.$^{-1}$	ลิตร วินาที$^{-1}$ม.$^{-1}$	
- ร้านขายสัตว์	-	5.0	5.0	
		ลิตร วินาที$^{-1}$คน$^{-1}$	ลิตร วินาที$^{-1}$คน$^{-1}$	
โรงมหรสพ				
- ห้องขายตั๋ว	-	10.0	2.5	
- ห้องพักนั่งเล่นและ	150	17.5	3.5	ปริมาณอากาศถ่ายเท
บริเวณที่นั่งคนดู				ต้องการมากกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-14 (ต่อ)

ปริมาณอากาศภายนอกที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการระบายอากาศ

	*ค่าประมาณการคนต่อ 27 ม.^{3} หรือต่อ 100 ม.^{2} พื้นที่ใช้สอย	ปริมาณอากาศภายนอกที่ต้องการ		หมายเหตุ
		สูบบุหรี่	ไม่สูบบุหรี่	
		ลิตร วินาที$^{-1}$คน$^{-1}$	ลิตร วินาที$^{-1}$คน$^{-1}$	
- ห้องถ่ายทำโทรทัศน์และภาพยนตร์	70.	-	5.0	
ห้องทำงาน				
- ห้องเภสัชกร	20	-	3.5	
- ห้องใต้ดินธนาคาร	10	-	2.5	
สถานศึกษา				
- ห้องเรียน	-	12.5	2.5	
- ทางทดลอง	20	-	5.0	ระบบควบคุมการขจัด
- ห้องฝึกงาน	30	17.5	3.5	ของเสียต่าง ๆ อาจ
- ห้องดนตรี	50	17.5	3.5	มีความต้องการเพิ่ม
- ห้องสมุด	20	-	2.5	
2. อาคารในโรงพยาบาล				
- พื้นที่ทำการรักษาพยาบาล	10	17.5	3.5	ในกรณีที่มีการเกิดอา
- ห้องผ่าตัดและห้องคลอด	20	-	20.0	กาศไม่บริสุทธิ์ อาจ
- ห้องพักฟื้นและ ไอ ซี ยู	20	-	7.5	ต้องให้มีการถ่านเท
- ห้องชันสูตร	20	-	50.0	มากขึ้น อากาศจะได้
- ห้องกายภาพบำบัด	20	-	7.5	ไม่ไหลเวียนไปที่อื่น
		ลิตร วินาที$^{-1}$เตียง$^{-1}$	ลิตร วินาที$^{-1}$เตียง.$^{-1}$	
- ห้องพักคนไข้	10	17.5	3.50	

*ใช้เฉพาะกรณีที่ไม่ทราบจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2. **การควบคุม**

1 **การควบคุมระบบ** ระบบปรับอากาศแต่ละชุด ควรที่จะมีอปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (เช่น เทอร์โมสตัท) อย่างน้อย 1 ตัว

2 **การควบคุมในแต่ละพื้นที่** ควรจะควบคุมการจ่ายความเย็นไปยังแต่ละเขตพื้นที่ปรับอากาศ ด้วยเทอร์โมสตัทที่สนองตอบต่ำอุณหภูมิอากาศภายในพื้นที่นั้น ๆ

3 เทอร์โมสตัท โดยเทอร์โมสตัทที่ใช้ในการควบคุมการจ่ายความเย็นในบริเวณที่ต้องการภาวะอากาศเพื่อความสุขสบาย ควรจะสามารถปรับตั้งค่าได้ระหว่าง 23°ซ. และ 27°ซ.

3.3.3. **การควบคุมนอกเวลาทำการ**

1 ระบบปรับอากาศทั้งหมดในแต่ละเขตพื้นที่ ควรจะมีอุปกรณ์แบบอัตโนมัติในการปิดเครื่องในช่วงเวลาที่เขตพื้นที่นั้น ๆ ไม่ได้ใช้งาน หรือในช่วงเวลาที่ใช้งานเป็นครั้งคราวไม่ต่อเนื่องกันตลอดเวลา เพื่อลดการใช้พลังงาน

ข้อยกเว้น

1. ระบบที่ใช้กับภาวะเขตพื้นที่ที่คาดว่าจะใช้ตลอดเวลา

2. ระบบที่ใช้กับภาระปรับอากาศ 2 กิโลวัตต์ความเย็นหรือน้อยกว่า อาจจะใช้อุปกรณ์ปิดเครื่องในช่วงเวลานอกเวลาทำการโดยอาศัยบุคคลและติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่คนสามารถเข้าถึงได้โดยสะดวก

2 ระบบดูดอากาศภายนอกเข้าและระบบระบายอากาศออกในแต่ละเขตพื้นที่ ควรติดตั้งอุปกรณ์ลดปริมาณในช่วงเวลาที่พื้นที่นั้น ๆ ไม่ได้ใช้งานตลอดเวลา หรือปิดเครื่องเมื่อพื้นที่นั้น ๆ ไม่ได้ใช้งาน การปรับปริมาณระบายอากาศออกอาจจะใช้ชุดแผ่นปรับแบบกระวิทัต (Graving damper) หรือแบบอัตโนมัติ (Automatic damper)

ข้อยกเว้น

1. ระบบที่ใช้กับบริเวณที่คาดว่าจะใช้งานตลอดเวลา

2. ระบบที่มีค่าอัตราการไหลที่ออกแบบไว้ 1,800 ม.^{3} ชั่วโมง$^{-1}$ หรือน้อยกว่า

3. อุปกรณ์ควบคุมการระบายอากาศที่ไม่ใช้ไฟฟ้า ควรที่จะสามารถปรับตั้งด้วยคนและควรติดตั้งในตำแหน่งที่คนเข้าถึงได้โดยสะดวก

4. ในกรณีที่จะเป็นเพื่อกิจกรรมบางอย่างบางประเภท เช่น ต้องการอากาศ เพื่อใช้ในการเผาไหม้

3 ระบบปรับอากาศที่ใช้กับบริเวณต่าง ๆ ซึ่งคาดได้ว่าจะไม่ทำงานพร้อมกับเป็นระยะเวลามากกว่า 750 ชั่วโมงต่อปี (ประมาณ 3 ชั่วโมงใน 1 วัน เมื่อคิด 5 วันทำการใน 1 สัปดาห์) ควรจะมีอุปกรณ์ที่จะตัดหรือควบคุมการจ่ายความเย็นเข้าสู่แต่ละบริเวณได้โดยอิสระแต่ไม่จำเป็นต้องใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ดังกล่าวในบริเวณที่คาดว่าจะใช้งานตลอดเวลา สำหรับอาคารที่ไม่ทราบลักษณะการใช้งานอย่างชัดเจนในขณะที่ทำการออกแบบระบบ เช่น อาคารที่จัดสร้างขึ้นเพื่อให้เช่าหรือจำหน่าย อาจออกแบบบริเวณที่จะถูกควบคุมการจ่ายความเย็นไว้เป็นเขต ๆ เป็นการล่วงหน้า เขตต่าง ๆ อาจจะรวมกลุ่มเข้าเป็นบริเวณที่จะถูกควบคุมการจ่ายความเย็นเดียวกันถ้าพื้นที่ปรับอากาศของบริเวณนั้นรวมกันทั้งหมดมีค่าไม่เกิน 250 ตารางเมตร และจะต้องอยู่ชั้นเดียวกันด้วย

3.3.4. **การหุ้มฉนวนท่อน้ำเย็น**

1 ท่อน้ำเย็นของระบบปรับอากาศทั้งหมด จะต้องได้รับการหุ้มฉนวนตามข้อกำหนดที่แสดงในตารางที่ 3 - 15 ซึ่งไม่เพียงแต่ลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเท่านั้น จะยังช่วยหลีกเลี่ยงปัญหาการควบแน่นเป็นหยดน้ำบนผิวฉนวนด้วย ซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้ฉนวนเสียหายได้

2 ค่าความหนาของฉนวนที่แสดงไว้ เป็นค่าที่คำนวณจากฉนวนชนิดที่มีค่าความต้านทานความร้อนอยู่ในช่วง 28-32 ม.^{2} -องศาเคลวิน วัตต์$^{-1}$ ต่อเมตรของความหนาบนผิวราบที่ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 24° ซ

3 สำหรับวัสดุฉนวนชนิดที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่า 32 ม.^{2} - องศาเคลวิน วัตต์$^{-1}$ ต่อเมตรความหนา ค่าความหนาต่ำสุดของการหุ้มฉนวน จะเท่ากับ

$$\frac{0.032 \times \text{ความหนาจากตารางที่ 3-15}}{\text{ค่าจริงของความต้านทางความร้อนของวัสดุฉนวน}} \quad \text{ม.ม.}$$

4 สำหรับวัสดุฉนวนชนิดที่มีค่าความต้านทางความร้อนต่ำกว่า 28 ม.^{2} - องศาเคลวิน วัตต์$^{-1}$ ต่อเมตรความหนา ความหนาต่ำสุดของการหุ้มฉนวน จะเท่ากับ

$$\frac{0.028 \times \text{ความหนาจากตารางที่ 3-15}}{\text{ค่าจริงของความต้านทางความร้อนของวัสดุฉนวน}} \quad \text{ม.ม.}$$

3.3.5. **การหุ้มฉนวนระบบจ่ายลม**

1 ท่อจ่ายลมและส่วนประกอบรวมทั้งหมด ซึ่งติดตั้งเป็นส่วนหนึ่งของระบบจ่ายลมในระบบปรับอากาศ จะต้องได้รับการหุ้มฉนวนกันความร้อน

ข้อยกเว้น

1 ท่อจ่ายลมและส่วนประกอบที่ได้รับการหุ้มฉนวนอย่างเพียงพอจากโรงงานแล้ว

2 ค่าความต้านทานความร้อนของฉนวน เมื่อไม่คิดความต้านทางของฟิลม์อากาศ

ควรจะ = $\Delta T / 47.3$ ม.^{2} - องศาเคลวิน วัตต์$^{-1}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-15

ค่าความหนาต่ำสุดของฉนวนที่ใช้หุ้มท่อน้ำเย็น

ชนิดของระบบท่อ	ช่วงอุณหภูมิของของไหล	ความหนาต่ำสุดของฉนวนที่ใช้หุ้มท่อขนาดต่าง ๆ				
		25 ม.ม. และต่ำกว่า	31 - 50 ม.ม.	63 - 100 ม.ม.	125 - 150 ม.ม.	200 ม.ม. และมากกว่า
น้ำเย็น	4.5-13 °ซ.	13 ม.ม.	19 ม.ม.	25 ม.ม.	25 ม.ม.	25 ม.ม.
สารทำความเย็นหรือน้ำเกลือ	ต่ำกว่า 4.5 °ซ.	25 ม.ม.	38 ม.ม.	38 ม.ม.	38 ม.ม.	38 ม.ม.

เมื่อ ΔT คือ ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในท่อกับอากาศรอบข้างที่ออกแบบไว้ เป็นองศาเคลวิน

3.3.6. **อุปกรณ์ปรับอากาศ**

1 สมรรถนะต่ำสุดของอุปกรณ์

เกณฑ์สมรรถนะต่ำสุดของอุปกรณ์ปรับอากาศที่ภาวะมาตรฐาน ซึ่งใช้ในการขีดความสามารถ (ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 3-16) จะต้องไม่มากกว่าค่าที่แสดงในที่ 3-17 ค่าเกณฑ์สมรรถนะต่ำสุดที่จัดเตรียมโดยบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ หรือค่าที่ได้รับการรับรองโดยหน่วยงานออกใบรับรอง หรือโดยกรรมวิธีการทดสอบขีดความสามารถ ซึ่งได้รับการยอมรับในระดับชาติ สามารถนำมาใช้เป็นหลักฐานที่แสดงว่าได้ผ่านข้อกำหนดต่างๆ เหล่านี้ได้

ตารางที่ 3-16
ภาวะมาตรฐานในการกำหนดขีดความสามารถของอุปกรณ์ (ซ°)

	เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water - cooled water chillers)	เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air - cooled water chillers)	แบบเป็นชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water - cooled package)
น้ำเย็นออก (leaving chilled)	6.7	6.7	-
น้ำเย็นเข้า (Entering chilled)	12.2	12.2	-
น้ำออกจากเครื่อง -ควบแน่น (Leaving condenser)	37.8	-	37.8
น้ำเข้าเครื่องควบแน่น (Entering conderser)	32.2	-	32.2
อากาศเข้าอีวาปอเรเตอร์	-	-	27.0 (กระเปาะแห้ง) 19.5 (กระเปาะเปียก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-17

มาตรฐานการใช้พลังงานต่อปริมาณความเย็นที่ทำได้ของเครื่องแบบต่าง ๆ

	กิโลวัตต์ / กิโลวัตต์ความเย็น	กิโลวัตต์ / ตันความเย็น
ก.เครื่องทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller)	0.22	0.77
ข.เครื่องทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)	0.26	0.91
ค.แบบเป็นชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water - cooled package unit)	0.25	0.88
ง.ชุดควบแน่นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air - cooled condensing unit)	0.37	1.50
จ.เครื่องทำน้ำเย็นแบบสกรู (Screw Type Chiller)	0.22	0.77

3.3.7. **ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ**

1. **การเสนอข้อมูลการบำรุงรักษา**

1.1. ควรมีการจัดเตรียมหนังสือคู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาให้แก่เจ้าของอาคาร เอกสารคู่มือนี้ควรมีข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานและการบำรุงรักษาระบบและอุปกรณ์การปรับอากาศ ซึ่งควรที่จะมีการระบุอย่างชัดเจนถึงกิจกรรมการดูแลบำรุงรักษาที่ต้องกระทำเป็นประจำ และในกรณีที่สามารถกระทำได้ควรจะมีข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการควบคุม การดูแลบำรุงรักษา ตลอดจนข้อมูลการสอบเทียบอุปกรณ์ด้วย

1.2. การจัดให้มีดุลยภาพในระบบเกี่ยวกับลม ควรดำเนินการในลักษณะที่ทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากการลดความดันโดยวิธีทรอตเทิลมีค่าต่ำสุด หลังจากนั้นจึงทำการปรับความเร็วรอบของพัดลมให้สอดคล้องกับสภาพการไหลที่ออกแบบไว้

1.3.การจัดให้มีดุลยภาพในระบบเกี่ยวกับน้ำ ควรดำเนินการในลักษณะที่ทำให้การสูญเสียเนื่องจากการลดความดันโดยวิธีทอตเทิลมีค่าต่ำสุด หลังจากนั้นจึงควรทำการปรับขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบพัดเครื่องสูบน้ำ หรือปรับค่าความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะการไหลที่ออกแบบไว้

1.4.ระบบการควบคุมเครื่องปรับอากาศ ควรได้รับการทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าชิ้นส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์ควบคุมได้ถูกสอบเทียบปรับแต่ง และอยู่ในสภาพการใช้งานที่ถูกต้อง

2.ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกรรมวิธีการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

เจ้าของอาคารควรจัดให้มีระบบบำรุงรักษาแบบป้องกัน และควรจัดทำตารางการบำรุงรักษาชิ้นส่วนที่สำคัญ ๆ ของระบบปรับอากาศเป็นระยะ ๆ เช่น เครื่องบรรจุสารทำความเย็น หอระบายความร้อน เครื่องสูบน้ำ เครื่องควบแน่น เครื่องกระจายลม อุปกรณ์ควบคุมเครื่องกรอง และท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

3.4.1. คำนิยาม

1 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K)

ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของวัสดุใด ๆ สามารถพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุนั้นๆค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนภายใต้สภาวะคงที่อันหนึ่ง คือ ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านวัสดุพื้นที่ 1 ตารางหน่วยความหนา 1 หน่วยใน 1 หน่วยเวลา โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิววัสดุทั้งสองด้าน 1 หน่วย ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีหน่วยเป็น วัตต์ /ม.*ซ

2 ความนำความร้อน (C)

ค่าความนำความร้อนของวัสดุใดๆคืออัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่อความหนาของวัสดุ ซึ่งแสดงได้ดังสมการ

$$C = k / \Delta x$$

เมื่อ Δx คือ ความหนาของวัสดุ (ม)

C คือ ค่าความนำความร้อน (วัตต์ $ม^{-2}$ $ซ^{-1}$)

3 ความต้านทานความร้อน (R)

ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุใดๆ คือส่วนกลับของค่าความนำความร้อน ซึ่งแสดงได้ ดังสมการ

$$R = 1 / C = \Delta x / k$$

เมื่อ R คือค่าความต้านทานความร้อน ($ม^{-2}$ วัตต์$^{-1}$)

3.4.2. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ

ความสามารถในการส่งผ่านความร้อนระหว่างผิววัตถุใดๆ กับอากาศที่อยู่โดยรอบขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศนิ่งที่ผิวของวัสถุนั้น ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

ก. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกของอาคาร (Ro)

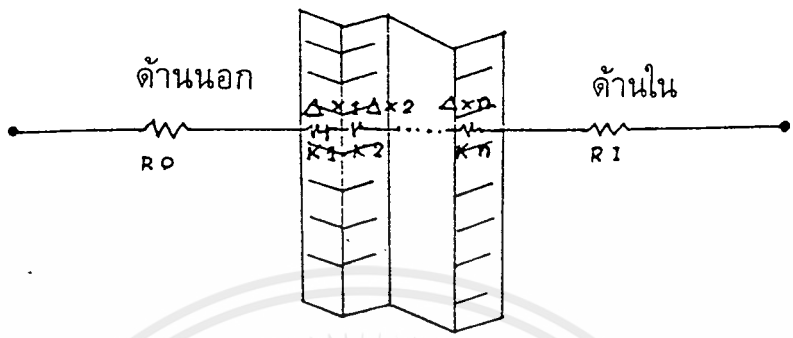
ข. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของอาคาร (Ri)

ค.ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศของผนัง หรือหลังคา (Ra)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3. **ความต้านทานความร้อนรวม** (Rt)

1. ในกรณีที่ผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุ n ชนิด



รูปที่ 1

รูปที่ 1 แสดงภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอากาศ ซึ่งมีโครงสร้างประกอบด้วย วัสดุ n ชนิด

ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร ซึ่งประกอบด้วยวัสดุ n ชนิด สามารถคำนวณได้จากสมการ

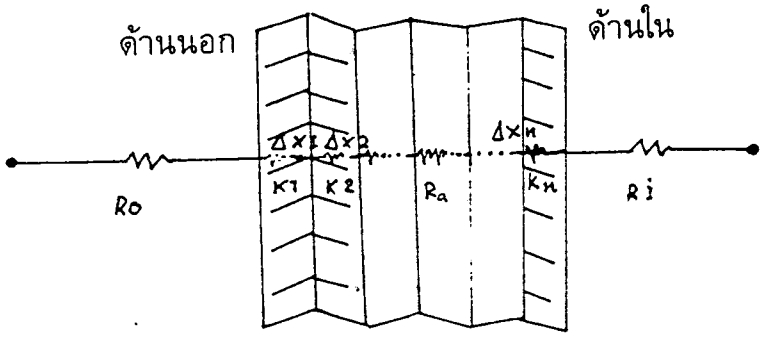
$$R_T = R_0 + \frac{\Delta X_1}{k_1} + \frac{\Delta X_2}{k_2} + \frac{\Delta X_3}{k_3} + \ldots + \frac{\Delta X_n}{k_n} + Ri$$

โดยที่ $\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta X_3, \ldots, \Delta X_n$ หมายถึง ความหนาของวัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นผนังอาคารชนิดที่ 1, 2, 3, ..., n ตามลำดับ

$k_1, k_2, k_3, \ldots, k$ หมายถึง สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดที่ 1, 2, 3, ..., n ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ในกรณีที่ผนังอาคารมีช่องว่างอากาศ



รูปที่ 2

รูปที่ 2 แสดงภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอากาศ ซึ่งมีโครงสร้างประกอบด้วย วัสดุ n ชนิด และมีช่องว่างอากาศภายใน

ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร ซึ่งประกอบด้วยวัสดุ n ชนิด และมีช่องว่างอากาศ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta X_1}{k_1} + \frac{\Delta X_2}{k_2} + \frac{\Delta X_3}{k_3} + \ldots + R_a + \ldots + \frac{\Delta X_n}{k_n} + Ri$$

โดยที่ $\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta X_3, \ldots, \Delta X_n$ หมายถึง ความหนาของวัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นผนังอาคารชนิดที่ 1, 2, 3, ..., n ตามลำดับ

$k_1, k_2, k_3, \ldots, k_n$ หมายถึง สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดที่ 1, 2, 3, ..., n ตามลำดับ

3. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน .และค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศของวัสดุต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 1 ถึง 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-18

แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ

ลำดับที่	วัสดุ	ความหนาแน่น กก. ม.$^{-3}$	ค่า k วัตต์ ม.$^{-1}$ ซ.$^{-1}$
1	แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส	1,860	0.198
2	แผ่นฉนวนกันความร้อนแอสเบสตอส	720	0.108
3	วัสดุมุงหลังคาที่ทำด้วยแอ๊ลฟัลท์	2,240	1.226
4	บิทูเมน (bitumen)		1.298
5	อิฐ		
	(a) แห้ง และฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นโมเสด	1,760	0.807
	(b) ความชื้น 6 %	1,872	1.211
	(c) ผนัง (ไม่ฉาบปูน)		1.154
6	คอนกรีต	2,400	1.442
7	คอนกรีตชนิดเบา ขนาดความหนาแน่นต่างๆ	960	0.303
8	แผ่นไม้ก๊อก	144	0.042
9	แผ่นไฟเบอร์ (fiber board)	264	0.052
10	แผ่นไฟเบอร์กลาส (ดูใยแก้ว)		
	a) แบบม้วน (Blanker)	10-24	0.038
	b) แบบแผ่น (Rigid board)	32-48	0.033
	c) แบบท่อสำเร็จ (Rigid pipe sections)	56-80	0.038
11	แผ่นกระจก	2,512	1.053
12	ใยแก้ว สานเป็นแผ่น หรือสอดไส้อยู่ระหว่างวัสดุอื่น 2 แผ่น (แห้ง)	32	0.035
13	แผ่นยิปซัม	880	0.191
14	แผ่นไม้อัดฮาร์ดบอร์ด		
	a) มาตราฐาน	1,024	0.216
	b) ปานกลาง	640	0.123
15	โลหะ		
	a) โลหะผสมของอลูมิเนียม แบบธรรมดา	2,672	211
	b) ทองแดง ที่มีขายเชิงพาณิชย์	8,784	385

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-18 (ต่อ)

แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ

ลำดับที่	วัสดุ	ความหนาแน่น กก. ม.$^{-3}$	ค่า k วัตต์ ม.$^{-1}$ ซ.$^{-1}$
16	ใยแร่ อัดแน่นเป็นแผ่น	32-104	0.035-0.032
17	วัสดุใช้ฉาบหรือปัดผิว		
	(a) ยิปซัม	880	0.191
	(b) ปูนฉาบ น้ำหนักเบา	300	0.063
	น้ำหนักขนาดกลาง	1,104	0.274
	(c) เพอร์ไลท์	616	0.115
	(d) ปูนผสมทราย	1,568	0.533
	(e) เวอร์มิคูไลท์	640-960	0.202-0.303
18	โพลีสไตรีน เบ่งขยายตัว	16	0.035
19	โพลียูรีเทน โฟม	24	0.024
20	วัสดุทำพื้น PVC	1,360	0.173
21	ดินอัดหลวม (ร่วนซุย) ความชื้น 14 %	1,200	0.375
22	หิน		
	a) หินทราย	2,000	1.298
	b) แกรนิต	2,640	2.927
	c) หินอ่อน	2,640	1.298
23	กระเบื้องหลังคา	1,890	0.836
24	ไม้		
	a) ไม้เนื้ออ่อน	608	0.125
	b) ไม้เนื้อแข็ง	720	0.138
	c) ไม้อัด	528	0.138
25	เวอร์มิคูไลท์ แบบเม็ดหยาบอัดหลวม	80-112	0.065
26	ไม้อัดชีพบอร์ด	800	0.144
27	ไม้พื้นแผ่นเรียบ	400	0.086
28	หินล้าง	2,245	0.115
29	กรวดล้าง	2,244	0.115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-19

ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา

ชนิดของผิววัสดุ	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (ม.^{2}ซ. วัตต์$^{-1}$)
ก. กรณีของผนังอาคาร	
ก.1) ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวหนังด้านใน	
ก.1.1 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.120
ก.1.2 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299
ก.2) ความต้านทานความร้อนฟิล์มอากาศที่ผิวผนังด้านนอก((ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง)	
ข. กรณีของหลังคา	
ข.1) ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของหลังคา (Ri)	0.044
ข.1.1 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	
ข.1.1.1 หลังคาราบ	0.162
ข.1.1.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5 องศากับระดับ	0.148
ข.1.1.3 หลังคาเอียงทำมุม 45 องศากับแนวระดับ	0.133
ข.1.2 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	
ข.1.2.1 หลังคาราบ	0.801
ข.1.2.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5 องศากับระดับ	0.595
ข.1.2.3 หลังคาเอียงทำมุม 45 องศากับแนวระดับ	0.391
ข.2) ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกของหลังคา (Roo)) (ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูงและเอียงทำมุมใด ๆ	0.055

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

1) ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำใช้กับกรณีที่ผิวผนังหรือหลังค่าเป็นผิวสะท้อนแสง เช่น ผนัง หรือหลังค่าที่มีการติดแผ่นอะลูมิเนียม เป็นต้น สำหรับกรณีทั่วไปให้ถือเป็นผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง
2) กรณีที่หลังค่าทำมุมเอียงระหว่าง 0 องศา ถึง 22.5 องศา ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าในช่วง (inter polation) ระหว่างค่าที่ 0 องศา และ 22.5 องศา
3) กรณีที่หลังค่าทำมุงเอียงระหว่าง 22.5 องศา ถึง 45 องศา ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ 22.5 องศา และ 45 องศา
4) กรณีที่หลังค่าทำมุมเอียงมากกว่า 45 องศา ให้ใช้ค่าที่ 45 องศา ได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-20

ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา

ชนิดของช่องว่างอากาศ	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (ม.^{2}°ซ. วัตต์$^{-1}$)		
	5ม.ม.	20 ม.ม.	100 ม.ม.
ก. กรณีช่องว่างอากาศในผนัง			
ก.1 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.11	0.148	0.16
ก.2 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.25	0.578	0.606
ข. กรณีช่องว่างอากาศในหลังคา			
ข.1 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง			
ข.1.1 ช่องว่างอากาศแนวราบ	0.11	0.148	0.174
ข.1.2 ช่องว่างอากาศเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ	0.11	0.148	0.165
ข.1.3 ช่องว่างอากาศเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ	0.11	0.148	0.158
ข.1 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ			
ข.1.1 ช่องว่างอากาศแนวราบ	0.25	0.572	1.423
ข.1.2 ช่องว่างอากาศเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ	0.25	0.571	1.095
ข.1.3 ช่องว่างอากาศเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ	0.25	0.57	0.768
ค. กรณีช่องว่างอากาศในเพดาน			
ค.1 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง		0.458	
ค.2 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ		1.356	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

1) ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำใช้กับกรณีที่ผิวด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านในช่องว่างอากาศเป็นผิวสะท้อนแสง เช่น กรณีที่มีการติดแผ่นอะลูมิเนียมในช่องว่างอากาศ สำหรับในกรณีทั่วไปใ ให้ถือว่าช่องว่างอากาศมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง
2) กรณีที่ช่องว่างอากาศเอียงทำมุมระหว่าง 0 องศา ถึง 22.5 องศา ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ 0 องศา ถึง 22.5 องศา
3) กรณีที่ช่องว่างอากาศเอียงทำมุมระหว่าง 22.5 องศา ถึง 45 องศา ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณ ค่าในช่วงระหว่างค่าที่ 22.5 องศา ถึง 45 องศา
4) กรณีช่องว่างอากาศเอียงทำมุมมากกว่า 45 องศา กำหนดให้ใช้ค่าที่ 45 องศา ได้โดยตรง
5) กรณีที่ความหนาของช่องว่างอากาศมีค่าระหว่าง 0 - 5 ม.ม. ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าใน ช่วงระหว่างค่าที่ความหนา 0 ม.ม. กับ 5 ม.ม. โดยกำหนดให้ค่า Raที่ 0 ม.ม.มีค่าเท่ากับศูนย์
6) กรณีที่ความหนาของช่องว่างอากาศมีค่าระหว่าง 5 - 20 ม.ม. และ 20 - 100 ม.ม. ให้ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าในช่วง ระหว่างค่าที่ 5 ม. กับ 20 ม.ม. และ 20 ม.ม. กับ 100 ม.ม.ตามลำดับ
7) กรณีความหนาของช่องว่างอากาศมีค่ามากกว่า 100 ม.ม. กำหนดให้ใช้ค่าที่ความหนา 100 ม.ม. ได้โดยตรง

3.4.4. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม คือ ส่วนผกผันของค่าความต้านทานความร้อนรวม

$$U = 1/R_t$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5. **การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร**

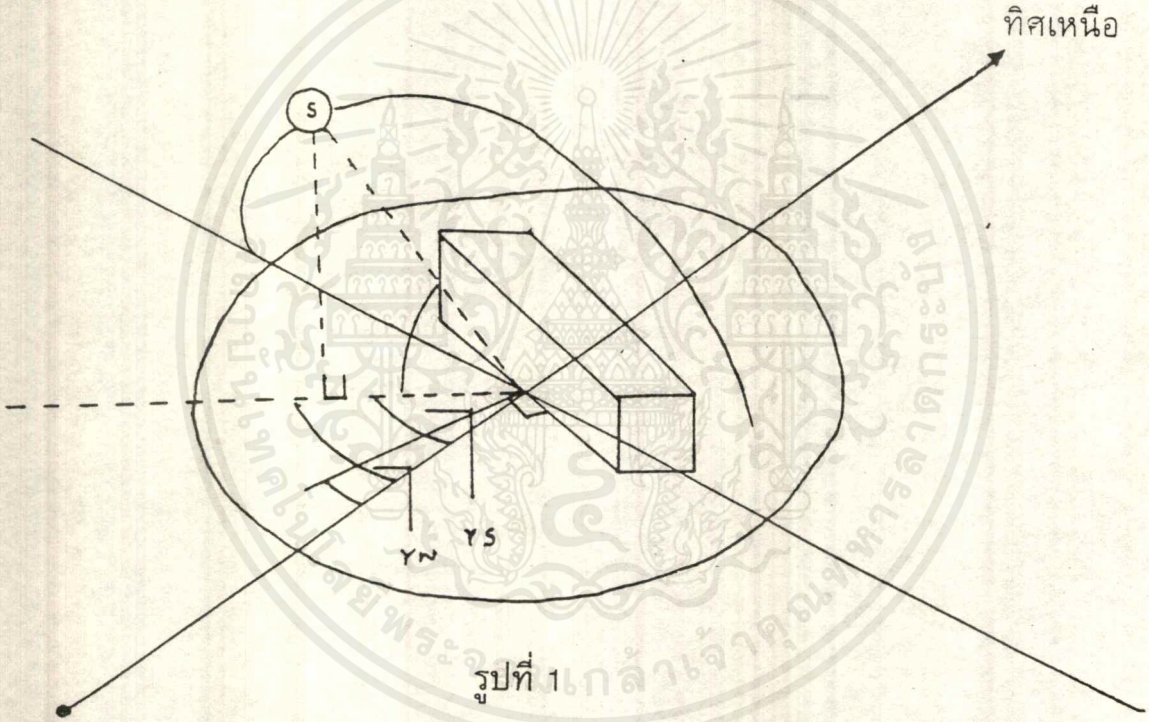
3.5.1. **ความสัมพันธ์เบื้องต้นเชิงเรขาคณิต**

1 ทิศทางของดวงอาทิตย์

จากรูปที่ 1 ทิศทางของดวงอาทิตย์พิจารณาได้จาก 2 มุมได้แก่

ก. มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ (α) คือ มุมที่แนวรังสีตรงดวงอาทิตย์ กระทำแนวระดับของพื้นโลก โดยอัลติจูดจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 90 องศา

ข. มุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์ (α_s) คือ มุมที่ระนาบผ่านดวงอาทิตย์ในแนวดิ่งตั้งฉากกับผิวโลกกระทำแนวทิศใต้ของโลก มุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์จะวัดอ้างอิงจากทิศใต้ถ้าวัดตามเข็มนาฬิการจะมีค่าเป็นบวก และวัดทวนเข็มนาฬิกาจะมีค่าเป็นลบ มุมอะซิมุทจะมีค่าอยู่ระหว่าง -180 ถึง +180 องศา



รูปที่ 1

2 ทิศทางของผนังอาคาร

จากรูปที่ 1 ทิศทางของผนังอาคาร สามารถพิจารณาจากมุมอะซิมุทของผนัง (δ_w)ซึ่งคือมุมที่ระนาบในแนวดิ่งผ่านเส้นตั้งฉากของผนังอาคารที่ชี้ออกสู่ภายนอกกระทำกับแนวทิศใต้ การวัดมุมอะซิมุทของผนังอาคารพิจารณาได้เช่นเดียวกับมุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์ ตามรายละเอียดในข้อ 1.1

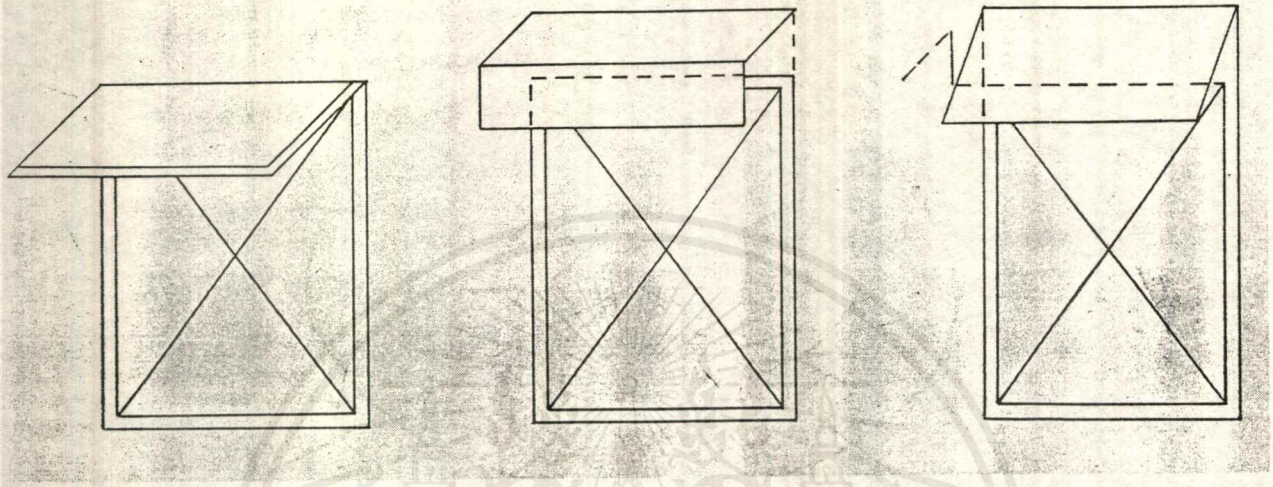
ผลต่างของมุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์และมุมอะซิมุทของผนังจะกำหนดเรียกว่ามุมอะซิมุทระหว่างผนังอาทิตย์ (δ) (ดูรูปที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 อุปกรณ์บัง แดดภายนอกอาคาร

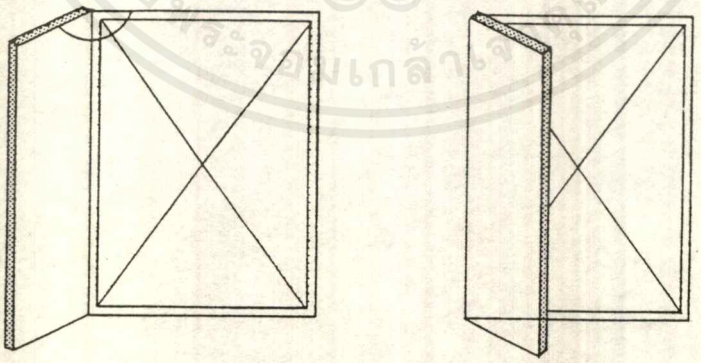
รูปร่างและลักษณะของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร มีผลต่อการเกิดเงาบนพื้นที่ของหน้าต่าง โดยทั่วไปอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารสามารถจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะได้แก่

ก. อุปกรณ์บังแดดแนวนอน ได้แก่ อุปกรณ์บังแดดที่ยื่นออกจากหน้าต่างทางขอบด้านบนของหน้าต่าง ตัวอย่างลักษณะของอุปกรณ์บังแดดชนิดนี้พิจารณาได้จากรูปที่ 2



รูปที่ 2

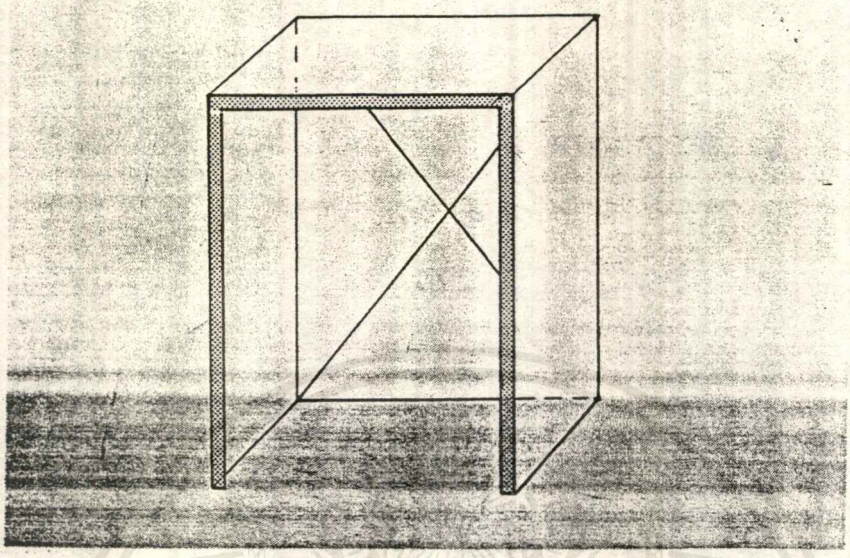
ข. อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง ได้แก่ อุปกรณ์บังแดดที่ยื่นออกจากหน้าต่างทางขอบด้านข้างขอบหน้าต่าง ตัวอย่างลักษณะของอุปกรณ์บังแดดลักษณะของอุปกรณ์บังแดดชนิดนี้พิจารณาได้จากรูปที่ 3



รูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารทั้ง 2 ชนิด อาจติดตั้งร่วมกันได้ดังลักษณะที่แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4

4 มุมที่ทำให้เกิดเงา

มุมที่ทำให้เกิดเงา คือ มุมที่แนวรังสีตรงดวงอาทิตย์กระทำกับอุปกรณ์บังแดด ซึ่งมุมนี้มีส่วนประกอบ 2 ส่วน ได้แก่

ก. มุมที่ทำให้เกิดร่มเงาในแนวดิ่ง (ϕ_1(ดังรูปที่ 5 และ 6 (ก)) ซึ่งคือ มุมที่แนวรังสีตรงดวงอาทิตย์กระทำกับระนาบในแนวระดับที่ตั้งฉากกับหน้าต่างมุมนี้สามารถใช้ประกอบการคำนวณอิทธิพลของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน ที่จะมีผลต่อการเกิดเงาบนหน้าต่าง

ข. มุมที่ทำให้เกิดร่มเงาในแนวราบ (ϕ_2) (ดูรูปที่ 5 และ6 (ข)) ซึ่งคือ มุมที่ระนาบผ่านดวงอาทิตย์ในแนวดิ่งกระทำกับระนาบในแนวดิ่งที่ตั้งฉากกับหน้าต่าง มุมนี้สามารถใช้ประกอบการคำนวณอิทธิพลของอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง ที่มีผลต่อการเกิดเงาบนหน้าต่าง

ค่ามุม ϕ_1 และ ϕ_2 สามารถคำนวณได้จาก

$$\phi_1 = \text{TAN}^{-1}(\text{TAN}\alpha\text{SEC}\delta)$$

$$\phi_2 = \delta = \delta s - \delta w$$

เครื่องหมายและช่วงค่าของ ϕ_1 และ ϕ_2 กำหนดได้ดังต่อไปนี้

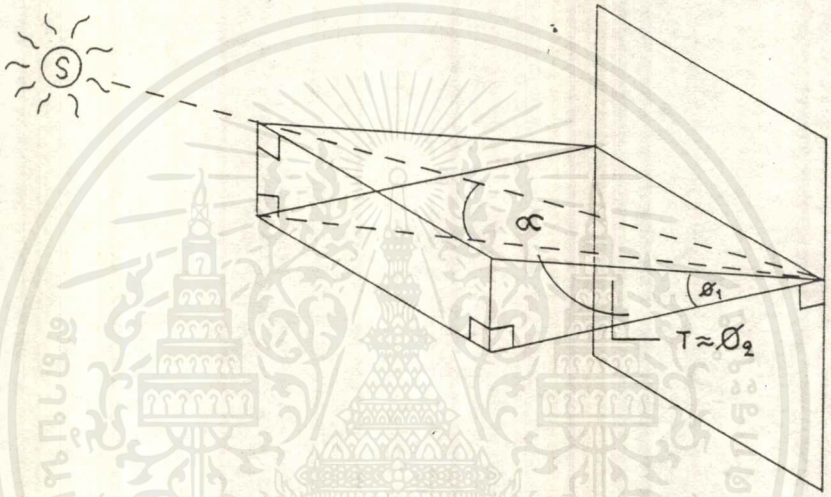
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ϕ_1: มีค่าเป็นบวกเสมอ อยู่ระหว่าง 0 ถึง 90 องศา ถ้ามุมมีค่ามากกว่า 90 องศาแสดงว่าดวงอาทิตย์อยู่ทางด้านหลังของหน้าต่าง

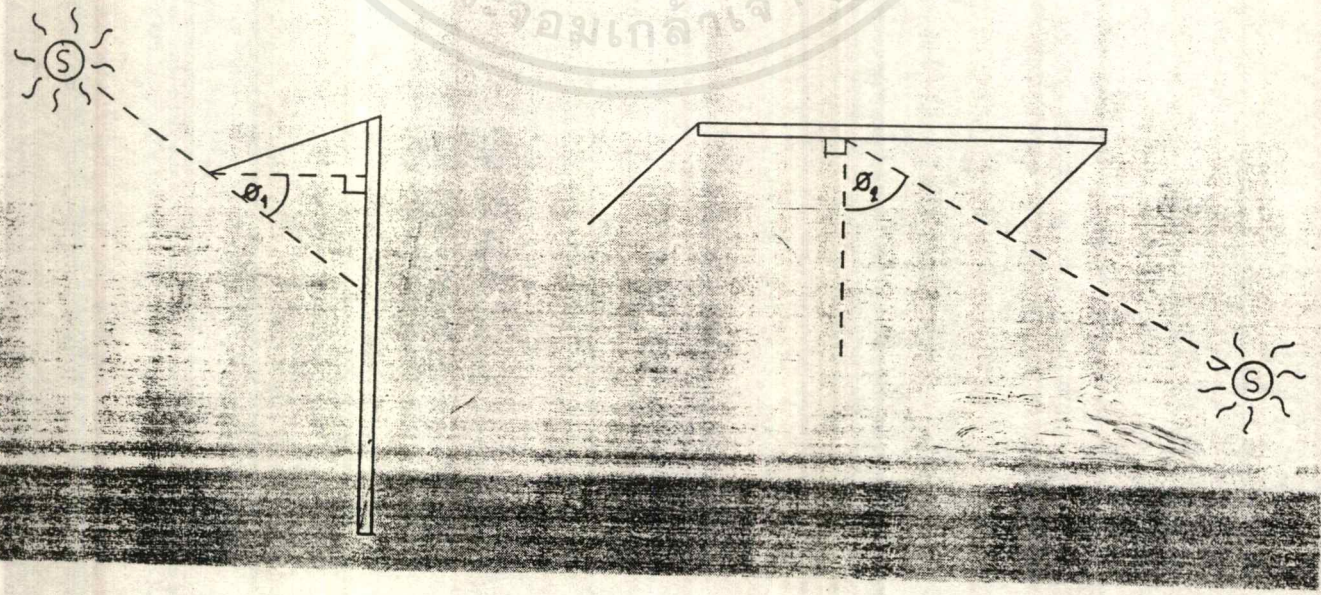
ข. ϕ_2: มีค่าเป็นได้ทั้งบวกและลบระหว่าง -90 ถึง +90 องศา ถ้ามุม ϕ_2 มีค่า นอกเหนือจากนี้แสดงว่าดวงอาทิตย์อยู่ทางด้านหลังของหน้าต่าง เครื่องหมายของ ϕ_2 เป็นดังนี้

1. ϕ_2 จะมีค่าเป็นบวก เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ทางขวามือของเส้นตั้งฉากของหน้าต่างมองออกจากหน้าต่าง

2. ϕ_2 จะมีค่าเป็นลบ เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ทางซ้ายมือของเส้นตั้งฉากของหน้าต่างมองออกจากหน้าต่าง



รูปที่ 5



รูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2. **สัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)**

1 สังกัปเบื้องต้น

สูตรการคำนวณค่า OTTV ต้องอาศัยค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ ซึ่งก็คือค่าเฉลี่ยรายปีของฟลักซ์รังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามในกรณีทั่วไปหน้าต่างของอาคารอาจประกอบด้วยกระจกที่มีความหนาไม่เท่ากับ 3 มิลลิเมตร และอาจมีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดด้วย ดังนั้นการคำนวณฟลักซ์รังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านหน้าต่างจำเป็นต้องมีตัวประกอบเพื่อปรับให้สอดคล้องกับผลดังกล่าว ตัวประกอบที่ใช้ปรับดังกล่าว เรียกว่า สัมประสิทธิ์การบังแดด ซึ่งกำหนดว่าคือ " อัตราส่วนของฟลักซ์รังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านระบบหน้าต่างซึ่งอาจประกอบด้วยกระจกและอุปกรณ์บังแดดต่อฟลักซ์รังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร ที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดไม่ว่าแนวใด ๆ " ในระบบหน้าต่าง ซึ่งประกอบด้วย กระจก และอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกเอง (SC_1) และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$SC = (SC_1)(SC_2)$$

2 สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก สามารถใช้ค่าที่กำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต เมื่อมีการประเมินตามวิธีมาตรฐานที่แสงตกกระทบทำมุม 45° กับแนวตั้งฉากกับกระจก

3 สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด สามารถคำนวณได้จากการพิจารณา ดังต่อไปนี้

3.1.เมื่อรังสีอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วยรังสีตรงและรังสีกระจายตกกระทบหน้าต่างและพื้นที่บางส่วนของหน้าต่างเกิดเงาขึ้น พื้นที่ในส่วนนี้จะได้รับพลังงานจากรังสีกระจาย และสำหรับบริเวณพื้นที่ที่ไม่เกิดเงาจะได้รับพลังงานจากรังสีอาทิตย์ทั้งรังสีตรงและรังสีกระจาย ซึ่งสามรถแสดงได้ในรูปสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} Q &= A \times I_t + A_s \times I_d \\ &= A_e \times (I_D + I_d) + A_s \times I_d \\ &= A_e I_D + (A_e + A_s) \times I_d \\ &= A_e \times I_D + A \times I_d \end{aligned}$$

โดยที่ Q หมายถึง ปริมาณกำลังงานรังสีอาทิตย์ที่ตกลงบนหน้าต่าง (วัตต์)

I_D หมายถึง ฟลักซ์รังสีตรงดวงอาทิตย์ (วัตต์ ม.$^{-2}$)

ซึ่ง $I_T = I_D + I_d$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I_d หมายถึง ฟลักซ์รังสีกระจายดวงอาทิตย์ (วัตต์ ม.$^{-2}$)

I_D หมายถึง ฟลักซ์รังสีโดยตรงดวงอาทิตย์ (วัตต์ ม.$^{-2}$)

I_T หมายถึง ฟลักซ์รังสีรวมดวงอาทิตย์ (วัตต์ ม.$^{-2}$)

ซึ่ง $A = A_e + A_s$

A_e หมายถึง พื้นที่หน้าต่างส่วนที่ไม่เกิดเงา (ม.^{2})

A_s หมายถึง พื้นที่หน้าต่างส่วนที่เกิดเงา (ม.^{2})

A หมายถึง พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด (ม.^{2})

3.2. สำหรับในกรณีของหน้าต่างที่ประกอบด้วยกระจกหนา 3 มิลลิเมตร พื้นที่ A ตารางเมตรที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดใดๆ ปริมาณกำลังงานรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบ (Q) จะมีค่าเป็น

$$Q = A \times I_T$$

สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด SC_2 หาได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$SC_2 = Q / Q'$$

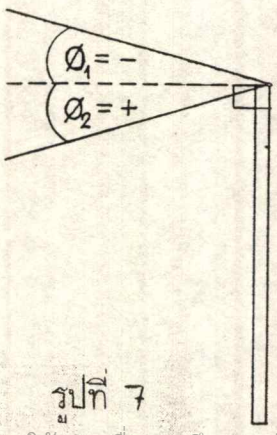
$$= A_e I_D A I_d / A I_T$$

$$= (A_e/A) I_D I_d/I_T$$

กำหนดให้ $G = A_e/A$

จะได้ว่า $SC_2 = G \times I_D \times I_d/I_T$

3.2.1. ตัวแปร G ที่ปรากฏในสมการ (6) นั้น สามารถคำนวณได้โดยอาศัยข้อมูลลักษณะเชิงกายภาพของระบบหน้าต่าง และข้อมูลทิศทางของดวงอาทิตย์ ดังการพิจารณาต่อไปนี้



รูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณารูปที่ 7 ซึ่งแสดงภาพด้านข้างของระบบของหน้าต่าง อันประกอบด้วยกระจกและอุปกรณ์บังแดดชนิดแนวนอน ความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ เป็นดังนี้

$$A_s = P_1(\cos\phi_1)(\tan\phi_1) + P1(\sin\phi_1)$$

$$= P_1[(\cos\phi_1)(\tan\phi_1) + (\sin\phi_1)]$$

$$A_e = A - A_s$$

$$A_e/A = 1 - (P_1/A)[(\cos\phi_1)(\tan\phi_1) + (\sin\phi_1)]$$

จาก $G = Ae/A$

และกำหนด $R1 = P1/A$

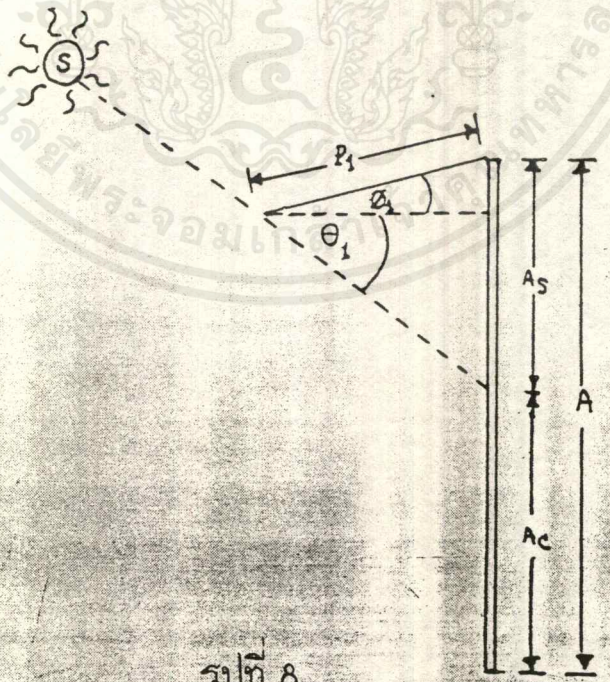
จะได้ $G = 1 - R_1[(\cos\phi_1)(\tan\phi_1) + (\sin\phi_1)]$

ในที่นี้ ϕ_1 คือ มุมที่ระนาบของอุปกรณ์บังแดดกระทำกับระนาบแนวนอน ซึ่งตั้งฉากกับหน้าต่าง (ดูรูปที่ 8 ประกอบ)

ϕ_1 มีค่าเป็นบวก เมื่อระนาบอุปกรณ์บังแดดทำมุมก้ม

ϕ_1 มีค่าเป็นลบ เมื่อระนาบอุปกรณ์บังแดดทำมุมเงย

ในทางปฏิบัติ ϕ_1 มักมีเครื่องหมายเป็นบวก



รูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

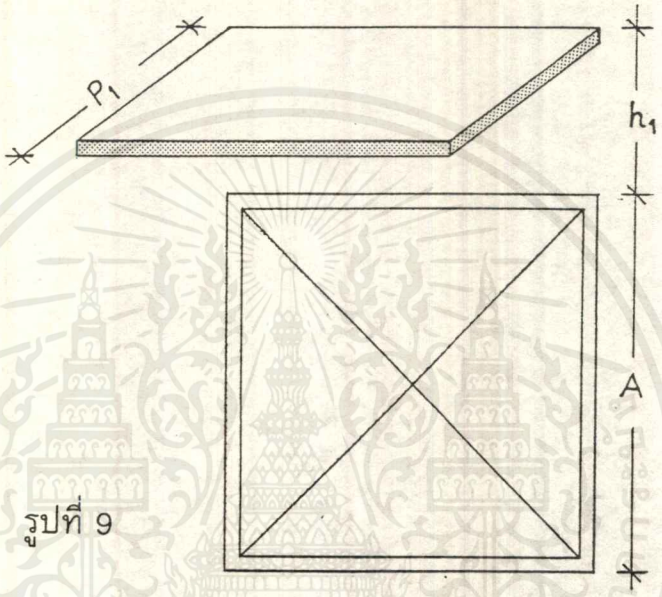
3.2.2 ในกรณีที่อุปกรณ์บังแดดชนิดแนวนอน มีการติดตั้งห่างจากขอบบนเป็นระยะ h_1 ดัง รูปที่ 9 ค่าตัวแปร G ให้คำนวณตามสมการ

$$G = G'(A + h_1)/A - G''(h_1)/A$$

$$G = G'(1+ h_1)/A - G''(h_1)/A$$

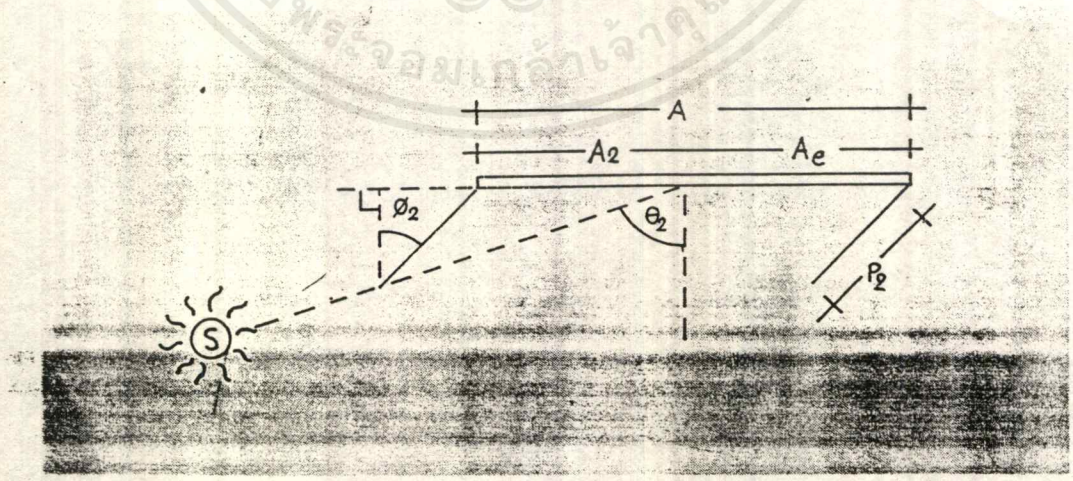
โดยที่ G' หมายถึง ตัวแปร G เมื่อคำนวณตามสมการ (7) โดยพิจารณาความสูงของหน้าต่างเป็น $(A+ h_1)$

G"หมายถึง ตัวแปร G เมื่อคำนวณตามสมการ (7) โดยพิจารณาความสูง h_1



รูปที่ 9

3.2.3. กรณีของอุปกรณ์บังแดดชนิดแนวตั้ง



รูปที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณารูปที่ 10 ซึ่งแสดงระบบของ หน้าต่างอัน ประกอบด้วยกระจกและอุปกรณ์บังแดดชนิดแนวตั้ง ความสัมพันธ์เชิงตรีโกณมิติของปริมาณต่าง ๆ เป็นดังนี้

$$A_s = \{P_2(\cos\phi_2)(\tan\phi_2) - P_2(\sin\phi_2)\}$$

$$= P_2\{[(\cos\phi_2)(\tan\phi_2) - (\sin\phi_2)]\}$$

$$A_e = A - A_s$$

$$A_0 = 1 - P_2\{[(\cos\phi_2)(\tan\phi_2) - (\sin\phi_2)]\}$$

จาก $G = A_e/A$

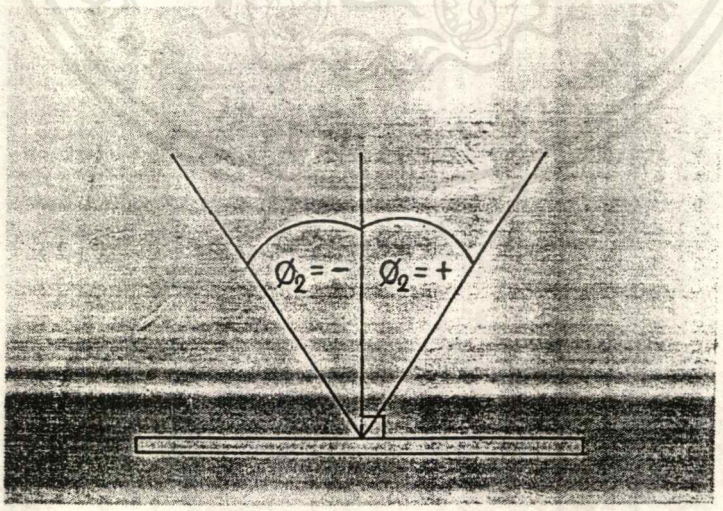
และกำหนด $R_2 = P_2/A$

จะได้ $G = 1 - R_2[(\cos\phi_2)(\tan\phi_2)+(\sin\phi_2)]$

โดยที่ ϕ_2 คือมุมที่ระนาบของอุปกรณ์ บังแดดกระทำกับระนาบในแนวดิ่งซึ่งตั้งฉากกับหน้าต่าง (ดูรูปที่ 11 ประกอบ)

ϕ_2 มีค่าเป็นบวก เมื่อระนาบของอุปกรณ์บังแดดเอียงไปทางขวาของระนาบในแนวดิ่ง

ϕ_2 มีค่าเป็นลบ เมื่อระนาบของอุปกรณ์บังแดดเอียงไปทางซ้ายของระนาบในแนวดิ่ง ซึ่งตั้งฉากกับหน้าต่าง



รูปที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

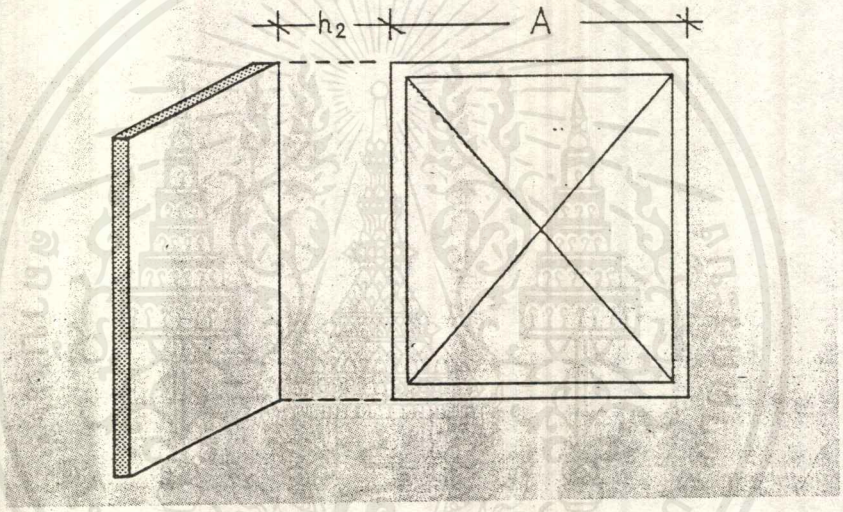
3.3.4 ในกรณีที่อุปกรณ์บังแดดชนิดแนวตั้งมีการติดตั้งห่างจากขอบของหน้าต่างเป็นระยะ h1 ดังรูปที่ 12 การคำนวณค่าตัวแปร G ให้คำนวณตามสมการ

$$G = G'(A+ h_2)/A - G"-(h_1)/A$$

$$= G'(1+ h_2)/A - G"-(h_2)/A$$

โดยที่ G' หมายถึง ตัวแปร G เมื่อคำนวณตามสมการ (9) โดยพิจารณาความกว้างของหน้าต่างเป็น $(A+h_2)$

G" หมายถึง ตัวแปร G เมื่อคำนวณตามสมการ (9) โดยพิจารณาความกว้างของหน้าต่างเป็น h_2



รูปที่ 12

3.3.5 ในกรณีที่หน้าต่าง ประกอบด้วยอุปกรณ์บังแดดทั้ง 2 ชนิด ติดตั้งร่วมกันอยู่ค่าตัวแปร G จะสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$G = G_1 \times G_2$$

โดยที่ G_1 หมายถึง ตัวแปร G ในกรณีที่เป็นอุปกรณ์บังแดดแนวนอน ตามสมการ (7) ถึง (8)

G_2 หมายถึง ตัวแปร G ในกรณีที่เป็นอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง ตามสมการ (9) ถึง (10)

3.3.6 ตัวแปร G ในทุกกรรี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด ใน 2.3 เราสามารถนำมาใช้คำนวณค่า SC_2 ตลอดวันได้ โดยการคำนวณและหาผลรวมรายชั่วโมงในช่วงที่มีแสงแดดดังต่อไปนี้

$$(SC_2)_d = \frac{\sum_{h=1}^{n} (G \times I_D + I_d)_h}{\sum_{h=1}^{n} (I_T)_h}$$

โดยที่ $(SC_2)_d$ หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดในวันที่กำหนด

h หมายถึง ดัชนีบอกชั่วโมงที่มีแสงแดด

n หมายถึง จำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดด

ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC2) จะต้องคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยตลอดปี แต่ในการคำนวณค่า OTTV ความถูกต้องแม่นยำของค่า SC2 ไม่ได้เป็นตัวแปรสำคัญนัก จึงอนุโลมเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการคำนวณค่า OTTV กำหนดให้เฉลี่ยจากค่า SC2 รายวันของวันที่ 12 มีนาคม , 22 มิถุนายน , 23 กันยายน และ 22 ธันวาคม ของปี ดังสมการต่อไปนี้

$$(SC_2)_Y = \frac{[\sum_{h=1}^{n} (G \times I_D + I_d)_h]_{21\ มี.ค} + [\sum_{h=1}^{n} (G \times I_D + I_d)_h]_{22\ ธ.ค} + [\sum_{h=1}^{n} (G \times I_D + I_d)_h]_{23\ ก.ย} + [\sum_{h=1}^{n} (G \times I_D + I_d)_h]_{22\ ธ.ค}}{[\sum_{h=1}^{n} (I_t)_h]_{21\ มี.ค} + [\sum_{h=1}^{n} (I_t)_h]_{22\ ธ.ค} + [\sum_{h=1}^{n} (I_t)_h]_{23\ ก.ย} + [\sum_{h=1}^{n} (I_t)_h]_{22\ ธ.ค}}$$

5 ข้อมูลรังสีอาทิตย์อันได้แก่มุม 1 และ 2 , I_D และ I_d สำหรับผนังที่หันไปทางทิศเบื้องต้น 8 ทิศ เพื่อใช้ประกอบในการคำนวณค่า SC_2 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ถึง 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1
ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศเหนือ

NORTH ORIENTATION

Azimuth = 180					Tilt angle = 90				
21-Mar					22-Jun				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	0.00	0.00	0.00	22.70	07:00	35.69	68.90	43.58	28.85
08:00	0.00	0.00	0.00	60.80	08:00	58.06	70.50	60.15	58.65
09:00	0.00	0.00	0.00	101.05	09:00	69.76	70.66	69.07	84.15
10:00	0.00	0.00	0.00	128.05	10:00	75.85	68.39	69.71	107.37
11:00	0.00	0.00	0.00	145.08	11:00	78.96	59.82	63.25	138.03
12:00	0.00	0.00	0.00	151.70	12:00	80.20	24.92	60.36	161.38
13:00	0.00	0.00	0.00	148.39	13:00	79.96	-42.98	57.11	164.30
14:00	0.00	0.00	0.00	142.63	14:00	78.14	-64.04	44.31	151.27
15:00	0.00	0.00	0.00	124.96	15:00	74.18	-69.58	25.07	130.85
16:00	0.00	0.00	0.00	95.33	16:00	66.58	-70.80	13.18	102.13
17:00	0.00	0.00	0.00	58.39	17:00	51.89	-70.09	12.01	59.00

Azimuth = 180					Tilt angle = 90				
23-Sep					21-Dic				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	0.00	0.00	0.00	24.90	07:00	0.00	0.00	0.00	15.95
08:00	0.00	0.00	0.00	66.65	08:00	0.00	0.00	0.00	43.77
09:00	0.00	0.00	0.00	95.72	09:00	0.00	0.00	0.00	65.45
10:00	0.00	0.00	0.00	114.72	10:00	0.00	0.00	0.00	71.72
11:00	0.00	0.00	0.00	126.59	11:00	0.00	0.00	0.00	78.52
12:00	0.00	0.00	0.00	132.48	12:00	0.00	0.00	0.00	92.02
13:00	0.00	0.00	0.00	114.25	13:00	0.00	0.00	0.00	101.69
14:00	0.00	0.00	0.00	80.97	14:00	0.00	0.00	0.00	101.01
15:00	0.00	0.00	0.00	68.03	15:00	0.00	0.00	0.00	85.56
16:00	0.00	0.00	0.00	49.88	16:00	0.00	0.00	0.00	60.80
17:00	0.00	0.00	0.00	24.98	17:00	0.00	0.00	0.00	29.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2

ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

NORTH - EAST ORIENTATION

Azimuth = 135					Tilt angle = 90				
21-Mar					22-Jun				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	12.02	47.44	92.48	22.70	07:00	15.79	23.91	110.69	28.85
08:00	33.83	51.33	114.21	60.85	08:00	30.68	25.5	162.63	58.65
09:00	53.68	56.19	122.33	101.05	09:00	44.89	25.66	188.00	84.15
10:00	70.22	63.4	99.78	128.05	10:00	57.85	23.4	173.75	107.37
11:00	83.82	76.9	39.49	145.08	11:00	69.44	14.82	121.64	138.03
12:00	0.00	0.00	0.00	151.70	12:00	79.86	-20.08	62.51	161.38
13:00	0.00	0.00	0.00	148.39	13:00	82.54	-82.89	2.75	164.30
14:00	0.00	0.00	0.00	142.63	14:00	0.00	0.00	0.00	151.27
15:00	0.00	0.00	0.00	124.96	15:00	0.00	0.00	0.00	130.85
16:00	0.00	0.00	0.00	95.33	16:00	0.00	0.00	0.00	102.13
17:00	0.00	0.00	0.00	58.39	17:00	0.00	0.00	0.00	59.00

Azimuth = 135					Tilt angle = 90				
23-Sep					21-Dic				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	18.03	49.05	61.04	24.90	07:00	11.79	70.32	55.77	15.95
08:00	39.79	53.18	57.93	66.65	08:00	49.93	75.17	73.85	43.77
09:00	58.92	58.6	79.99	95.72	09:00	76.28	82.19	45.7	65.45
10:00	74.63	67.14	51.67	114.72	10:00	0.00	0.00	0.00	71.72
11:00	87.61	84.26	8.2	126.59	11:00	0.00	0.00	0.00	78.52
12:00	0.00	0.00	0.00	132.48	12:00	0.00	0.00	0.00	92.02
13:00	0.00	0.00	0.00	114.25	13:00	0.00	0.00	0.00	101.69
14:00	0.00	0.00	0.00	80.97	14:00	0.00	0.00	0.00	101.01
15:00	0.00	0.00	0.00	68.03	15:00	0.00	0.00	0.00	85.56
16:00	0.00	0.00	0.00	49.88	16:00	0.00	0.00	0.00	60.80
17:00	0.00	0.00	0.00	24.98	17:00	0.00	0.00	0.00	29.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3
ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันออก

EAST ORIENTATION

Azimuth = 90					Tilt angle = 90				
21-Mar					22-Jun				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	8.20	2.44	136.61	22.70	07:00	15.79	-21.09	112.97	28.85
08:00	22.85	6.33	181.65	60.8	08:00	29.6	-19.50	169.84	58.65
09:00	37.66	11.19	215.65	101.05	09:00	43.58	-19.34	196.81	84.15
10:00	52.68	18.40	211.48	128.05	10:00	57.52	-21.60	176.01	107.37
11:00	67.93	31.90	147.91	145.08	11:00	71.46	-30.18	108.77	138.03
12:00	83.34	0.00	47.74	151.70	12:00	85.41	-65.08	28.04	161.38
13:00	0.00	0.00	0.00	148.39	13:00	0.00	0.00	0.00	164.30
14:00	0.00	0.00	0.00	142.63	14:00	0.00	0.00	0.00	151.27
15:00	0.00	0.00	0.00	124.96	15:00	0.00	0.00	0.00	130.85
16:00	0.00	0.00	0.00	95.33	16:00	0.00	0.00	0.00	102.13
17:00	0.00	0.00	0.00	58.39	17:00	0.00	0.00	0.00	59.00

Azimuth = 90					Tilt angle = 90				
23-Sep					22-Dic				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	12.07	4.05	92.91	24.90	07:00	4.45	25.33	120.97	15.95
08:00	26.76	8.18	95.67	66.65	08:00	19.4	30.17	249.39	43.77
09:00	41.65	13.6	149.22	95.72	09:00	34.92	37.19	268.05	65.45
10:00	56.76	22.14	63.50	114.72	10:00	51.08	47.56	250.47	71.72
11:00	72.1	39.26	11.01	126.59	11:00	67.83	62.81	155.31	78.52
12:00	87.57	80.86	0.00	132.48	12:00	84.98	83.41	34.13	92.02
13:00	0.00	0.00	0.00	114.25	13:00	0.00	0.00	0.00	101.70
14:00	0.00	0.00	0.00	80.97	14:00	0.00	0.00	0.00	101.01
15:00	0.00	0.00	0.00	68.03	15:00	0.00	0.00	0.00	85.56
16:00	0.00	0.00	0.00	49.88	16:00	0.00	0.00	0.00	60.80
17:00	0.00	0.00	0.00	24.98	17:00	0.00	0.00	0.00	29.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4
ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

SOUTH - EAST ORIENTATION

Azimuth = 45					Tilt angle = 90				
21-Mar					22-Jun				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	11.06	-42.56	100.71	22.70	07:00	32.54	-66.10	49.06	28.85
08:00	28.21	-38.67	142.69	60.85	08:00	51.21	-64.50	77.57	58.65
09:00	42.34	-33.81	182.65	101.05	09:00	64.25	-64.34	90.32	84.15
10:00	54.31	-26.60	199.30	128.05	10:00	74.79	-66.61	75.17	107.37
11:00	65.06	-13.10	169.69	145.08	11:00	84.33	-75.18	32.19	138.03
12:00	75.39	20.12	106.57	151.70	12:00	0.00	0.00	0.00	161.38
13:00	86.07	76.58	27.83	114.25	13:00	0.00	0.00	0.00	164.30
14:00	0.00	0.00	0.00	80.97	14:00	0.00	0.00	0.00	151.27
15:00	0.00	0.00	0.00	68.03	15:00	0.00	0.00	0.00	130.85
16:00	0.00	0.00	0.00	49.88	16:00	0.00	0.00	0.00	102.13
17:00	0.00	0.00	0.00	24.98	17:00	0.00	0.00	0.00	59.00

Azimuth = 45					Tilt angle = 90				
23-Sep					22-Dic				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	15.77	-40.95	70.35	24.90	07:00	4.27	-19.67	102.08	15.95
08:00	31.95	-36.82	77.37	66.65	08:00	17.48	-14.84	278.81	43.77
09:00	45.36	-31.4	131.04	95.72	09:00	29.31	-7.81	333.38	65.45
10:00	56.9	-22.86	122.54	114.72	10:00	39.92	2.56	370.79	71.72
11:00	67.46	-5.74	84.59	126.59	11:00	49.67	17.81	323.56	78.52
12:00	77.81	35.86	56.13	132.48	12:00	59.06	38.41	232.99	92.02
13:00	88.73	83.68	6.31	114.25	13:00	68.69	60.75	132.14	101.70
14:00	0.00	0.00	0.00	80.97	14:00	79.50	79.26	45.00	101.01
15:00	0.00	0.00	0.00	68.03	15:00	0.00	0.00	0.00	85.56
16:00	0.00	0.00	0.00	49.88	16:00	0.00	0.00	0.00	60.80
17:00	0.00	0.00	0.00	24.98	17:00	0.00	0.00	0.00	29.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5

ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศใต้

SOUTH ORIENTATION

Azimuth = 0					Tilt angle = 90				
21-Mar					22-Jun				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	73.55	-87.56	5.81	22.70	07:00	0.00	0.00	0.00	28.85
08:00	75.26	-83.67	20.14	60.85	08:00	0.00	0.00	0.00	58.65
09:00	75.62	-78.81	42.66	101.05	09:00	0.00	0.00	0.00	84.15
10:00	75.77	-71.60	70.37	128.05	10:00	0.00	0.00	0.00	107.37
11:00	75.84	-58.10	92.07	145.08	11:00	0.00	0.00	0.00	138.03
12:00	75.86	-24.88	102.97	151.70	12:00	0.00	0.00	0.00	161.38
13:00	75.86	31.58	102.14	148.39	13:00	0.00	0.00	0.00	164.30
14:00	75.83	60.67	90.89	142.63	14:00	0.00	0.00	0.00	151.27
15:00	75.75	72.83	72.60	124.96	15:00	0.00	0.00	0.00	130.85
16:00	75.59	79.58	49.58	95.33	16:00	0.00	0.00	0.00	102.13
17:00	75.17	84.25	24.92	58.39	17:00	0.00	0.00	0.00	59.00

Azimuth = 0					Tilt angle = 90				
23-Sep					22-Dic				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	71.67	-85.95	6.58	24.90	07:00	9.33	-64.68	82.65	15.95
08:00	74.10	-81.82	13.75	66.65	08:00	31.21	-59.83	144.95	43.77
09:00	74.78	-76.40	36.10	95.72	09:00	42.61	-52.81	203.42	65.45
10:00	75.08	-67.86	50.11	114.72	10:00	48.56	-42.44	273.91	71.72
11:00	75.21	-50.74	51.90	126.59	11:00	51.58	-27.19	302.27	78.52
12:00	75.26	-9.14	68.37	132.48	12:00	52.76	-6.59	295.37	92.02
13:00	75.24	41.38	74.97	114.25	13:00	52.43	15.75	260.30	101.69
14:00	75.13	63.9	62.65	80.97	14:00	50.58	34.26	202.17	101.01
15:00	74.90	74.21	52.22	68.03	15:00	46.52	47.28	171.90	85.56
16:00	74.39	80.32	34.18	49.88	16:00	38.73	56.08	136.71	60.80
17:00	72.89	84.74	11.44	24.98	17:00	23.67	62.08	73.00	29.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6

ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

SOUTH - WEST ORIENTATION

Azimuth = -45					Tilt angle = 90				
21-Mar					22-Jun				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	0.00	0.00	0.00	22.70	07:00	0.00	0.00	0.00	28.85
08:00	0.00	0.00	0.00	60.85	08:00	0.00	0.00	0.00	58.65
09:00	0.00	0.00	0.00	101.05	09:00	0.00	0.00	0.00	84.15
10:00	0.00	0.00	0.00	128.05	10:00	0.00	0.00	0.00	107.37
11:00	0.00	0.00	0.00	145.08	11:00	0.00	0.00	0.00	138.03
12:00	84.54	-69.88	39.05	151.70	12:00	0.00	0.00	0.00	161.38
13:00	73.96	-13.42	116.62	148.39	13:00	0.00	0.00	0.00	164.30
14:00	63.61	15.66	178.64	142.63	14:00	81.11	70.96	33.01	151.27
15:00	52.74	27.83	217.50	124.96	15:00	71.35	65.42	29.87	130.85
16:00	40.53	34.58	225.72	95.33	16:00	60.17	64.20	17.15	102.13
17:00	26.03	39.25	102.65	58.39	17:00	45.67	64.91	14.95	59.00

Azimuth = -45					Tilt angle = 90				
23-Sep					22-Dic				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	0.00	0.00	0.00	24.90	07:00	0.00	0.00	0.00	15.95
08:00	0.00	0.00	0.00	66.65	08:00	0.00	0.00	0.00	43.77
09:00	0.00	0.00	0.00	95.72	09:00	0.00	0.00	0.00	65.45
10:00	0.00	0.00	0.00	114.72	10:00	86.94	-87.44	16.57	71.72
11:00	0.00	0.00	0.00	126.59	11:00	74.75	-72.19	103.92	78.52
12:00	81.13	-54.14	40.57	132.48	12:00	64.58	-51.59	181.72	92.02
13:00	69.68	-3.62	99.71	114.25	13:00	55.14	-29.25	235.98	101.69
14:00	60.27	18.90	134.75	80.97	14:00	45.66	-10.74	210.33	101.01
15:00	49.13	29.21	107.45	68.03	15:00	35.6	2.28	253.20	85.56
16:00	36.40	35.32	105.87	49.88	16:00	24.52	11.07	240.39	60.80
17:00	21.17	39.74	95.94	24.98	17:00	12.12	17.08	149.02	29.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7

ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตก

WEST ORIENTATION

Azimuth = 90					Tilt angle = 90				
21-Mar					22-Jun				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	0.00	0.00	0.00	22.70	07:00	0.00	0.00	0.00	28.85
08:00	0.00	0.00	0.00	60.85	08:00	0.00	0.00	0.00	58.65
09:00	0.00	0.00	0.00	101.05	09:00	0.00	0.00	0.00	84.15
10:00	0.00	0.00	0.00	128.05	10:00	0.00	0.00	0.00	107.37
11:00	0.00	0.00	0.00	145.08	11:00	0.00	0.00	0.00	138.03
12:00	0.00	0.00	0.00	151.70	12:00	0.00	0.00	0.00	161.38
13:00	81.2	-58.42	62.78	148.39	13:00	80.63	47.02	53.23	164.30
14:00	65.81	-29.33	161.71	142.63	14:00	66.68	25.97	90.99	151.27
15:00	50.59	-17.17	234.99	124.96	15:00	52.74	20.42	67.31	130.85
16:00	35.59	-10.42	269.64	95.33	16:00	38.80	19.20	37.87	102.13
17:00	20.81	-5.75	247.53	58.39	17:00	24.78	19.91	33.16	59.00

Azimuth = 90					Tilt angle = 90				
23-Sep					22-Dic				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	0.00	0.00	0.00	24.90	07:00	0.00	0.00	0.00	15.95
08:00	0.00	0.00	0.00	66.65	08:00	0.00	0.00	0.00	43.77
09:00	0.00	0.00	0.00	95.72	09:00	0.00	0.00	0.00	65.45
10:00	0.00	0.00	0.00	114.72	10:00	0.00	0.00	0.00	71.72
11:00	0.00	0.00	0.00	126.59	11:00	0.00	0.00	0.00	78.52
12:00	0.00	0.00	0.00	132.48	12:00	0.00	0.00	0.00	92.02
13:00	76.93	-48.62	66.04	114.25	13:00	77.77	-74.25	73.43	101.69
14:00	61.54	-26.10	127.91	80.97	14:00	60.76	-55.74	137.71	101.01
15:00	46.35	-15.79	184.60	68.03	15:00	44.24	-42.72	186.17	85.56
16:00	31.39	-9.68	200.40	49.88	16:00	28.35	-33.92	203.25	60.80
17:00	16.65	-5.26	124.24	24.98	17:00	13.07	-27.92	137.75	29.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8

ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

NORTH - WEST ORIENTATION

Azimuth = 135					Tilt angle = 90				
21-Mar					22-Jun				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	0.00	0.00	0.00	22.70	07:00	0.00	0.00	0.00	28.85
08:00	0.00	0.00	0.00	60.85	08:00	0.00	0.00	0.00	58.65
09:00	0.00	0.00	0.00	101.05	09:00	0.00	0.00	0.00	84.15
10:00	0.00	0.00	0.00	128.05	10:00	0.00	0.00	0.00	107.37
11:00	0.00	0.00	0.00	145.08	11:00	0.00	0.00	0.00	138.03
12:00	0.00	0.00	0.00	151.70	12:00	86.26	69.92	22.85	161.38
13:00	82.08	-74.33	50.1	148.39	13:00	76.40	2.02	78.02	164.30
14:00	68.12	-62.17	114.83	142.63	14:00	65.61	-19.03	95.68	151.27
15:00	51.12	-55.42	155.60	124.96	15:00	53.57	-24.58	65.32	130.85
16:00	30.87	-50.75	157.41	95.33	16:00	40.14	-25.80	36.10	102.13
17:00	20.81	-5.75	247.53	58.39	17:00	25.61	-25.09	31.94	59.00

Azimuth = 135					Tilt angle = 90'				
23-Sep					22-Dic				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
07:00	0.00	0.00	0.00	24.90	07:00	0.00	0.00	0.00	15.95
08:00	0.00	0.00	0.00	66.65	08:00	0.00	0.00	0.00	43.77
09:00	0.00	0.00	0.00	95.72	09:00	0.00	0.00	0.00	65.45
10:00	0.00	0.00	0.00	114.72	10:00	0.00	0.00	0.00	71.72
11:00	0.00	0.00	0.00	126.59	11:00	0.00	0.00	0.00	78.52
12:00	0.00	0.00	0.00	132.48	12:00	0.00	0.00	0.00	92.02
13:00	0.00	0.00	0.00	114.25	13:00	0.00	0.00	0.00	101.69
14:00	78.94	-71.10	46.15	80.97	14:00	0.00	0.00	0.00	101.01
15:00	64.18	-60.79	93.61	68.03	15:00	86.81	-87.72	10.03	85.56
16:00	46.14	-54.68	117.54	49.88	16:00	66.77	-78.93	47.06	60.80
17:00	24.98	-50.26	79.76	24.98	17:00	34.94	-72.92	45.70	29.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกชนิดต่างๆ

ชนิดกระจก	ความหนา mm	มวลของกระจก Kg/m^2	สัมประสิทธิ์การบังแดด SC
กระจกโฟลทใส (Clear Float Glass)	2	90	1.02
	3	180	1
	4	260	0.99
	5	360	0.97
	6	440	0.96
	8	800	0.92
	10	100	0.9
	12	1200	0.87
	15	1700	0.84
	19	2600	0.79
กระจกสีชา (Dark Gray)	5	360	0.69
	6	440	0.64
	8	800	0.57
	10	1000	0.52
	12	1200	0.47
กระจกสีชาดำ (Dark Cool Gray)	5	360	0.66
	6	440	0.63
กระจกสีบรอนซ์ (Cool Bronze)	5	360	0.75
	6	440	0.71
	8	800	0.63
	10	1000	0.57
	12	1200	0.52
กระจกสีฟ้า	5	360	0.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานด้านต่าง ๆ

4.1. วิเคราะห์ผลเนื่องจากการถ่ายเทความร้อน

4.1.1. การประเมินค่าพลังงานที่ลดลงสืบเนื่องจากผลของการลดค่า OTTV

ค่า OTTV ที่ลดลง	=	4.95	วัตต์ ม.$^{-2}$
พื้นที่อาคารทั้งหมด	=	13411.7	ตารางเมตร
วัตต์ความร้อนที่ลดลง	=	13411.7 x 4.95	วัตต์
	=	66.39	กิโลวัตต์

(จาก 1 กิโลวัตต์ความร้อน = 3414 Btu cm^{-1})

	=	3414 x 66.39	Btu cm^{-1}
	=	226655.46	Btu cm^{-1}

(11985.92 Btu cm^{-1} = 1 Ton Btu cm^{-1})

	=	18.9	Ton cm^{-1}

ค่ามาตราฐานเครื่องทำความเย็น (EER) = 0.77 กิโลวัตต์ไฟฟ้าต่อตันความเย็น

ดังนั้นค่ากำลังงานไฟฟ้า	=	18.9 x 0.77	กิโลวัตต์
	=	14.55	กิโลวัตต์
อัตราค่าไฟฟ้าของแสงสว่าง	=	239	บาท กิโลวัตต์$^{-1}$
ดังนั้นสามารถลดค่าไฟฟ้าได้	=	239 x 14.55	บาท เดือน$^{-1}$
	=	3477.45	บาท เดือน$^{-1}$
	=	41729.4	บาท ปี$^{-1}$
อัตราค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ	=	1.28	บาท กิโลวัตต์$^{-1}$ชม$^{-1}$
ระยะเวลาเดินเครื่องปรับอากาศ	=	2500	ช.ม. ปี$^{-1}$
ดังนั้นสามารถลดค่าไฟฟ้าได้	=	2500 x 14.55 x 1.28	
	=	46560	บาท ปี$^{-1}$
ผลรวมของค่าพลังงานที่ลดลง	=	41729.4+46560	บาท ปี$^{-1}$
	=	88289.4	บาท ปี$^{-1}$

ค่า OTTV ของอาคาร 12 ชั้น และค่าที่ทำการปรับปรุงในรายการคำนวณดูได้จากภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2. **การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคุ้มทุน**

ราคาของแผ่นฟิล์ม (สีชา)	=	80	บาท/ฟุต^2
พื้นที่ทั้งหมดของผนังกระจกด้านเหนือและด้านใต้	=	4261.63	m^2
เทียบเป็นพื้นที่ ตารางฟุต	=	47261.48	ฟุต^2
ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการติดแผ่นฟิล์ม	=	3780918	บาท
ระยะเวลาคุ้มทุน	=	3780918 / 88289.4	
	=	42.8	ปี

จากระยะเวลาคุ้มทุนที่คำนวณออกมาได้จะเห็นว่า ไม่เป็นการคุ้มที่จะทำการติดตั้งฟิล์มกรองแสงกับพื้นที่กระจกด้านทิศเหนือและทิศใต้เพราะจะเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายแล้วได้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่า

4.2. **อุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร 12 ชั้น**

การวัดอุณหภูมิความร้อนภายในอาคารตึก 12 ชั้น เนื่องจากพบว่ามีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิระหว่างแต่ละจุดที่ทำการวัดภายในชั้นเดียวกันน้อยมากจึงใช้จุดในการทดสอบวัดอุณหภูมิภายในชั้นต่าง ๆ เพียงแค่จุดเดียวคือที่บริเวณทางเดินด้านปีกขวาของตัวอาคารและเนื่องจากอุณหภูมิระหว่างชั้นต่างก็มีความแตกต่างต้อยมากจึงจะแสดงให้ดูเฉพาะชั้นคู่เท่านั้นซึ่งจะแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1

ตารางแสดงอุณหภูมิภายในอาคารของตึก 12 ชั้น ตั้งแต่เวลา 9.00 - 16.00 น.

เวลา	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 4	ชั้นที่ 6	ชั้นที่ 8	ชั้นที่ 10	ชั้นที่ 12
9.00	32.5	32.5	32.5	32.8	32.5	31.2
10.00	34.1	34.5	34.6	34	33.8	33.8
11.00	34.7	35	35.1	34.8	35	34.5
12.00	35.1	35.5	35.5	35.5	35.8	35
13.00	35.5	35.5	35.7	35.8	35.8	35.4
14.00	35	35	35	35.5	35.2	35.7
15.00	34	34.5	34.8	35	34.5	34.8
16.00	33.2	34	33.8	34.5	34	34

หมายเหตุ วัดเมื่อวันที่ 27 - 29 มีนาคม 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3. การแสดงข้อมูลที่บันทึกได้จากเครื่องวัดสำหรับระบบไฟฟ้ารวม

จากข้อมูลที่ได้รับจากการบันทึกข้อมูลของเครื่องวัดเพาว์เวอร์มอนิเตอร์ริ่ง ของทั้งตู้ MDB และตู้ MDBI เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาเปรียบเทียบวันต่อวัน จะสามารถนำข้อมูลมาทำการพลอตเส้นกราฟของโหลด (Load curve) ทั้ง 7 วัน เส้นกราฟของโหลดที่พลอตได้ทำการบันทึกทุก 15 นาที

สำหรับข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับสามารถแจกแจงข้อมูลต่างๆที่สำคัญที่ใช้ในการคำนวณหาค่าของตัวประกอบโหลด และหาค่าอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU (Time Of Use) เนื่องจากว่าทางคณะวิศวกรรมศาสตร์นั้นคิดค่าไฟฟ้าแบบ TOU ตามกฎระเบียบของการไฟฟ้านครหลวง ดังนั้นจึงสามารถสรุปข้อมูลต่างๆที่ สำคัญได้ดังตารางข้างล่างนี้

ตาราง 4-2
แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละประเภทในแต่ละวัน

วัน	Peak Demand	พลังงานไฟฟ้า แต่ละวัน	พลังงานไฟฟ้า On Peak	พลังงานไฟฟ้า Off Peak
วันจันทร์	336 Kw.	3139.6 Kw./Hr.	2643.5 Kw./Hr.	496.13 Kw./Hr.
วันอังคาร	317 Kw.	2867.9 Kw./Hr.	2382.12 Kw./Hr	485.75 Kw./Hr.
วันพุธ	412 Kw.	3729.2 Kw./Hr.	3198.3 Kw./Hr.	530.88 Kw./Hr.
วันพฤหัส	357 Kw.	3298.1 Kw./Hr.	2747.8 Kw./Hr.	541.25 Kw./Hr.
วันศุกร์	425 Kw.	3676.5 Kw./Hr.	3142.6 Kw./Hr.	533.88 Kw./Hr.
วันเสาร์	188 Kw.	1739.4 Kw./Hr.	1383.8 Kw./Hr.	355.63 Kw./Hr.
วันอาทิตย์	114 Kw.	1235 Kw./Hr.		1235 Kw./Hr.
รวม	-------	19685.7 Kw./Hr	15498.1Kw./Hr.	4178.5 Kw./Hr.

ค่าต่าง ๆ ภายในตารางดูได้จากกราฟในภาคผนวก

จากข้อมูลเบื้องต้นสามารถหาอัตราค่าไฟฟ้าโดยประมาณของอาคาร 12 ชั้นได้ ในกรณีนี้จะสมมุติว่าเป็นการหาค่าไฟฟ้าโดยสุทธิของเดือนมีนาคม พ.ศ. 2541 (ซึ่งระยะเวลาภายในเดือนนั้นประกอบด้วย 4 สัปดาห์และอีก 3 วันโดยที่ 3 วันนั้นจะประกอบด้วย วันอาทิตย์ ,วันจันทร์ และวันอังคาร) เพื่อที่จะได้นำข้อมูลที่คำนวณได้โดยประมาณจากเครื่องวัดเปรียบเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าจริงโดยรวมของคณะวิศวกรรมศาสตร์

ในที่นี้อัตราการคิดค่าไฟฟ้าของทางคณะวิศวกรรมศาสตร์จะคิดระบบอัตราค่าไฟฟ้าจะคิดค่าไฟฟ้าแบบ TOU และจัดอยู่ในประเภทที่ 4 โดยแสดงค่าไฟฟ้าต่อหน่วยแต่ละประเภทดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า บาท / กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย		
		1.	2.	3.
หมวด 4.2.3	200.93	1.7736	0.6861	0.6236

1.วันจันทร์-วันเสาร์ เวลา 09.00-22.00 (ON PEAK)

2.วันจันทร์-วันเสาร์ เวลา 22.00-09.00 (OFF PEAK)

3.วันอาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 (OFF PEAK)

โดยแสดงการคำนวณค่าไฟฟ้าของอาคาร 12 ชั้นโดยประมาณดังนี้

จากข้อมูลในตารางนำมาพิจารณาได้ดังนี้

การคำนวณหาค่าไฟฟ้าแบบ TOU

จำนวนกิโลวัตต์สูงสุด = 425 กิโลวัตต์

จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงในช่วง ON-PEAK = 67,018 หน่วย

จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงในช่วง OFF-PEAK (22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันเสาร์)

= 12,756 หน่วย

จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงในช่วง OFF-PEAK (00.00 - 24.00 วันอาทิตย์)

= 6,175 หน่วย

จากข้อมูลเบื้องต้นสามารถคำนวณหาค่าไฟฟ้าของอาคาร 12 ชั้น โดยประมาณได้ดังนี้

1.หาค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge)

= 425 กิโลวัตต์ ×200.93 บาท / กิโลวัตต์

= 85395.25 บาท

2.หาค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) ในช่วง ON PEAK

= 67018 หน่วย ×1.7736 บาท/หน่วย

= 118863.12 บาท

3.หาค่าพลังงานไฟฟ้า ในช่วง OFF PEAK (22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันเสาร์)

= 12756 หน่วย × 0.6861 บาท / หน่วย

= 8751.89 บาท

4.หาค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) ในช่วง OFF PEAK(00.00 - 24.00 น. วันอาทิตย์)

= 6175 หน่วย ×0.623 บาท/หน่วย

= 3850.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หาค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิต่อเดือน = (3850.73 + 8751.89 + 118863.12 + 85395.25)

= 216,861 บาท

นอกจากการวิเคราะห์อัตราค่าไฟฟ้าแล้วสามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางมาวิเคราะห์หาค่าตัวประกอบโหลด(Load Factor) รายวันได้ดังวิธีใช้สมการในบทที่

ค่าตัวประกอบโหลดของวันจันทร์ $\frac{3139.6 \times 100}{336 \times 24} = 38.93\ \%$

ค่าตัวประกอบโหลดของวันอังคาร $\frac{2867.9 \times 100}{317 \times 24} = 37.7\ \%$

ค่าตัวประกอบโหลดของวันพุธ $\frac{3729.2 \times 100}{412 \times 24} = 37.7\ \%$

ค่าตัวประกอบโหลดของวันพฤหัส $\frac{3298.1 \times 100}{397 \times 24} = 38.49\ \%$

ค่าตัวประกอบโหลดของวันศุกร์ $\frac{3676.8 \times 100}{429 \times 24} = 36.04\ \%$

ค่าตัวประกอบโหลดของวันเสาร์ $\frac{1739.4 \times 100}{188 \times 24} = 38.55\ \%$

ค่าตัวประกอบโหลดของวันอาทิตย์ $\frac{1235 \times 100}{144 \times 24} = 45.14\ \%$

สำหรับตัวประกอบโหลดที่เหมาะสมจากการพิจารณาเส้นกราฟของโหลด ทั้ง7วันในภาคผนวกจะประมาณได้ว่าช่วงเวลาที่ใช้ในการทำงานโดยเฉลี่ยประมาณ 11 ชม. ค่าตัวประกอบโหลดที่เหมาะสมนั้นถ้าทำงานวันละ 24 ชม. ค่าตัวประกอบโหลดที่เหมาะสมควรมีค่าประมาณ 80% ฉะนั้นถ้าทำงานวันละ 11 ชม. ตัวประกอบโหลดที่เหมาะสมจะมีค่า

$$= \frac{11 \times 80}{24}$$

$$= 36.67\ \%$$

จากการพิจารณาค่าตัวประกอบโหลดทั้ง 7 วัน จะเห็นว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสม (โดยคำนวณที่ชั่วโมงการทำงานต่อวันประมาณ 11 ชั่วโมง) ดังนั้นถ้าชั่วโมงการทำงานเป็นระยะเวลา11ชั่วโมงคงที่แล้ว การที่จะต้องแก้ไขค่าตัวประกอบโหลดให้ดีขึ้นนั้นไม่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับข้อแนะนำแนวทางในการประหยัดพลังงานนั้น ในเมื่อตัวประกอบโหลดมีค่าที่เหมาะสมแล้ว จึงต้องใช้แนวทางอื่นในทางการประหยัดพลังงาน คือ พยายามลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวม โดยใช้วิธีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เหมาะสมและการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างคุ้มค่า

4.4. การใช้งานลักซ์มิเตอร์และการหาค่าความสว่างเฉลี่ย

1.ลักซ์มิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดระดับความสว่างมีรูปร่าง ดังแสดงในรูปที่ 1 ลักซ์มิเตอร์ที่ใช้ควรเป็นชนิดปรับแก้ค่าเชิงความยาวคลื่น คือ ความไวต่อความยาวคลื่นแสงเหมือนกับตามนุษย์ และปรับแก้ค่าเชิงมุมคือแก้ค่าความสว่างที่วัดได้เมื่อแสงตกกระทบไม่ได้ตั้งฉากกับผิวหน้าของหัววัด

วิธีใช้งาน

- ปรับเข็มให้ชี้ตำแหน่งศูนย์ในขณะที่ครอบหัววัดไม่ให้แสงตกกระทบ
- เลือกสเกลที่จะวัดให้เหมาะสม ถ้าไม่ทราบว่าความสว่างที่จะวัดมีค่ามากน้อยแค่ไหน ให้เลือกสเกลสูงที่สุดไว้ก่อน และปรับสเกลให้เหมาะสมในระหว่างการวัด
- วางหัววัดตรงตำแหน่งที่จะวัดค่าความสว่าง
- อ่านค่าความสว่างหลังจากเวลาผ่านไปแล้วประมาณ 1 นาที
- ตำแหน่งที่จะวัดค่าความสว่างแนะนำให้ใช้ตำแหน่งดังแสดงใน รูปที่ 2 สูงจากพื้น 75 เซนติเมตร

2.การหาค่าความสว่างเฉลี่ย

ค่าความสว่างเฉลี่ย ซึ่งจะเป็นค่าที่จะใช้เทียบกับค่าที่แนะนำไว้ในมาตรฐานด้านวิศกรรมกา รส่ ขสว่ งนั ้ ณะหาได้ ัดนี ้

รูปที่ 2a $$Ea = \frac{R\,(N-1)\,(M-1) + Q\,(N-1) + T\,(M-1) + P}{NM}$$

N = จำนวนโคมในแต่ละแถว

M = จำนวนแถว

รูปที่ 2b $$Ea = P = \frac{P_1 + P_2 + P_2 + P_4}{4}$$

รูปที่ 2c $$Ea = \frac{Q\,(N-1) + P}{N}$$; N = จำนวนโคม

รูปที่ 2d $$Ea = \frac{R\,N\,(M-1) + Q\,N + T\,(M-1) + P}{M(N+1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2e $Ea = \frac{Q\,N + P}{N+1}$; N = **จำนวนโคม**

รูปที่ 2f $Ea = \frac{R\,(L-8)\,(W-8) + 8\,Q\,(L-8) + 8\,T\,(W-8) + 64\,P}{WL}$

W = **ความกว้าของห้อง (ฟุต)**

L = **ความยาวของห้อง (ฟุต)**

3.แบบฟอร์มที่ใช้สำรวจค่าความสว่าง แบบฟอร์มที่ใช้ในการสำรวจความสว่างที่จุดทำงานต่างๆเป็นดังนี้

ตาราง 4-3

แบบฟอร์มสำรวจค่าความสว่าง

จุดทำงาน	รายละเอียดของจุดทำงาน	ความสูงเหนือพื้นห้อง	ระนาบ (นอน ดิ่ง หรือ เอียง)	ความสว่าง (ลักซ์)	
				ทั้งหมด (ทั่วไป+เสริม)	ทั่วไปอย่างเดียว
1 2 3					

4.4.1. การเปรียบเทียบค่าความสว่างที่วัดได้เทียบกับค่ามาตราฐาน

ผลการทดสอบค่าความสว่างของห้องต่าง ๆ เราสามารถดูได้จากรูปในหน้าถัด ๆ ไป โดยในรูปเราได้ทำการแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วน ๆ แล้วทำการวัดค่าจากทั้ง 4 มุมโดยรอบของพื้นที่นั้นแล้วจึงทำการคิดเป็นค่าเฉลี่ยของพื้นที่ส่วนนั้น ๆ ซึ่งในที่นี้เราจะไม่ได้ทำการกรอกข้อมูลลงในแบบฟอร์ม เพราะว่าสามาถดูจากรูปแล้วเข้าใจได้ง่ายกว่า

เนื่องจากค่าที่วัดได้จาก lux meter จะมีความคลาดเคลื่อนบางเนื่องจากเวลาที่ใช้วัดแตกต่างกันไปในแต่ละวัน และแต่ละสถานที่ก็วัดคนละเวลากัน การเปรียบเทียบจึงเป็นลักษณะแบบคร่าว ๆ โดยเราจะทำการเปรียบเทียบเป็นส่วน ๆ ของอาคารได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณระเบียงทางเดินทั้ง 2 ด้าน

ในบริเวณทางเดินเมื่อทำการวัดในเวลากลางวันซึ่งแสงแดดสามารถเข้าถึงได้โดยตลอดทำให้ค่าความสว่างที่ได้มีค่าสูงมากกว่าค่าที่มาตราฐานกำหนดไว้ ดังนั้นในเวลากลางวันไม่จำเป็นต้องมีการเปิดหลอดไฟในบริเวณทางเดิน แต่ในเวลากลางคืนถ้ามีความจำเป็นต้องใช้งานก็ควรมีการติดตั้งหลอดไฟ โดยเราสามารถทำการเปิดแบบดวงเว้นดวงจากแนวหลอดไฟเดิมที่ได้ติดตั้งตามแบบไว้แล้วได้

บริเวณห้องโถงแนวกลางอาคาร

เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานจะเห็นว่าในบางพื้นที่เมื่อทำการเปิดไฟแบบดวงเว้นดวงจะทำให้ค่าความสว่างไม่เพียงพอตามค่ามาตราฐานที่กำหนดไว้ เพราะอาจทำให้ผู้ใช้พื้นที่บริเวณดังกล่าวสายตาเสียได้ถ้าใช้พื้นที่บริเวณนั้นเป็นเวลานาน

บริเวณห้องเรียน

เมื่อทำการเปรียบเทียบจะเห็นว่ามีค่าความสว่างเพียงพอในการใช้งานเมื่อเปิดหลอดไฟแบบดวงเว้นดวงในเวลากลางวันเนื่องจากมีแสงอาทิตย์ช่วยในการส่องสว่าง แต่ถ้าเป็นเวลากลางคืนจะทำให้ความสว่างภายในห้องกระจายไม่สม่ำเสมอกันโดยตลอด ซึ่งอาจทำให้ผู้ใช้พื้นที่บริเวณนั้นเป็นเวลานานเกิดอาการปวดศีรษะได้

บริเวณห้อง Slope

ค่าที่วัดได้จากห้อง slope เมื่อทำการเปิดหลอดไฟแบบดวงเว้นดวง มีค่าที่ก่ำกึ่งโดยบางพื้นที่มีค่าความสว่างเพียงพอ แต่ในบางพื้นที่มีความสว่างไม่เพียงพอเมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานในตาราง โดยค่าความสว่างจะอยู่ในช่วง 200 - 300 ดังนั้นเพื่อให้มีความสม่ำเสมอในการส่องสว่างจึงควรทำการแก้ไข

4.4.2. **แนวทางในการแก้ไขเมื่อค่าความสว่างในพื้นที่ไม่เพียงพอโดยใช้แผ่นสะท้อนแสง**

ทำโดยการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงเพิ่มเข้าไปกับโคมของหลอดไฟเพื่อเป็นการปรับปรุงโดยแผ่นสะท้อนแสงนี้จะทำจากอะลูมิเนียมเคลือบด้วยประจุอิออนของเงินโดยวิธีประจุไฟฟ้าภายใต้สูญญากาศให้อิออนเงินยึดติดกับแผ่นอะลูมิเนียมเป็นเนื้อเดียวกัน หรือทำจากแผ่นอะลูมิเนียมเคลือบติดด้วยฟิล์มเงินตลอดทั่วทั้งแผ่น ซึ่งแผ่นอะลูมิเนียมนี้มีความหนาไม่น้อยกว่า 0.4 ม.ม. และทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงได้ไม่น้อยกว่า 95 % และมีระยะเวลาประกันอายุการใช้งานไม่น้อยกว่า 10 ปี ซึ่งแผ่นนี้จะช่วยสะท้อนแสงจากหลอดไฟเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้น 2 เท่าตัว กล่าวง่าย ๆ คือ ถ้าปกติใช้หลอดไฟ 4 หลอดในการส่องสว่างบริเวณนั้น แต่ถ้ามีการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงก็จะลดหลอดไฟได้เหลือเป็น 2 หลอด ซึ่งจะเห็นว่าประหยัดถึง 50 %

4.4.3. **สรุปราคากลางของแผ่นสะท้อนแสง**

1 x 36 W กว้าง 15 ซม.	ราคาไม่รวม Vat	=	576.00	บาท
2 x 36 W กว้าง 27 ซม.	ราคาไม่รวม Vat	=	639.00	บาท
3 x 36 W กว้าง ซม.	ราคาไม่รวม Vat	=	639.00	บาท
1 x 36 W กว้าง 15 ซม.	ราคาไม่รวม Vat	=	315.00	บาท
2 x 36 W กว้าง 27 ซม.	ราคาไม่รวม Vat	=	351.00	บาท
3 x 36 W กว้าง ซม.	ราคาไม่รวม Vat	=	355.50	บาท

โดยมีระยะเวลาประกัน 5 ปี (จากบริษัทที่ได้ทำการสอบถามข้อมูล)

ตาราง 4-4

สรุปจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารตึก 12 ชั้น

ชั้นที่	พื้นที่ใช้งาน	หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดสั้น	หลอดฟลูออเรสเซนตขนาดยาว	บัลลาสต์
1	3668.5	2	446	448
2	3695	2	1114	1116
3	3695	2	398	400
4	1527.5	2	310	312
5	1545.5	2	306	308
6	1545.5	2	446	448
7	1545.5	2	450	452
8	1545.5	2	334	336
9	1545.5	2	328	320
10	1545.5	2	318	320
11	1545.5	2	291	293
12	1545.5	2	627	629
รวม	24950	24	5388	5412

หมายเหตุ หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดยาว ขนาด 40 วัตต์ รวมบัลลาสต์ 50 วัตต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดสั้น ขนาด 20 วัตต์ รวมบัลลาสต์ 30 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4. การประหยัดพลังงานในส่วนของหลอดฟลูออเรสเซนต์

เนื่องจากปัจจุบันได้มีการผลิตหลอดฟลูออเรสเซนตแบบประหยัดพลังงานขึ้นมาใช้งาน 2 ขนาด คือ หลอดขนาดสั้น 18 W และ หลอดขนาดยาว 36 W ซึ่งยังสามารถให้ความสว่างไม่แตกต่างไปจากเดิมรวมถึงอายุการใช้งาน ซึ่งควรจะมีการเปลี่ยนหลอดแบบธรรมดามาเป็นหลอดไฟแบบประหยัดพลังงานเมื่อหลอดเดิมหมดอายุการใช้งาน

เมื่อทำการเปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์ประหยัดพลังงานแบบยาว กับ หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบปกตขนาดยาว ซึ่งจะพบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ถึงหลอดละ 4 W ต่อหลอด ถ้าเป็นแบบหลอดขนาดสั้นจะพบว่าสามารถประหยัดได้หลอดละ 2 W ซึ่งจะเห็นว่าถ้าปริมาณหลอดฟลูออเรสเซนตที่เราใช้มีจำนวนมากก็จะช่วยประหยัดพลังงานได้มากพอสมควร โดยอาจประหยัดกำลังไฟฟ้าได้ถึง = (5388 x 4) + (24 x 2) = 21600 W

ดังตารางปรียบเทียบการใช้หลอดไฟฟ้าแบบปกติและแบบประหยัดพลังงานที่จะแสดงดังต่อไปนี้

ตาราง 4-5

เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าการส่องสว่างระหว่างแบบธรรมดากับแบบประหยัดพลังงาน

ชั้นที่	พื้นที่	ขนาดการส่องสว่างแบบเดิม	ขนาดการส่องสว่างแบบประหยัดพลังงาน
1	3668.5	4.87	4.38
2	3695	12.07	10.9
3	3695	4.32	3.88
4	1527.5	8.14	7.33
5	1545.5	7.94	7.15
6	1545.5	11.56	10.4
7	1545.5	11.67	10.5
8	1545.5	8.67	7.80
9	1545.5	8.51	7.66
10	1545.5	8.25	7.43
11	1545.5	7.55	6.80
12	1545.5	16.25	14.6
เฉลี่ย	24950	110.07/12 = 9.17	98.83/12 = 8.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จารตารางเปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดากับแบบประหยัดพลังงานจะเห็นว่าเมื่อเทียบกำลังการส่องสว่างจะลดลงพอสมควร จากมาตราฐานได้มีการกำหนดว่า

- ค่ากำลังไฟฟ้าการส่องสว่างสูงสุดของสำนักงานโรงแรม สถานศึกษา และโรงพยาบาลสถานพักฟื้น คือ 16 วัตต์ต่อตารางเมตร

- ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด ของร้านขายของ และ ซุปเปอร์มาเก็ต หรือ ศูนย์การค้า คือ 23 วัตต์ต่อตารางเมตร จะเห็นว่าเมื่อเทียบแล้วอาคาร 12 ชั้นออกแบบในรูปที่ประหยัดพลังงานอยู่แล้วแต่ถึงอย่างไรเมื่อใช้หลอดประยัดพลังงานก็ยังสามารถที่จะประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายดังแสดงดังนี้

สูตรการคำนวณค่าไฟฟ้าของหลอดไฟอย่างคร่าว ๆ

$$\text{จำนวนหลอดที่ใช้} = \frac{\text{จำนวนวัตต์} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ทำงาน}}{1000}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \text{จำนวนหน่วยที่ใช้} \times \text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย}$$

โดยเฉลี่ยหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีอายุการใช้งานประมาณ 7500 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อจำนวนหน่วยที่ใช้งานจะได้ว่าประหยัดได้ประมาณ 21600 x (7500 / 1000) = 162000 หน่วย ซึ่งถ้าเราสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยประมาณ 1.06 บาท/หน่วย ซึ่งจะพบว่าเราสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าเป็นเงินประมาณ 162000 x 1.06 = 1717200 บาท ตลอดอายุการใช้งานของหลอด

4.4.5. *กระประหยัดพลังงานในส่วนของบัลลาสต์*

ในปัจจุบันได้มีการประดิษฐ์บัลลาสต์อิเลคทรอนิคส์ขึ้นมาเพื่อช่วยในการประหยัดพลังงานหลอดไฟภายในอาคาร ซึ่งบัลลาสต์อิเลคทรอนิคส์ คือ บัลลาสต์ที่มีชุดอิเลคทรอนิคส์อยู่ภายในซึ่งจะช่วยสร้างภาวะในการสตาร์ทและการทำงานที่เหมาะสมให้กับหลอด

ข้อดีของบัลลาสต์อิเลคทรอนิคส์

1. เมื่อใช้งานกัลหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความถี่สูงจะทำให้ได้แสงสว่างที่มากขึ้นกว่าเดิม ซึ่งโดยปกติจะมีการออกแบบเพื่อใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความถี่ประมาณ 25 kHz ซึ่งจะทำให้หลอดที่ใช้กินไฟน้อยลงจากเดิมประมาณ 4 W และตัวของบัลลาสต์เองก็จะกินไฟน้อยลงจากเดิมประมาณ 8 - 12 W เมื่อทำการสรุปได้ว่า เมื่อเราใช้บัลลาสต์อิเลคทรอนิคส์สำหรับหลอดไฟแบบธรรมดาจะกินไฟทั้งวงจรประมาณ 36 W โดยเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ที่ใช้สามารถทำได้เกือบเต็มที่ คือมีประสิทธิภาพที่ประมาณ 96 % ของประสิทธิภาพเครื่อง

3. อายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะยาวขึ้น

4. อุณหภูมิของตัวบัลลาสต์จะต่ำกว่าแบบขดลวดเนื่องจากมีการสูญเสียกำลังน้อยกว่า

5. การคงค่าความสว่าง (Lumen Depreciation) จะให้ค่าความสว่างที่คงที่มากกว่า

เนื่องจากบัลลาสต์แบบอิเลคทรอนิคส์ค่อนข้างมีราคาที่สูงคือประมาณ 450 บาท ต่อตัว (คิดภาษีมูลค่าเพิ่ม 10 %) และค่าแรงที่ใช้ในการเปลี่ยนประมาณ 30 บาทต่อตัวเมื่อคิดเทียบกับอาคาร 12 ชั้นที่จะต้องใช้บัลลาสต์ทั้งหมด 5412 ตัว ดังนั้นเมื่อคิดราคาสำหรับการเปลี่ยน จะประมาณ (5412 x [450 + 30]) = 254464 บาท

จากข้อมูลบัลลาสต์อิเลคทรอนิคส์สำหรับหลอดไฟ 36 วัตต์ สามารถประหยัดพลังงานได้ 12 วัตต์ต่อชุด และสำหรับหลอดไฟ 18 วัตต์และจะสามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณ 7 วัตต์ต่อชุด และภายในหนึ่งปีมีระยะเวลาการใช้งานประมาณ 12 X (30 X 8.5X = 3060 ชั่วโมง เป็นต้น

พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ = ([5388 x 12] + [24 x 7]) x 3060

= 198361.44 kW.hr / ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ประมาณ = 198361.44 x 2.16

= 428460.71 บาท / ปี

ระยะเวลาการคืนทุนจะประมาณ = $\frac{2554464}{428460.71}$

= 5.96 ปี

4.4.6. การประหยัดพลังงานในรูปแบบระบบไฟที่ปรับหรี่แสงได้

เพื่อที่จะได้ระดับของปริมาณแสงสว่างที่ใช้งานตลอดเวลา ติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมระบบแสงสว่าง เช่น เซนเซอร์ หรือ DIMMERS เพื่อประโยชน์ของการใช้แสงสว่างจากแสงอาทิตย์แทน ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้เทคโนโลยีที่สูง และใช้ร่วมกับวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 สามารถทำให้ประหยัดแสงสว่างได้ดีที่สุดทีเดียว

อย่างไรก็ดีพลังงานไฟฟ้าซึ่งถูกใช้ไปกไปกับหลอดและอุปกรณ์คอนโทรลเกียร์ อาทิเช่น บัลลาสต์ได้ถูกต้องเปลี่ยนรูปแบบของพลังงานไฟฟ้าไปเป็นแสงที่มองเห็น ได้แก่ แสงของรังสียูวี (UV - rediation) และในรูป รังสีความร้อน (Infrared rediation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งในกรณีทั่วไป พลังงานซึ่งไม่เปลี่ยนเป็นแสงที่มองเห็นได้ แต่เปลี่ยนไปเป็นพลังงานที่สูญเสียไปในระบบแสงสว่างและพลังงานที่สูญเสียมากที่สุดก็อยู่ในรูปของความร้อน ซึ่งหมายความว่าในประเทศเมืองร้อนอย่างประเทศไทย พลังงานที่สูญเสียไปในรูปใจไอไงความร้อนจากระบบแสงสว่างภายในอาคาร จะไปเพิ่มโหลดให้แก่ระบบปรับอากาศต้องใช้พลังงานมากขึ้น นั้นคือถ้าสามารถลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศได้เช่นกัน ซึ่งจากกฎของทรัพพ์ ทุก 1 วัตต์ ที่ทำการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างจะทำให้ประหยัดพลังงานในการใช้ระบบปรับอากาศได้ประมาณ 0.3 - 0.5 วัตต์

4.5. วิเคราะห์ระบบลิฟต์

ลิฟต์เป็นระบบขนส่งทางแนวตั้งภายในอาคารเพื่ออำนวยความสะดวกในการขนย้ายจากชั้นหนึ่งไปยังอีกชั้นหนึ่ง สำหรับอาคารที่มีจำนวนชั้นมากลิฟต์เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างยิ่ง แต่การที่จะใช้ลิฟต์ขนส่งในทุกชั้นหรือในกรณีที่ใช้ระหว่างชั้นทีละไม่กี่ชั้นซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก ซึ่งถ้าเราประหยัดพลังงานหรือลดการใช้งานในส่วนนี้ลงไปได้ก็จะประหยัดพลังงานภายในอาคารได้ส่วนหนึ่ง

แนวความคิดที่มีการนำมาใช้แก้ปัญหานี้คือ "ลิฟต์อัจฉริยะ" ซึ่งได้มีการนำมาใช้งานในประเทศไทยบ้างแล้วในอาคารสูงหรืออาคารใหญ่ ๆ หลายแห่ง โดยหลักการณ์ทำงานคร่าว ๆ ของลิฟต์อัจฉริยะคือจะทำการรับส่งผู้โดยสารระหว่างชั้นที่มีการใช้งานสูงก่อน แล้วจึงทำการเคลื่อนไปทำงานยังชั้นที่มีจำนวนคนน้อย ๆ ซึ่งมีการใช้งานต่ำ ทำให้ร่นระยะทางในการเคลื่อนตัวของลิฟต์ซึ่งจะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานได้ แต่ข้อเสียของลิฟต์แบบนี้คือต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและวางระบบสูง รวมถึงข้อจำกัดในเรื่องของความสูงของอาคารคือต้องมีความสูงประมาณ 30 ชั้นจึงจะคุ้มที่จะใช้ลิฟต์แบบนี้

แนวความคิดอีกแบบหนึ่งที่นำมาใช้ในการประหยัดพลังงานของส่วนระบบลิฟต์คือ จะพยายามรณรงค์ให้ใช้ลิฟต์เฉพาะที่จะทำการขึ้นทีละหลาย ๆ ชั้น ถ้าเป็นชั้นเดียวหรือจำนวนชั้นไม่มากนักก็จะให้เดินขึ้นลงแทน หรือทำการกำหนดชั้นที่จะทำการหยุดรับส่งของลิฟต์ ซึ่งวิธีนี้สามารถใช้กับอาคารที่มีระดับความสูงไม่มากนักได้

4.5.1. แนวความคิดในการประหยัดพลังงานของลิฟต์ในอาคาร 12 ชั้น

เนื่องจากอาคาร 12 ชั้นมีความสูงไม่มากนักเป็นอาคารขนาดกลาง รวมถึงแนวความคิดที่จะติดตั้งใช้งานลิฟต์อัจฉริยะก็เป็นไปได้ยาก ด้วยเหตุผลที่ไม่เหมาะสมในหลาย ๆ ด้าน เช่น ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบลิฟต์อัจฉริยะ และ ข้อจำกัดในเรื่องความสูงของอาคาร ดังนั้นแนวทางในการประหยัดพลังงานจึงควรทำโดยวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เนื่องจากอาคาร 12 ชั้นนั้นเป็นอาคารขนาดกลางที่มีความสูงไม่มากนัก รวมถึงเป็นอาคารเรียนซึ่งห้องที่ใช้ในการทำการเรียนการสอนก็อยู่ที่ชั้น 3 - 4 เป็นหลัก ดังนั้นจึงควรมีการรณรงค์ให้ทำการเดินขึ้นลงบันไดแทนในการที่จะใช้ห้องเรียนดังกล่าว แต่ถ้าเป็นห้องเรียนที่อยู่ในชั้นสูงขึ้นไป เช่น ชั้น 8 ก็อาจอนุญาติให้สามารถใช้ลิฟต์ได้

2. จะเห็นว่าบางห้องที่มีความจำเป็นในการใช้บ่อยครั้ง เช่น ห้องทะเบียนควรย้ายลงมาแทนในห้องที่ไม่ได้มีการใช้งานหรือคนติดต่อมากนักในชั้นล่าง ๆ ซึ่งจะทำให้คนที่มาติดต่อสามารถเดินขึ้นบันไดและสะดวกในการติดต่อมากกว่า แทนการขึ้นลิฟต์ซึ่งเป็นอยู่ดังเช่นปัจจุบัน

3. ควรทำการกำหนดชั้นที่จะให้ลิฟต์จอด เช่นในชั้นล่างๆ คือประมาณชั้น 1 - 4 สามารถเดินขึ้นลงได้ก็ควรจะให้ข้ามไปจอดที่บริเวณชั้น 5 หรือ ชั้น 6 ซึ่งเป็นชั้นที่อาจจะมีคนนอกมาทำการติดต่อได้

4. อาจมีการควบคุมให้ลิฟต์จอดเฉพาะบางชั้น เช่น จอดเฉพาะชั้นคู่หรือชั้นคี่ และระยะระหว่างชั้นที่เหลือก็สามารถที่จะให้ทำการเดินขึ้นลง เนื่องจากเป็นชั้นเดียวทำให้ผู้โดยสารไม่เหนื่อยมากนัก

5. อาจทำการกำหนดให้ลิฟต์บางตัวจอดเฉพาะบางชั้น โดยกำหนดเป็นช่วงๆ ระหว่างชั้น

4.6. **วิเคราะห์รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศ**

รวมจำนวน BTU / Hour ของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งจริง = 9414000 BTU / Hour

รวมจำนวน BTU / Hour ของเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม = 7032000 BTU / Hour

ดังนั้นจะประหยัด 9414000 - 7032000 = 2382000 BTU / Hour

จะพบว่าช่วยให้ประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้แต่การที่จะทำการปรับเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ทั้งหมดจำเป็นต้องใช้เงินจำนวนมาก แต่จากนโยบายประหยัดงบประมาณทำให้ไม่สามาระที่ทำเช่นนั้นได้ จึงต้องใช้วิธีประหยัดพลังงานโดยวิธีอื่นแทนโดยวิธีง่าย ๆ ดังนี้

1. ไม่ควรที่จะเปิดเครื่องปรับอากาศไว้ในขณะที่ไม่มีผู้ใช้ หรือควรปิดทุกครั้งที่ไม่ได้ใช้ห้องนั้นเป็นเวลานาน 1 - 2 ชั่วโมง

2. ควรมีการตรวจดูแลรักษาเครื่องปรับอากาศอยู่เสมอเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงในห้ความเย็นได้มาตราฐาน

3. ตรวจสอบรอยรั่วต่าง ๆ ของขอบประตูหน้าต่าง ถ้ามีให้ทำการซ่อมแซมทันทีเพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนจากภายนอกเข้ามา

4. การตั้งอุณหภูมิในห้องให้ปรับเครื่องปรับอากาศใช้งานควรเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมไม่ควรที่จะตั้งอุณหภูมิให้ต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ถ้าต้องมีการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศควรที่จะใช้เครื่องใหม่ที่มีตราสลากประหยัดไฟเบอร์ 5 เพื่อที่จะช่วยในการประหยัดไฟฟ้า

หมายเหตุ

1. การใช้เครื่องปรับอากาศภายในอาคารตึก 12 ชั้นมีขนาดไม่เหมาะสมกับขนาดของห้อง ทำให้บางครั้งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น 2. จากการสำรวจจะพบว่าบางครั้งเมื่อไม่มีการใช้ห้องภายในอาคาร ได้มีเครื่องเปิดเครื่องปรับอากาศภายในห้องนั้นทิ้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผล

5.1 สรุปผลเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานโดยวิธี OTTV

จากการคำนวณเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานด้วยวิธีการถ่ายเทความร้อนรวมจะเห็นว่าการที่จะประหยัดพลังงานด้วยวิธีนี้จะต้องเริ่มทำตั้งแต่เริ่มก่อสร้างอาคาร เพราะว่าวิธีการประหยัดพลังงานด้วยวิธีนี้ให้ได้ผลนั้นจะต้องพยายามสร้างพื้นที่ส่วนที่เป็นผนังโปร่งแสงให้เหมาะสม เนื่องกับพื้นที่ส่วนที่เป็นผนังทึบ เพราะว่าส่วนที่เป็นผนังกระจกจะเป็นตัวทำให้ความร้อนจากภายนอกอาคารสามารถถ่ายเทเข้ามาภายในอาคารได้มากกว่าแบบผนังทึบ

จากการคำนวณและการวิเคราะห์ผลในกรณีตัวอย่างของอาคาร 12 ชั้น จะพบว่าเมื่อเรามาทำการดัดแปลงอาคารบางส่วนเมื่อสร้างเสร็จไปแล้วบางอย่างสามารถทำได้ยากและเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย เช่น การสร้างส่วนที่เป็นอุปกรณ์บังแดดเพิ่มเติม , การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของส่วนที่เป็นผนังทึบ หรือแม้แต่การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ ซึ่งได้กล่าวไว้ในวิธีการปรับปรุงค่า OTTV ในภาคผนวก จะมีก็เพียงวิธีการเปลี่ยนชนิดของกระจกหรือติดฟิล์มกรองแสงที่สามารถทำได้ แต่จากการคำนวณซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก โดยเป็นการคิดอาคาร 12 ชั้นเป็นตัวอย่าง จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการติดตั้งฟิล์มกรองแสงกับค่าไฟฟ้าที่จะประหยัดขึ้นในแต่ละปี เมื่อคิดระยะเวลาคุ้มทุนแล้วไม่สามารถทำได้จริง

ดังนั้นจะเห็นว่าวิธีการที่จะประหยัดพลังงานด้วยวิธีการถ่ายเทความร้อนของอาคารจะได้ผลคุ้มค่าควรมีการวางแผนในการทำตั้งแต่ที่จะเริ่มก่อสร้างอาคาร

5.2 สรุปผลเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานระบบไฟฟ้ารวม

จากที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าวิธีการคิดค่าไฟฟ้าจะแบ่งเป็น

1. ส่วนที่เกิดจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริง (Kw / hr)
2. ส่วนที่เกิดจากค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Kw)

ค่าไฟที่ต้องจ่ายสามารถคิดได้ง่าย ๆ ดังนี้

ค่าไฟฟ้า = (EC x E) + (P x DC)

โดย ค่า EC = ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท ต่อ หน่วย)

E = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรอบเดือน (กิ โลวัตต์ ต่อ ชั่วโมง หรือ หน่วย)

P = ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในรอบเดือน (กิ โลวัตต์)

DC = ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท ต่อ กิ โลวัตต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตรข้างต้น ถ้าเราสามารถควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดไว้ได้จะทำให้มีผลกับค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้น โดยการควบคุมนี้จะนำไปคิดในรูปของตัวประกอบโหลดดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 เป็นตัวที่มีความสัมพันธ์กับค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

จากตัวอย่างของอาคาร 12 ชั้นจะพบว่า กราฟที่วัดออกมาเป็นการใช้ไฟในช่วงเวลา On Peak และ Off Peak ของอาคาร 12 ชั้น ซึ่งเมื่อนำมาคิดเป็นค่า LF ตามที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 4 จากการวิเคราะห์จะเป็นว่าค่าของ LF จะมีความเหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 80 % ในเกือบทุก ๆ วัน แต่ในส่วนของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเมื่อทำการคิดออกมาจะอยู่ที่ประมาณ 320 Kw ซึ่งจากบทที่ 4 จะพบว่ามีบางวันเกินกว่าค่านี้ ดังนั้นเราจึงสามารถจะทำการลดส่วนนี้ได้ในวันที่ได้มีการใช้ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเกินค่าที่เหมาะสม ซึ่งแนวทางในการลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดนี้สามารถดูได้จากภายในบทที่ 2 แต่ที่สำคัญวิธีการประหยัดค่าไฟฟ้าสูงสุดนี้จำเป็นต้องกระทำให้ต่อเนื่องเนื่องจากถ้าเกิดมีวันใดที่เกิดมีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดนี้เกินมากอยู่ค่าเดียวในเดือนนั้น ๆ ก็จะทำให้นำค่านี้ไปคิด ซึ่งจะทำให้การป้องกันการเกิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่รณรงค์ให้ช่วยกันประหยัดมาไม่มีผลใด ๆ เลย

5.3 **สรุปผลเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานระบบการส่องสว่าง**

การประหยัดไฟฟ้าในระบบการส่องสว่างต้องคำนึงถึงความสว่างที่เหมาะสมในการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ด้วย ซึ่งจากการทดสอบโดยวิธีการเปิดไฟแบบดวงเว้นดวงจะทำให้ได้ค่าความสว่างที่ออกมาไม่เหมาะสมกับค่าที่กระทรวงได้ตั้งไว้ ซึ่งอาจทำให้เสียสุขภาพสายตาของผู้ที่มาใช้แสงสว่างในบริเวณดังกล่าวได้ จึงทำให้วิธีนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้จริง แต่ปัจจุบันได้มีการนำแผ่นสะท้อนแสงเข้ามาใช้ติดกับตัวโคมไฟ เป็นตัวช่วยเพิ่มแสงสว่างที่เกิดจากหลอดไฟได้

แนวทางที่เหมาะสมคือ การที่ผู้ออกแบบจะต้องเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูง มีแสงสว่างเหมาะกับการใช้งาน และผู้ใช้งานจะต้องรู้จักเปิดใช้งานเมื่อต้องการใช้เท่านั้น และรู้จักเอาใจใส่ทำความสะอาดตรวจซ่อมบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่ดี เพราะสิ่งเหล่านี้มีผลกับค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเช่น

- ชนิดของหลอดไฟที่ใช้ให้เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท
- ชนิดของโคมที่ใช้ช่วยในการกระจายแสง
- ชนิดของบัลลาสต์ที่ใช้งาน
- การทำความสะอาดเพื่อช่วยในการส่องสว่าง

รายละเอียดต่าง ๆ สามารถดูได้จากบทที่ 2 และบทที่ 5 ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่ต้องสนใจเพราะเกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง และสามารถประหยัดพลังงานค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 สรุปผลเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศ

จากการทดสอบและการคำนวณจะเห็นว่าบางห้องภายในอาคาร 12 ชั้นนั้นมีขนาดของระบบปรับอากาศที่ไม่เหมาะสมกับขนาดที่ต้องการกับค่าความร้อนที่ถ่ายเทเข้าออก (โดยขนาดที่เหมาะสมสามารถดูได้จากในภาคผนวก) ซึ่งถ้าเราทำการลดขนาดของเครื่องปรับอากาศเหล่านี้ได้จะทำให้ประหยัดพลังงานลดไปได้จำนวนหนึ่ง แต่การที่จะทำการติดตั้งระบบปรับอากาศหรือการเปลี่ยนแปลงระบบปรับอากาศใหม่ก็เป็นการสิ้นเปลืองเกินความจำเป็นทำให้ไม่เหมาะสมที่จะทำจริงในทางปฏิบัติ

ดังนั้นการประหยัดพลังงานเกี่ยวกับระบบปรับอากาศนี้อาจทำได้โดยการรณรงค์ให้มีการช่วยกันดูแลเปิดปิดเครื่องปรับอากาศเมื่อไม่จำเป็นที่จะใช้งาน ซึ่งจากการสังเกตจะพบว่าบางครั้งเมื่อไม่มีการใช้งานห้องภายในอาคาร 12 ชั้นก็ได้มีการเปิดเครื่องปรับอากาศทิ้งไว้ ซึ่งแนวทางในการประหยัดพลังงานส่วนนี้ได้มีการเสนอแนะไว้ในข้างต้น

5.5 สรุปข้อเสนอแนะในการประหยัดพลังงานตึก 12 ชั้น

1. พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องใดที่สามารถที่จะปิดทำงานชั่วคราวได้ในขณะนั้น หรือเปลี่ยนแปลงไปใช้ในเวลาอื่นแทนช่วงเวลานี้ เพื่อลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

2. พยามหลีกเลี่ยงการเริ่มทำงานของเครื่องที่ต้องใช้พลังงานสูง ๆ พร้อม ๆ กัน

3. มีการรณรงค์ให้มีการประหยัดพลังงานในช่วงที่มีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

4. ควรมีการเปลี่ยนอุปกรณ์บางอย่างที่มีการจัดทำขึ้นมาใหม่ที่เป็นแบบประหยัดพลังงานแทน เช่น หลอดประหยัดพลังงาน , บัลลาสต์อิเลคทรอนิคส์ หรือ อุปกรณ์ประหยัดไฟเบอร์ 5

5. ควรมีการติดตามผลและควบคุมให้มีการปฏิบัติอย่างต่อเนื่องในการลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด เพราะถ้าทำมาได้ระยะเวลาหนึ่งแล้วลืมหรือเลิกทำ จะทำให้เกิดค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่จะนำไปคิด ที่มีค่ามากนำมาคิดแทนซึ่งจะทำให้ช่วงเวลาที่รณรงค์มาไม่มีผลอะไรเลย

6. ในระบบแสงสว่างควรมีการปิดเปิดไฟที่เหมาะสม เช่นปิดไฟในเวลาพักเที่ยง , ปิดไฟบางส่วนที่สามารถใช้แสงสว่างจากดวงอาทิตย์เข้ามาช่วยได้

7. มีการใช้สวิทซ์ปิดเปิด 2 ทางเพื่อสามารถควบคุมการใช้ไฟฟ้าในที่ต่าง ๆ ได้เหมาะสม หรือมีการใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติต่าง ๆ

8. ควรมีการตรวจดูแลรักษาเครื่องปรับอากาศอยู่เสมอเพื่อให้อุปกรณ์ต่าง มีประสิทธิภาพสูงอยู่เสมอ สามารถทำงานได้เต็มที่

9. ทำการตั้งปรับอุณหภูมิภายในอาคารให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละบริเวณ ไม่ควรตั้งให้อุณหภูมิอยู่ต่ำจนเกินไปเพราะจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน รวมถึงผู้ใช้อาจรู้สึกเย็นเกินไป รวมถึงเครื่องปรับอากาศอาจเสียได้ง่ายด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ปรับอุณหภูมิขึ้นสัก 2 - 3.5 องศา เมื่ออากาศภายนอกเย็น เช่นในฤดูฝนหรือฤดูหนาว

11. หมั่นล้างแผ่นกรองอากาศและคอยล์ทำความเย็นให้สะอาดอยู่เสมอ เพื่อการถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศและสารทำความเย็นสามารถทำได้สะดวก

12. ขจัดสิ่งกีดขวางทางลมเข้าออกของเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้การระบายความร้อนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน , การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร :รายงานรหัส B11 , สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงานกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน , 2539

2. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน , พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม : รายงานรหัส A2 , สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงานกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน , 2535

3. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน , พระราชบัญญัติการส่งเสริมและการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 : ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 109 ตอนที่ 33 วันที่ 2 เมษายน 2535

4. อัครเดช สินธุภัค , การทำความเย็น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน , คู่มือ การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร : สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน , 2538

6. สถาบันวิจัยพลังงาน , การประหยัดพลังงานไฟฟ้า : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2535

7. บริษัท เอสอีอี แอสโซวิเอทส์ จำกัด , รายงานฉบับสมบูรณ์ การฝึกอบรมเรื่อง มาตรฐานการออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงาน : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

8. ศุลี บรรจงจิตร , อุปกรณ์และการติดตั้งในงานระบบไฟฟ้า : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการคำนวณค่าต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบในการหาค่า OTTV

ส่วน TOWER

1. การคำนวณพื้นที่อาคาร

1.1 พื้นที่อาคารด้านทิศใต้

ก. พื้นที่กระจก จะประกอบด้วยกระจกแบบ น.19 น.12 น.7 น.9 น.19A น.8

- แบบ น.19 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 1626.24 m^2
- แบบ น.12 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 96.12 m^2
- แบบ น.7 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 106.8 m^2
- แบบ น.9 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 153.68 m^2
- แบบ น.19A มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 77.44 m^2
- แบบ น.8 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 397.76 m^2

รวมพื้นที่กระจก = 1626.24 + 96.92 + 106.8 + 153.68 + 77.44 + 397.76

= 2458.04 m^2

ข. พื้นที่ผนังก่ออิฐ

- พื้นที่บริเวณทางเดินชั้น 1 ถึง ชั้น 11 = 1540 m^2
- พื้นที่บริเวณทางเดินชั้น 12 และดาดฟ้า = 412 m^2
- พื้นที่ส่วน Tower แนวกลาง = 644.45 m^2
- พื้นที่ส่วน Tower ด้านข้าง 2 แนว = 480.88 m^2

รวมพื้นที่ กำแพง = 1540 + 412 + 644.45 + 480.88

= 3077.33 m^2

1.2 พื้นที่ผนังอาคารด้านตะวันออก

ก. พื้นที่กระจก ประกอบด้วยกระจกแบบ น.10

- แบบ น.10 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 161.28 m^2

ข. พื้นที่ผนังก่ออิฐ

- พื้นที่ผนังของกำแพง = 3.7(52.6 + 56.8) + (52.6 x 9) + (4.20 x 6.7) + (1.7 x 52.6) + (6.7 x 3.3)

= 1017.85 m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 **พื้นที่อาคารด้านทิศเหนือ**

ก. <u>พื้นที่กระจก</u> จะประกอบด้วยกระจกแบบ น.6 น.2 น.3 น.4 น.5 น.3A น.11 น.13

- แบบ น.6 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 269.55 m^2
- แบบ น.2 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 979.02 m^2
- แบบ น.3 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 149.94 m^2
- แบบ น.4 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 57.54 m^2
- แบบ น.5 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 70.56 m^2
- แบบ น.3A มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 11.3 m^2
- แบบ น.11 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 93.42 m^2
- แบบ น.11A มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 78.84 m^2
- แบบ น.13 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 93.42 m^2

รวมพื้นที่กระจก = 269.55 + 979.02 + 149.94 + 57.54 + 70.56 + 11.3 + 93.42 + 78.84 + 93.42

= 1803.59 m^2

ข. <u>พื้นที่ผนังก่ออิฐ</u>

- พื้นที่บริเวณทางเดินชั้น 1 ถึง ชั้น 11 = 1628 m^2
- พื้นที่บริเวณทางเดินชั้น 12 และดาดฟ้า = 369.4 m^2
- พื้นที่ส่วน Tower แนวกลาง = 533.16 m^2
- พื้นที่ขอบข้างส่วน Tower แนวกลาง = 157.8 m^2
- พื้นที่ส่วน Tower ด้านข้าง 2 แนว = 406.8 m^2
- พื้นที่ขอบข้างส่วน Tower ด้านข้าง = 562.32 m^2
- พื้นที่ชั้น 1 บริเวณ Tower ด้านข้าง = 57 m^2

รวมพื้นที่ กำแพง = 1997.4 + 533.16 + 157.8 + 406.8 562.32 + 57

= 3714.48 m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 พื้นที่ผนังอาคารด้านตะวันตก

ก. <u>พื้นที่กระจก</u> ประกอบด้วยกระจกแบบ น.10

- แบบ น.10 มีพื้นที่กระจกทั้งหมดรวม = 161.28 m^2

ข. <u>พื้นที่ผนังก่ออิฐ</u>

- พื้นที่ผนังของกำแพง = 3.7(52.6 + 56.8) + (52.6 x 9) +

(4.20 x 6.7) + (1.7 x 52.6) + (6.7 x 3.3)

= 1017.85 m^2

จะได้ว่าพื้นที่ของผนังอาคารแต่ละด้าน คือ

ทิศ	พื้นที่ผนังทึบ (m^2)	พื้นที่กระจก (m^2)	พื้นที่รวมทั้งหมด (m^2)
ใต้	3077.33	2458.04	5535.37
ตะวันออก	3714.48	1803.59	5518.07
เหนือ	1017.85	161.28	1179.13
ตะวันตก	1017.85	161.28	1179.13

2. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (U_w)

จากสูตร

$$R = R_0 + \sum_{i=1}^{n} (\Delta x / k) + R_1$$

โดย R = ค่าความต้านทานความร้อนของผนังอาคาร

R_0 = ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศด้านนอกอาคาร

R_1 = ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศด้านในอาคาร

Δx = ความหนาของวัสดุชั้นต่าง ๆ

k = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนชั้นต่าง ๆ

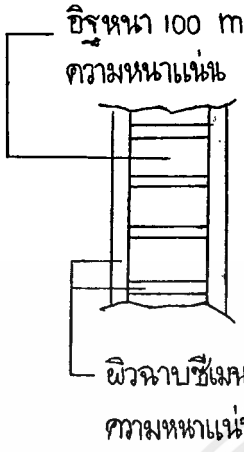
จากตารางที่ 2 จะได้ค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

R_0 = 0.044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$R_1 = 0.120$

จากแบบผนังก่ออิฐฉาบปูน ดังนั้น $\frac{\Sigma \Delta x}{k} = \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \frac{\Delta x_3}{k_3}$



$= \frac{0.01}{0.533} + \frac{0.10}{0.807} + \frac{0.01}{0.533}$

$= 0.161$

$R = 0.044 + 0.169 + 0.12$

$= 0.225 \ m^2 \cdot ^\circ C. \ วัตต์^{-1}$

$U_w = 1/R = 1/0.325$

$= 3.073 \ วัตต์ \cdot ^\circ C.^{-1} \ ม.^{-2}$

หามวลของผนัง

จากข้อมูลจะได้ว่า อิฐมีความหนาแน่น 1760 kg m^{-3}

ปูนฉาบซีเมนต์หนา 10 m.m. 1568 kg m^{-3}

มวลผนัง $= 1568(0.01) + 1760(0.1) + 1568(0.01)$

$= 207.4$ kg m^{-2}

จากตารางที่ 4 - 1 โดยมวลผนังเกินกว่า 195 kg m^{-2} และเป็นแบบผนังก่ออิฐ

ดังนั้นค่า $a \cong 0.3$

ค่า $T_{eq} = 10^\circ c$

3. **สัมประสิทธิ์การผ่านความร้อนของผนังที่เป็นกระจก (U_f)**

จากข้อมูลแระจก เป็นกระจกใส หนาประมาณ 6 m.m.

จากสูตร

$$R = R_0 + \sum_{i=1}^{n} (\Delta x / k) + R_1$$

$= 0.044 + 0.006 / 1.053 + 0.12$

$= 0.170 \ m^2 \cdot ^\circ C. \ วัตต์^{-1}$

$U_f = 1/0.170 = 5.893 \ วัตต์ \cdot ^\circ C.^{-1} \ ม.^{-2}$

ค่า $T = 5^\circ C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ค่าตัวประกอบแสงอาทิตย์

จากลักษณะของอาคาร ซึ่งประกอบด้วยผนังทั้งหมด 4 ด้าน โดยหันไปทางทิศเหนือ , ทิศตะวันออก , ทิศใต้ , ทิศตะวันตก ตามลำดับ

จากสูตร $SF = 160 (CF)$ วัตต์ m^{-2}

โดย CF คือค่าตัวปรับแก้ดูได้จากตารางที่ 4-3

<u>ทิศเหนือ</u> จากตาราง อาคารตั้งฉากกับทิศเหนือ มุมเอียง = 90°

ดังนั้นค่า CF = 0.7

ค่า SF = 160 (0.7) = 112 วัตต์ m^{-2}

<u>ทิศตะวันออก</u> จากตาราง อาคารตั้งฉากกับทิศตะวันออก มุมเอียง = 90°

ดังนั้นค่า CF = 1.12

ค่า SF = 160 (1.12) = 179.2 วัตต์ m^{-2}

<u>ทิศใต้</u> จากตาราง อาคารตั้งฉากกับทิศใต้ มุมเอียง = 90°

ดังนั้นค่า CF = 1.11

ค่า SF = 160 (1.11) = 177.6 วัตต์ m^{-2}

<u>ทิศตะวันตก</u> จากตาราง อาคารตั้งฉากกับทิศตะวันตก มุมเอียง = 90°

ดังนั้นค่า CF = 1.03

ค่า SF = 160 (1.03) = 164.8 วัตต์ m^{-2}

5. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของระบบหน้าต่าง (SC)

เนื่องจากระบบหน้าต่างของอาคาร ประกอบด้วยส่วนที่เป็นกระจก และอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ชนิดแนวนอน และ ชนิดแนวตั้ง ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของระบบหน้าต่างจึงประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

- สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC_1)
- สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร (SC_2)

$SC = (SC_1) (SC_2)$

5.1 <u>ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของแระจก</u>

กระจกที่ใช้เป็นกระจกใน หนา 6 mm

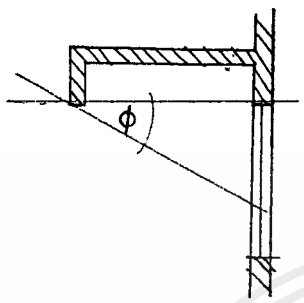
มีค่า $SC_1 = 0.950$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 <u>ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์ภายนอกอาคาร</u>

คิดด้านมีอุปกรณ์บังแดด จะได้ว่า

$R_1 = P / A = 2.25 / 2.1 = 1.07$



$\varphi_1 = 28^\circ$

จากลักษณะอุปกรณ์บังแดดจะนำมาคำนวณค่า G , $\langle G \times I_D + I_d \rangle$ และ I_T ได้ดังนี้

การคิดจะแยกคิดเป็น 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงละ 3 เดือน โดยนับเดือนสุดท้ายของแต่ละช่วง

ก. <u>เดือน มีนาคม</u>

เวลา 7.00 น.

$\theta_1 = 0$, $I_D = 0$ วัตต์ m^{-2} , $I_d = 22.7$ วัตต์ m^{-2}

โดยค่า θ_1 , I_D , I_d หาได้จากตารางแลดงค่ามาตราฐาน

$G = 1 - 1.07 [\cos 28^\circ \tan 0^\circ + \sin 28^\circ]$

$= 0.498$

$G \times I_D + I_d = 0.498(0) + 22.7 = 22.7$

$I_T = I_D + I_d = 0 + 22.7 = 22.7$

เวลา 8.00 น.

$\theta_1 = 0$, $I_D = 0$ วัตต์ m^{-2} , $I_d = 60.85$ วัตต์ m^{-2}

โดยค่า θ_1 , I_D , I_d หาได้จากตารางแลดงค่ามาตราฐาน

$G = 1 - 1.07 [\cos 28^\circ \tan 0^\circ + \sin 28^\circ]$

$= 0.498$

$G \times I_D + I_d = 0.498(0) + 60.85 = 60.85$

$I_T = I_D + I_d = 0 + 60.85 = 60.85$

จากหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นทำไปจนถึงเวลา 17.00 น. แล้วนำไปเขียนตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. <u>เดือน มิถุนายน</u>

เวลา 7.00 น.

θ_1 = 35.69 , I_D = 43.58 วัตต์ m^{-2} , I_d = 28.85 วัตต์ m^{-2}

โดยค่า θ_1 , I_D , I_d หาได้จากตารางแลดงค่ามาตราฐาน

$G = 1 - 1.07 [\cos 28^\circ \tan 35.69^\circ + \sin 28^\circ]$

$= -0.18$ (มีค่าเป็นลบแสดงว่าบังแดดได้หมด ให้ = 0)

$G \times I_D + I_d = 0 (43.58) + 28.85 = 28.85$

$I_T = I_D + I_d = 28.85 + 43.58 = 72.43$

เวลา 8.00 น.

θ_1 = 58.06 , I_D = 60.15 วัตต์ m^{-2} , I_d = 58.65 วัตต์ m^{-2}

โดยค่า θ_1 , I_D , I_d หาได้จากตารางแลดงค่ามาตราฐาน

$G = 1 - 1.07 [\cos 28^\circ \tan 58.06^\circ + \sin 28^\circ]$

$= -1.018$ (ให้เท่ากับ 0)

$G \times I_D + I_d = 0 (60.15) + 58.65 = 58.65$

$I_T = I_D + I_d = 58.68 + 60.15 = 118.8$

<u>ส่วน PODIUM</u>

1. การคำนวณพื้นที่อาคาร

1.1 พื้นที่อาคารด้านทิศใต้

ก. <u>พื้นที่กระจก</u> ประกอบด้วยกระจก น18 F2 และ น18 F3

- น18 F2 มีพื้นที่เท่ากับ (2.2 x 6.2) = 13.64

- น18 F3 มีพื้นที่เท่ากับ (3.3 x 6.2) + (3.3 x 0.9) x 12 = 56.1

รวมพื้นที่กระจกทั้งหมด 69.74 m^2

ข. <u>พื้นที่ผนังก่ออิฐ</u>

พ.ท. 1 = (0.70 x 7.6) x 2 + (3.2 x 7.6) x 2 = 80.56 m^2

พ.ท.2 = (6 x 0.9) = 5.4 m^2

พ.ท. 3 = (59.6 x 3.2 x 2) - {[(3.3 x 0.9) x 12] + [6.2 x 3.3]}

= 381.44 - 35.64 - 20.64 = 325.34 m^2

รวมพื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด = 411.3 m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 **พื้นที่อาคารด้านทิศตะวันออก**

ก. <u>พื้นที่กระจก</u> ประกอบด้วยกระจกแบบ

- มีพื้นที่เท่ากับ (3.3 x 0.9).10 + (12.6 x 3) = 70.02 m^2

ข. <u>พื้นที่ผนังก่ออิฐ</u>

- พ.ท. 1 = (3.2 x 7.6) + (0.70 x 7.6).4 = 223.6 m^2
- พ.ท. 2 = (6.4 x 39.5) + (3.3 x 0.9).10 = 16.2 m^2
- พ.ท. 3 = (11 x 14.8) + (12.6 x 3.2) = 122.48 m^2

รวมพื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด = 362.28 m^2

1.3 **พื้นที่อาคารด้านทิศตะวันตก**

ก. <u>พื้นที่กระจก</u> มีพื้นที่เท่ากับด้านทิศตะวันออก

มีพื้นที่เท่ากับ 70.02 m^2

ข. <u>พื้นที่ผนังก่ออิฐ</u> มีพื้นที่เท่ากับด้านทิศตะวันออก

มีพื้นที่กระจกเท่ากับ 362.28 m^2

1.4 **พื้นที่อาคารด้านทิศเหนือ**

เนื่องจากเป็นพื้นที่ส่วนที่ติดกับส่วน TOWER เป็นผนังทึบ มีพื้นที่ 481.04 m^2

จะได้ว่าพื้นที่ของผนังอาคารแต่ละด้าน คือ

ทิศ	พื้นที่ผนังทึบ (m^2)	พื้นที่กระจก (m^2)	พื้นที่รวมทั้งหมด (m^2)
ใต้	411.30	69.74	481.04
ตะวันออก	362.28	70.02	432.30
เหนือ	411.30	69.74	481.04
ตะวันตก	362.28	70.02	432.30

2. **การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม** (U_w)

จากสูตร

$$R = R_0 + \sum_{i=1}^{n} (\Delta x / k) + R_1$$

โดย R = ค่าความต้านทานความร้อนของผนังอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_0 = ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศด้านนอกอาคาร

R_1 = ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศด้านในอาคาร

Δx = ความหนาของวัสดุชั้นต่าง ๆ

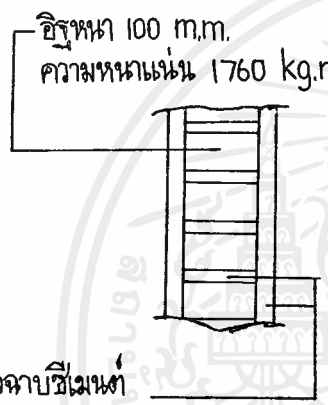
k = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนชั้นต่าง ๆ

จากตารางที่ 2 จะได้ค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

R_0 = 0.044

R_1 = 0.120

จากแบบผนังก่ออิฐฉาบปูน ดังนั้น $\frac{\Sigma\Delta x}{k} = \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \frac{\Delta x_3}{k_3}$



$= \frac{0.01}{0.533} + \frac{0.10}{0.807} + \frac{0.01}{0.533}$

$= 0.161$

$R = 0.044 + 0.169 + 0.12$

$= 0.225$ m^2°ซ. วัตต์$^{-1}$

$U_w = 1/R = 1/0.325$

$= 3.073$ วัตต์°ซ.$^{-1}$ ม.$^{-2}$

หามวลของผนัง

จากข้อมูลจะได้ว่า อิฐมีความหนาแน่น 1760 kg m^{-3}

ปูนฉาบซีเมนต์หนา 10 m.m. 1568 kg m^{-3}

มวลผนัง = 1568(0.01) + 1760(0.1) + 1568(0.01)

= 207.4 kg m^{-2}

จากตารางที่ 4 - 1 โดยมวลผนังเกินกว่า 195 kg m^{-2} และเป็นแบบผนังก่ออิฐ

ดังนั้นค่า $a \cong 0.3$

ค่า $T_{eq} = 10$°c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **สัมประสิทธิ์การผ่านความร้อนของผนังที่เป็นกระจก (U_f)**

จากข้อมูลและกระจก เป็นกระจกใส หนาประมาณ 6 m.m.

จากสูตร

$$R = R_0 + \sum_{i=1}^{n} (\Delta x / k) + R_1$$

= 0.044 + 0.006 / 1.053 + 0.12

= 0.170 m^2 °ซ. วัตต์$^{-1}$

U_f = 1 / 0.170 = 5.893 วัตต์ °ซ.$^{-1}$ ม.$^{-2}$

ค่า T = 5 °ซ

4. **ค่าตัวประกอบแสงอาทิตย์ (SF)**

จากลักษณะของอาคาร ซึ่งประกอบด้วยผนังทั้งหมด 4 ด้าน โดยหันไปทางทิศเหนือ , ทิศตะวันออก , ทิศใต้ , ทิศตะวันตก ตามลำดับ

จากสูตร SF = 160 (CF) วัตต์ m^{-2}

โดย CF คือค่าตัวปรับแก้ดูได้จากตารางที่ 4-3

<u>ทิศเหนือ</u> จากตาราง อาคารตั้งฉากกับทิศเหนือ มุมเอียง = 90°

ดังนั้นค่า CF = 0.7

ค่า SF = 160 (0.7) = 112 วัตต์ m^{-2}

<u>ทิศตะวันออก</u> จากตาราง อาคารตั้งฉากกับทิศตะวันออก มุมเอียง = 90°

ดังนั้นค่า CF = 1.12

ค่า SF = 160 (1.12) = 179.2 วัตต์ m^{-2}

<u>ทิศใต้</u> จากตาราง อาคารตั้งฉากกับทิศใต้ มุมเอียง = 90°

ดังนั้นค่า CF = 1.11

ค่า SF = 160 (1.11) = 177.6 วัตต์ m^{-2}

<u>ทิศตะวันตก</u> จากตาราง อาคารตั้งฉากกับทิศตะวันตก มุมเอียง = 90°

ดังนั้นค่า CF = 1.03

ค่า SF = 160 (1.03) = 164.8 วัตต์ m^{-2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. **ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของระบบหน้าต่าง** (SC)

เนื่องจากระบบหน้าต่างของอาคาร ประกอบด้วยส่วนที่เป็นกระจก และอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ชนิดแนวนอน และ ชนิดแนวตั้ง ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของระบบหน้าต่างจึง ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

- สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC_1)
- สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร (SC_2)

$$SC = (SC_1)(SC_2)$$

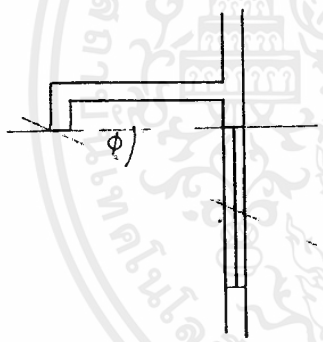
5.1 <u>ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของแระจก</u>

กระจกที่ใช้เป็นกระจกใน หนา 6 mm

มีค่า $SC_1 = 0.950$

5.2 <u>ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์ภายนอกอาคาร</u>

คิดด้านมีอุปกรณ์บังแดด จะได้ว่า



$$R_1 = P / A = 2.25 / 2.1 = 1.07$$

$$\varphi_1 = 28^{\circ}$$

จากลักษณะอุปกรณ์บังแดดจะนำมาคำนวณค่า G , $(G \times I_D + I_d)$ และ I_T ได้ดังนี้

การคิดจะแยกคิดเป็น 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงละ 3 เดือน โดยนับเดือนสุดท้ายของแต่ละช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NORTH ORIENTATION

AZIMUTH ANGLE = 180 . 21 MARCH

Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	-	0.000	0.000	0.00	22.70	22.70
08:00	-	0.000	0.000	0.00	60.85	60.85
09:00	-	0.000	0.000	0.00	101.05	101.05
10:00	-	0.000	0.000	0.00	128.05	128.05
11:00	-	0.000	0.000	0.00	145.08	145.08
12:00	-	0.000	0.000	0.00	151.70	151.70
13:00	-	0.000	0.000	0.00	148.39	148.39
14:00	-	0.000	0.000	0.00	142.63	142.63
15:00	-	0.000	0.000	0.00	124.96	124.96
16:00	-	0.000	0.000	0.00	95.33	95.33
17:00	-	0.000	0.000	0.00	58.39	58.39

SUM ($G * I_D + I_d$) = 1179.08 SUM (I_T) = 1179.08

NORTH ORIENTATION

AZIMUTH ANGLE = 180 22 JUNE

Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	35.69	0.000	0.000	43.58	28.85	28.85
08:00	58.06	0.000	0.000	60.15	58.65	58.65
09:00	69.76	0.000	0.000	69.07	84.15	84.15
10:00	75.85	0.000	0.000	69.71	107.37	107.37
11:00	78.96	0.000	0.000	63.25	138.03	138.03
12:00	80.20	0.000	0.000	60.36	161.38	161.38
13:00	79.96	0.000	0.000	57.11	164.30	164.30
14:00	78.14	0.000	0.000	44.31	151.27	151.27
15:00	74.18	0.000	0.000	25.07	130.85	130.85
16:00	66.58	0.000	0.000	13.18	102.13	102.13
17:00	51.69	0.000	0.000	12.01	59.00	59.00

SUM ($G * I_D + I_d$) = 1185.98 SUM (I_T) = 1703.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NORTH ORIENTATION						
AZIMUTH ANGLE = 180					23 SEPTEMBER	
Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	-	0.000	0.000	0.00	24.90	24.90
08:00	-	0.000	0.000	0.00	66.65	66.65
09:00	-	0.000	0.000	0.00	95.72	95.72
10:00	-	0.000	0.000	0.00	114.72	114.72
11:00	-	0.000	0.000	0.00	126.59	126.59
12:00	-	0.000	0.000	0.00	132.48	132.48
13:00	-	0.000	0.000	0.00	114.25	114.25
14:00	-	0.000	0.000	0.00	80.97	80.97
15:00	-	0.000	0.000	0.00	68.03	68.03
16:00	-	0.000	0.000	0.00	49.88	49.88
17:00	-	0.000	0.000	0.00	24.98	24.98
SUM ($G * I_D + I_d$) = 899.17					SUM (I_T) = 899.17	

NORTH ORIENTATION						
AZIMUTH ANGLE = 180					22 DECEMBER	
Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	-	0.000	0.000	0.00	15.95	15.95
08:00	-	0.000	0.000	0.00	43.77	43.77
09:00	-	0.000	0.000	0.00	65.46	65.46
10:00	-	0.000	0.000	0.00	71.72	71.72
11:00	-	0.000	0.000	0.00	78.52	78.52
12:00	-	0.000	0.000	0.00	92.02	92.02
13:00	-	0.000	0.000	0.00	101.69	101.69
14:00	-	0.000	0.000	0.00	101.01	101.01
15:00	-	0.000	0.000	0.00	86.56	86.56
16:00	-	0.000	0.000	0.00	60.80	60.80
17:00	-	0.000	0.000	0.00	29.59	29.59
SUM ($G * I_D + I_d$) = 747.07					SUM (I_T) = 747.07	

SC2 = (1179.08+1185.98+899.17+747.07) / (1179.07+1703.78+899.17+747.07)

= 0.8857

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOUTH ORIENTATION

AZIMUTH ANGLE = 0 — 21 MARCH

Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	73.55	0.000	0.000	5.81	22.70	22.70
08:00	75.26	0.000	0.000	20.14	60.85	60.85
09:00	75.62	0.000	0.000	42.66	101.05	101.05
10:00	75.77	0.000	0.000	70.37	128.05	128.05
11:00	75.84	0.000	0.000	92.07	145.08	145.08
12:00	75.86	0.000	0.000	102.97	151.70	151.70
13:00	75.86	0.000	0.000	102.14	148.39	148.39
14:00	75.83	0.000	0.000	90.89	142.63	142.63
15:00	75.75	0.000	0.000	72.60	124.96	124.96
16:00	75.59	0.000	0.000	49.58	95.33	95.33
17:00	75.17	0.000	0.000	24.92	58.39	58.39

SUM ($G * I_D + I_d$) = 1179.08 SUM (I_T) = 1853.28

NORTH ORIENTATION

AZIMUTH ANGLE = 180 — 22 JUNE

Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	-	0.000	0.000	0.00	28.85	28.85
08:00	-	0.000	0.000	0.00	58.65	58.65
09:00	-	0.000	0.000	0.00	84.15	84.15
10:00	-	0.000	0.000	0.00	107.37	107.37
11:00	-	0.000	0.000	0.00	138.03	138.03
12:00	-	0.000	0.000	0.00	161.38	161.38
13:00	-	0.000	0.000	0.00	164.30	164.30
14:00	-	0.000	0.000	0.00	151.27	151.27
15:00	-	0.000	0.000	0.00	130.85	130.85
16:00	-	0.000	0.000	0.00	102.13	102.13
17:00	-	0.000	0.000	0.00	59.00	59.00

SUM ($G * I_D + I_d$) = 1185.98 SUM (I_T) = 1185.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOUTH ORIENTATION

AZIMUTH ANGLE = 0 — 23 SEPTEMBER

Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	71.67	0.000	0.000	6.58	24.90	24.90
08:00	74.10	0.000	0.000	13.75	66.65	66.65
09:00	74.78	0.000	0.000	36.10	95.72	95.72
10:00	75.08	0.000	0.000	50.11	114.72	114.72
11:00	75.21	0.000	0.000	51.90	126.59	126.59
12:00	75.26	0.000	0.000	68.37	132.48	132.48
13:00	75.24	0.000	0.000	74.97	114.25	114.25
14:00	75.13	0.000	0.000	62.65	80.97	80.97
15:00	74.90	0.000	0.000	52.22	68.03	68.03
16:00	74.39	0.000	0.000	34.18	49.88	49.88
17:00	72.89	0.000	0.000	11.44	24.98	24.98

SUM ($G * I_D + I_d$) = 899.17 SUM (I_T) = 1361.44

SOUTH ORIENTATION

AZIMUTH ANGLE = 0 — 22 DECEMBER

Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	9.33	0.000	0.000	82.65	15.95	15.95
08:00	31.21	0.000	0.000	144.95	43.77	43.77
09:00	42.61	0.000	0.000	203.42	65.46	65.46
10:00	48.56	0.000	0.000	273.91	71.72	71.72
11:00	51.58	0.000	0.000	302.27	78.52	78.52
12:00	52.76	0.000	0.000	295.37	92.02	92.02
13:00	52.46	0.000	0.000	260.30	101.69	101.69
14:00	50.58	0.000	0.000	202.17	101.01	101.01
15:00	46.52	0.000	0.000	171.90	86.56	86.56
16:00	38.73	0.000	0.000	136.71	60.80	60.80
17:00	23.67	0.084	0.084	73.00	29.59	35.71

SUM ($G * I_D + I_d$) = 753.20 SUM (I_T) = 2893.72

SC2 = (1179.08 + 1185.98 + 899.17 + 753.20) / (1853.28 + 1185.98 + 1361.44 + 2893.72)

= 0.5508

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WEST ORIENTATION						
AZIMUTH ANGLE = 90					21 MARCH	
Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	-	0.000	0.000	0.00	22.70	22.70
08:00	-	0.000	0.000	0.00	60.85	60.85
09:00	-	0.000	0.000	0.00	101.05	101.05
10:00	-	0.000	0.000	0.00	128.05	128.05
11:00	-	0.000	0.000	0.00	145.08	145.08
12:00	-	0.000	0.000	0.00	151.70	151.70
13:00	81.20	0.000	0.000	62.78	148.39	148.39
14:00	65.81	0.000	0.000	161.71	142.63	142.63
15:00	50.59	0.000	0.000	234.99	124.96	124.96
16:00	35.59	0.000	0.000	267.64	95.33	95.33
17:00	20.81	0.139	0.139	247.53	58.39	92.80
SUM ($G * I_D + I_d$) = 1213.54					SUM (I_T) = 2155.78	

WEST ORIENTATION						
AZIMUTH ANGLE = 90					22 JUNE	
Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	-	0.000	0.000	0.00	28.85	28.85
08:00	-	0.000	0.000	0.00	58.65	58.65
09:00	-	0.000	0.000	0.00	84.15	84.15
10:00	-	0.000	0.000	0.00	107.37	107.37
11:00	-	0.000	0.000	0.00	138.03	138.03
12:00	-	0.000	0.000	0.00	161.38	161.38
13:00	80.63	0.000	0.000	53.23	164.30	164.30
14:00	66.68	0.000	0.000	90.99	151.27	151.27
15:00	52.74	0.000	0.000	67.31	130.85	130.85
16:00	38.80	0.000	0.000	87.87	102.13	102.13
17:00	24.78	0.062	0.062	33.16	59.00	61.06
SUM ($G * I_D + I_d$) = 1188.05					SUM (I_T) = 1465.54	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WEST ORIENTATION						
AZIMUTH ANGLE = 90					23 SEPTEMBER	
Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	-	0.000	0.000	0.00	24.90	24.90
08:00	-	0.000	0.000	0.00	66.65	66.65
09:00	-	0.000	0.000	0.00	95.72	95.72
10:00	-	0.000	0.000	0.00	114.72	114.72
11:00	-	0.000	0.000	0.00	126.59	126.59
12:00	-	0.000	0.000	0.00	132.48	132.48
13:00	76.93	0.000	0.000	66.04	114.25	114.25
14:00	61.54	0.000	0.000	127.91	80.97	80.97
15:00	46.35	0.000	0.000	184.60	68.03	68.03
16:00	31.39	0.000	0.000	200.40	49.88	49.88
17:00	16.65	0.215	0.215	124.24	24.98	51.69
SUM ($G * I_D + I_d$) = 925.88					SUM (I_T) = 1602.36	

WEST ORIENTATION						
AZIMUTH ANGLE = 90					22 DECEMBER	
Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	-	0.000	0.000	0.00	15.95	15.95
08:00	-	0.000	0.000	0.00	43.77	43.77
09:00	-	0.000	0.000	0.00	65.46	65.46
10:00	-	0.000	0.000	0.00	71.72	71.72
11:00	-	0.000	0.000	0.00	78.52	78.52
12:00	-	0.000	0.000	0.00	92.02	92.02
13:00	77.77	0.000	0.000	73.43	101.69	101.69
14:00	60.76	0.000	0.000	137.71	101.01	101.01
15:00	44.24	0.000	0.000	186.17	86.56	86.56
16:00	28.35	0.000	0.000	203.25	60.80	60.80
17:00	13.07	0.278	0.278	137.75	29.59	74.49
SUM ($G * I_D + I_d$) = 784.36					SUM (I_T) = 1485.38	

SC2 = (1213.54 + 1188.05 + 925.88 + 784.36) / (2155.78 + 1465.54 + 1602.36 + 1485.38)

= 0.4934

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EAST ORIENTATION						
AZIMUTH ANGLE = -90					21 MARCH	
Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	8.204	0.361	0.361	136.605	22.70	72.02
08:00	22.85	0.100	0.100	181.653	60.85	79.01
09:00	37.66	0.000	0.000	215.654	101.05	101.05
10:00	52.68	0.000	0.000	211.482	128.05	128.05
11:00	67.93	0.000	0.000	147.908	145.08	145.08
12:00	83.34	0.000	0.000	47.744	151.70	151.70
13:00	-	0.000	0.000	0.000	148.39	148.39
14:00	-	0.000	0.000	0.000	142.63	142.63
15:00	-	0.000	0.000	0.000	124.96	124.96
16:00	-	0.000	0.000	0.000	95.33	95.33
17:00	-	0.139	0.139	0.000	58.39	58.39
SUM ($G * I_D + I_d$) = 1246.63				SUM (I_T) = 2120.19		

EAST ORIENTATION						
AZIMUTH ANGLE = -90					22 JUNE	
Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	15.49	0.236	0.236	112.97	28.85	55.51
08:00	29.60	0.000	0.000	169.81	58.65	58.65
09:00	43.58	0.000	0.000	196.81	84.15	84.15
10:00	57.52	0.000	0.000	176.01	107.37	107.37
11:00	71.46	0.000	0.000	108.77	138.03	138.03
12:00	85.49	0.000	0.000	28.04	161.38	161.38
13:00	-	0.000	0.000	0.00	164.30	164.30
14:00	-	0.000	0.000	0.00	151.27	151.27
15:00	-	0.000	0.000	0.00	130.85	130.85
16:00	-	0.000	0.000	0.00	102.13	102.13
17:00	-	0.062	0.062	0.00	59.00	59.00
SUM ($G * I_D + I_d$) = 1214.71				SUM (I_T) = 1978.42		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EAST ORIENTATION

AZIMUTH ANGLE = -90 23 SEPTEMBER

Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	12.07	0.000	0.000	92.91	24.90	52.40
08:00	26.76	0.000	0.000	95.67	66.65	68.66
09:00	41.65	0.000	0.000	149.22	95.72	95.72
10:00	56.77	0.000	0.000	23.19	114.72	114.72
11:00	72.10	0.000	0.000	63.50	126.59	126.59
12:00	87.58	0.000	0.000	11.01	132.48	132.48
13:00	-	0.000	0.000	0.00	114.25	114.25
14:00	-	0.000	0.000	0.00	80.97	80.97
15:00	-	0.000	0.000	0.00	68.03	68.03
16:00	-	0.000	0.000	0.00	49.88	49.88
17:00	-	0.215	0.215	0.00	24.98	24.98

SUM ($G * I_D + I_d$) = 925.88 SUM (I_T) = 1602.36

WEST ORIENTATION

AZIMUTH ANGLE = 90 22 DECEMBER

Time	q_1	G_1	G	I_D	I_d	$G*I_D + I_d$
07:00	4.45	0.424	0.424	120.97	15.95	67.24
08:00	19.40	0.172	0.172	249.39	43.77	85.29
09:00	34.92	0.000	0.000	268.05	65.46	65.45
10:00	51.08	0.000	0.000	250.47	71.72	71.72
11:00	67.83	0.000	0.000	155.31	78.52	78.52
12:00	84.98	0.000	0.000	34.13	92.02	92.02
13:00	-	0.000	0.000	0.00	101.69	101.69
14:00	-	0.000	0.000	0.00	101.01	101.01
15:00	-	0.000	0.000	0.00	86.56	86.56
16:00	-	0.000	0.000	0.00	60.80	60.80
17:00	-	0.000	0.000	0.00	29.59	29.59

SUM ($G * I_D + I_d$) = 837.89 SUM (I_T) = 1825.41

SC2 = (1246.63 + 1225.32 + 928.75 + 837.89) / (2120.19 + 1978.42 + 1434.65 + 1825.41)

= 0.576

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	SC1	SC2	SC
ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของระบบหน้าต่างด้านทิศเหนือ	0.950	0.8857	0.8414
ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของระบบหน้าต่างด้านทิศตะวันออก	0.950	0.5760	0.5472
ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของระบบหน้าต่างด้านทิศใต้	0.950	0.5508	0.5233
ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของระบบหน้าต่างด้านทิศตะวันตก	0.950	0.4934	0.4687

คิดค่า OTTV ของส่วน TOWER

ทิศเหนือ

พื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	$(A_w.U_w.TD_{eq}) + A_f(U_f.T + SC \times SF)$
เหนือ (กระจก)	-	-	10°c	1803.59	5.893	5	112	0.8414	223107.33
เหนือ (ก่ออิฐ)	3714.48	3.073	10°c	-	-	-	-	-	114145.97
รวม	3714.48			1803.59					337253.3
รวมทั้งหมด	5518.07								

ทิศตะวันออก

พื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	$(A_w.U_w.TD_{eq}) + A_f(U_f.T + SC \times SF)$
ตะวันออก (กระจก	-	-	10°c	161.28	5.893	5	179.2	0.5472	20566.95
ตะวันออก (ก่ออิฐ)	1017.85	3.073	10°c	-	-	-	-	-	31278.53
รวม	1017.85			161.28					51845.48
รวมทั้งหมด	1171.13								

ทิศใต้

พื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	$(A_w.U_w.TD_{eq}) + A_f(U_f.T + SC \times SF)$
ใต้ (กระจก)	-	-	10°c	2458.04	5.893	5	177.6	0.5233	300871.67
ใต้ (ก่ออิฐ)	3077.33	3.073	10°c	-	-	-	-	-	94566.35
รวม	3077.33			2458.04					395438.02
รวมทั้งหมด	5535.37								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศตะวันตก

พื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	$(A_w.U_w.TD_{eq}) + A_f(U_f.T + SC \times SF)$
ตะวันตกกระจก)	-	-	10°c	161.28	5.893	5	164.8	0.4687	17209.67
ตะวันตก (ก่ออิฐ)	1017.85	3.073	10°c	-	-	-	-	-	31278.53
รวม	1017.85			161.28					48488.20
รวมทั้งหมด	1179.13								

จากการคำนวณค่า OTTV ของผนังทั้ง 4 ด้าน สรุปค่า OTTV ได้ดังต่อไปนี้

	พื้นที่ผนัง (m^2)	OTTV ($watt.m^{-2}$)
ผนังด้านทิศเหนือ	5518.07	61.12
ผนังด้านทิศตะวันออก	1179.13	43.97
ผนังด้านทิศใต้	5535.37	71.44
ผนังด้านทิศตะวันตก	1179.13	41.12

ดังนั้นค่า OTTV ของอาคารนี้คือ

$$OTTV = \frac{(5518.07 \times 61.12) + (1179.13 \times 43.97) + (5535.37 \times 71.44) + (1179.13 \times 41.12)}{(5518.07 + 1179.13 + 5535.37 + 1179.13)}$$

$$= 62.11 \ watt.m^{-2}$$

โดยปกติค่า OTTV ของอาคารจะมีค่ามาตราฐานอยู่ที่ประมาณ 45 วัตต์ m^{-2} ซึ่งอาคารนี้มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้จึงควรที่จะทำการปรับปรุงให้มีค่าไม่เกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คิดค่า OTTV ของส่วน PODIUM

ทิศเหนือ

พื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	$(A_w.U_w.TD_{eq}) + A_f(U_f.T + SC \times SF)$
เหนือ (กระจก)	481.04	3.073	10°c	-	-	-	-	-	14782.36
รวม	481.04			-					14782.36
รวมทั้งหมด	481.04								

ทิศตะวันออก

พื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	$(A_w.U_w.TD_{eq}) + A_f(U_f.T + SC \times SF)$
ตะวันออก (กระจก	-	-	10°c	70.02	5.893	5	179.2	0.5472	8929.18
ตะวันออก (ก่ออิฐ)	362.28	3.073	10°c	-	-	-	-	-	11132.86
รวม	362.28			161.28					20062.03
รวมทั้งหมด	432.3								

ทิศใต้

พื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	$(A_w.U_w.TD_{eq}) + A_f(U_f.T + SC \times SF)$
ใต้ (กระจก)	-	-	10°c	70.02	5.893	5	177.6	0.5233	8536.39
ใต้ (ก่ออิฐ)	362.28	3.073	10°c	-	-	-	-	-	12639.25
รวม	362.28			70.02					21175.64
รวมทั้งหมด	481.04								

ทิศตะวันตก

พื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	$(A_w.U_w.TD_{eq}) + A_f(U_f.T + SC \times SF)$
ตะวันตก (กระจก)	-	-	10°c	70.02	5.893	5	164.8	0.4687	7471.61
ตะวันตก (ก่ออิฐ)	362.28	3.073	10°c	-	-	-	-	-	11132.86
รวม	362.28			70.02					18604.47
รวมทั้งหมด	432.3								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณค่า OTTV ของผนังทั้ง 4 ด้าน สรุปค่า OTTV ได้ดังต่อไปนี้

	พื้นที่ผนัง (m^2)	OTTV ($watt.m^{-2}$)
ผนังด้านทิศเหนือ	481.04	30.73
ผนังด้านทิศตะวันออก	432.3	46.41
ผนังด้านทิศใต้	481.04	44.02
ผนังด้านทิศตะวันตก	432.3	43.04

ดังนั้นค่า OTTV ของอาคารนี้คือ

$$OTTV = \frac{(481.04 \times 44.02) + (432.3 \times 46.41) + (432.3 \times 43.04) + (481.04 \times 30.73)}{(481.04 + 432.3 + 432.3 + 481.04)}$$

$$= 40.85 \ watt.m^{-2}$$

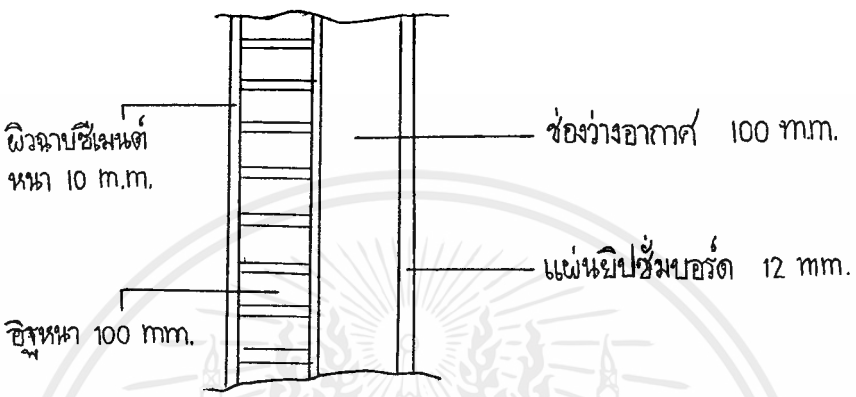
โดยปกติค่า OTTV ของอาคารจะมีค่ามาตราฐานจะประมาณ 45 วัตต์ m^{-2} ซึ่งอาคารนี้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจึงไม่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการปรับปรุงค่า OTTV

1. เปลี่ยนแปลงโครงสร้างผนังทึบ โดย

ส่วนที่เป็นอิฐถือปูนอย่างเดียวให้เป็นก่ออิฐถือปูนกับแผ่นยิปซั่มบอร์ดโดยใช้แผ่นยิปซั่มบอร์ดบุด้านในของผนังอิฐถือปูน และให้มีช่องว่างอากาศระหว่างผนังก่ออิฐถือปูนกับผนังยิปวั่มบอร์ดประมาณ 100 m.m. ดังรูป

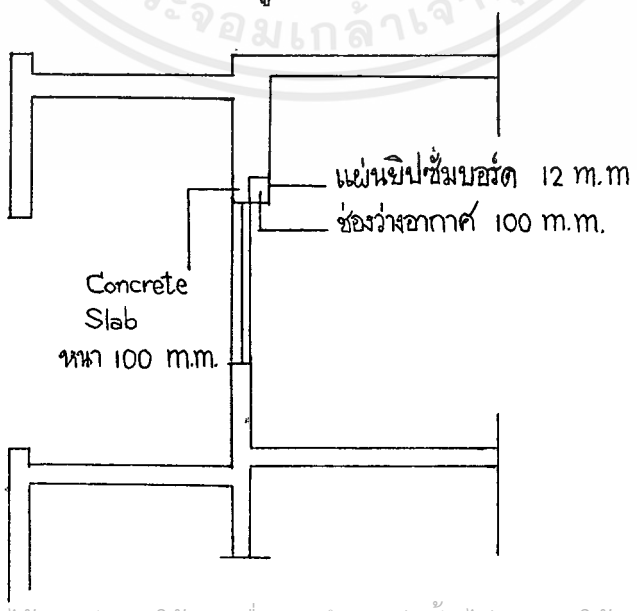


2. ลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคารลง โดย

2.1 หล่อ concrete slab ต่อจากแนวคานคอนกรีตลงมาจากเดิมอีกพอประมาณให้พอเหมาะกับขนาดของหน้าต่างแบบต่าง ๆ ที่จะนำมาติดตั้งและพอดีกับอุปกรณ์บังแดด แล้วทำการบุด้วยยิปซั่มบอร์ด โดยมีการเว้นช่องว่างเอาไว้ประมาณ 100 m.m. (การที่หล่อ concrete slab ลงมาให้ได้ระดับเดียวกับอุปกรณ์บังแดดจะไม่เป็นการบดบังทัศนียภาพด้านนอกเดิมให้เปลี่ยนแปลงไป

2.2 ผนังทึบด้านล่างหล่อขึ้นมาเท่ากับระดับเดิม

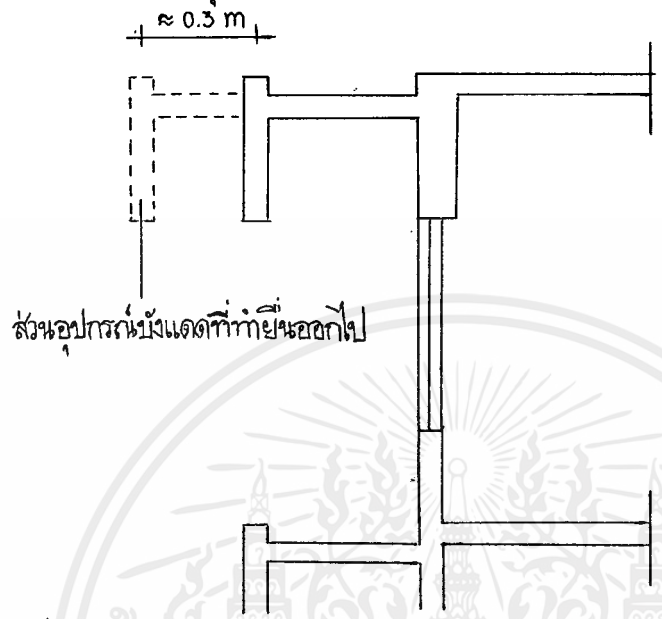
ซึ่งจากข้อ 2.1 และ 2.2 สามารถเขียนรูปได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปรับปรุงอุปกรณ์บังแดดทางด้านที่มี ค่า OTTV สูง

โดยทำการยื่นอุปกรณ์บังแดดออกไปจากเดิมประมาณ 0.3 m ซึ่งจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (Uw) ของผนังลดลงได้ หรือด้านที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดแต่มีค่า OTTV สูงก็อาจทำการติดตั้งอุปกรณ์บังแดด



4. เปลี่ยนชนิดจองกระจกหรือทำการติดฟิล์มกรองแสง

โดยการทำแบบนี้จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการบังแดดของระบบหน้าต่างมีค่าลดลงไปจากเดิม ส่วนการเปลี่ยนชนิดกระจกหรือติดฟิล์มจะใช้แบบใดก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม เพราะกระจกมีหลายประเภทซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดได้ไม่เท่ากับ รวมถึงระดับความข้มของฟิล์มกรองแสงที่ใช้ด้วย

5. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างแบบอัตโนมัติ

โดยทำการติดตั้งด้านที่มีแสงสว่างจากธรรมชาติสามารถเข้าถึงได้อย่างสะดวก เพื่อจะได้สามารถใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์และแสงธรรมชาติในการส่องสว่างภายในอาคาร โดยอุปกรณ์นี้จะเช็คค่าความสว่างที่เกิดขึ้นแล้วปรับระดับความสว่างของหลอดไฟให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงเพื่อให้ได้ความสว่างพอเหมาะกับการใช้งานของพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งวิธีการนี้สามารถลดค่าของ OTTV ได้ประมาณ 15 % ของค่าเดิม

ตัวอย่างต่อไปนี้จะเป็นการปรับแก้ค่า OTTV ด้วยวิธีที่ 4 คือการติดฟิล์มกรองแสง เพราะจากมีความเป็นไปได้มากที่สุดในการทำ เนื่องจากวิธีอื่น ๆ (แบบที่ 1 - 3) อาจจำเป็นต้องทำตั้งแต่เริ่มก่อสร้างอาคาร หรือ แบบที่ 5 ก็มีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูงและเมืองไทยยังไม่ค่อยนิยมใช้กันมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงค่า OTTV (ส่วน TOWER)

ในขั้นต้นจะทำการปรับปรุงโดยการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของระบบหน้าต่างซึ่งกระทำโดยการติดแผ่นฟิล์มกรองแสงที่กระจกทุกบานในระบบหน้าต่างทางด้านเหนือ และทางด้านทิศใต้ ซึ่งเป็นด้านที่มีค่า OTTV สูง โดยการทำแบบนี้จะทำให้ค่าของสัมประสิทธิ์การบังแดดเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นเมื่อทำการติดตั้งฟิล์มกรองแสงจะทำให้ค่าสัมประสิทธิการบังแดดเปลี่ยนแปลงไปด้วย

การลดค่าของสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) จะมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดกระจก โดยในที่นี้เราจะทำการทดลองโดยทำการเปลี่ยนเป็นกระจกสีชา มวลกระจก = 1000 kg / m^2 หนา 10 m.m. ซึ่งจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดลดลงเหลือประมาณ SC = 0.52

คิดค่า OTTV เมื่อทำการปรับปรุงได้เป็น

ทิศเหนือ

พื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	$(A_w.U_w.TD_{eq}) + A_f(U_f.T + SC \times SF)$
เหนือ (กระจก)	-	-	10°c	1803.59	5.893	5	112	0.52	158183.86
เหนือ (ก่ออิฐ)	3714.48	3.073	10°c	-	-	-	-	-	114145.97
รวม	3714.48			1803.59					272329.83
รวมทั้งหมด	5518.07								

ทิศตะวันออก

พื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	$(A_w.U_w.TD_{eq}) + A_f(U_f.T + SC \times SF)$
ตะวันออก (กระจก	-	-	10°c	161.28	5.893	5	179.2	0.5472	20566.95
ตะวันออก (ก่ออิฐ)	1017.85	3.073	10°c	-	-	-	-	-	31278.53
รวม	1017.85			161.28					51845.48
รวมทั้งหมด	1171.13								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศใต้

พื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	$(A_w.U_w.TD_{eq}) + A_f(U_f.T + SC \times SF)$
ใต้ (กระจก)	-	-	10°c	2458.04	5.893	5	177.6	0.52	299431.05
ใต้ (ก่ออิฐ)	3077.33	3.073	10°c	-	-	-	-	-	94566.35
รวม	3077.33			2458.04					393997.41
รวมทั้งหมด	5535.37								

ทิศตะวันตก

พื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	$(A_w.U_w.TD_{eq}) + A_f(U_f.T + SC \times SF)$
ตะวันตก (กระจก)	-	-	10°c	161.28	5.893	5	164.8	0.4687	17209.67
ตะวันตก (ก่ออิฐ)	1017.85	3.073	10°c	-	-	-	-	-	31278.53
รวม	1017.85			161.28					48488.20
รวมทั้งหมด	1179.13								

จากการคำนวณค่า OTTV ของผนังทั้ง 4 ด้าน สรุปค่า OTTV ได้ดังต่อไปนี้

	พื้นที่ผนัง (m^2)	OTTV ($watt.m^{-2}$)
ผนังด้านทิศเหนือ	5518.07	49.35
ผนังด้านทิศตะวันออก	1179.13	43.97
ผนังด้านทิศใต้	5535.37	71.18
ผนังด้านทิศตะวันตก	1179.13	41.12

ดังนั้นค่า OTTV ของอาคารนี้คือ

$$OTTV = \frac{(5518.07 \times 49.35 + (1179.13 \times 43.97) + (5535.37 \times 71.18) + (1179.13 \times 41.12)}{(5518.07 + 1179.13 + 5535.37 + 1179.13)}$$

$$= 57.16 \ watt.m^{-2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนหลังคา

1. คำนวณพื้นที่หลังคา

1.1 ส่วน TOWER

- บริเวณแนวกลาง = (6 + 6 + 4) x 107 = 1712 m^2
- บริเวณพื้นที่ยื่น (ด้านข้าง) = (5.8 x 5) x 2 = 58 m^2
- บริเวณพื้นที่ยื่น (ตรงกลาง) = (5.8 x 12) + (6 x 12) = 141.6 m^2

รวมพื้นที่ทั้งหมดส่วนหลังคา TOWER = 1911.6 m^2

1.2 ส่วน PODIUM

- แนวหลังคาบริเวณชั้น 3 = (19 x 22) + (4.7 x 12) + (5 x 11)2 + (7.5 x 7) + (25 x 4)2 + (6 x 5)2

= 896.9 m^2

- แนวหลังคาบริเวณชั้น 4 = (0.5 x 22.5 x 22.67)4 + (0.5 x 24 x 25.16)4

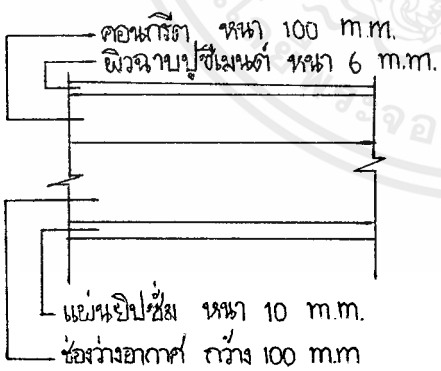
= 1020.15 + 1207.68

= 2227.83 m^2

2. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (Uw)

2.1 ส่วน TOWER

- บริเวณหลังคาชั้น 12



จากสูตร

$$R = R_0 + \sum_{i=1}^{n} (\Delta x / k) + R_1$$

จากตารางที่ 2 จะได้ว่า

R_0 = 0.055

R_1 = 0.174

แทนค่าในสูตรจะได้ว่า

R_0 = 0.055 + (0.006 / 1.442 + 0.01 / 0.191 + 0.162) + 0.174

= 0.547 วัตต์$^{-1}$ ม $^{\circ}$ซ

U_w = 1.827 วัตต์ ม$^{-1}$ ซ$^{-1}$

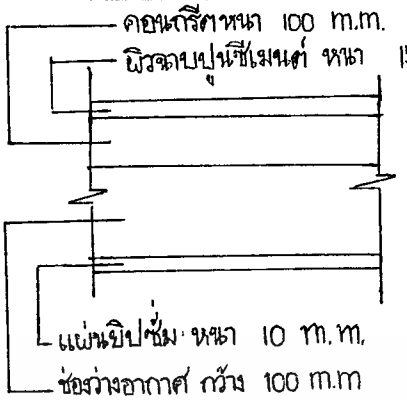
มวลของหลังคามีค่า = 2460(0.15) + (880 x 0.01) = 377.8 kg . m^{-2}

หลังคาคอนกรีตเป็นสีเทา ดังนั้น T_{eq} = 24 $^{\circ}$c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ส่วน PODIUM

- บริเวณหลังคาชั้น 3



จากสูตร

$$R = R_0 + \sum_{i=1}^{n} (\Delta x / k) + R_i$$

จากตารางที่ 2 จะได้ว่า

$R_0 = 0.055$

$R_i = 0.174$

แทนค่าในสูตรจะได้ว่า

$R_0 = 0.055 + (0.015 / 1.442 + 0.01 / 0.191 + 0.162) + 0.174$

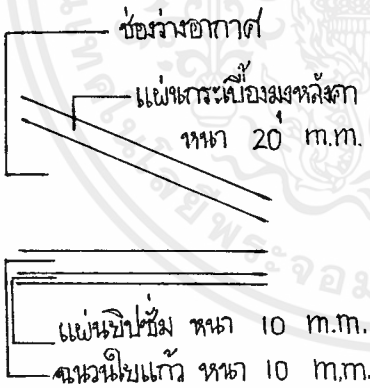
$= 0.547$ วัตต์$^{-1}$ ม$^{\circ}$ซ

$U_w = 1.827$ วัตต์ ม$^{-1}$ ซ$^{-1}$

มวลของหลังคามีค่า $= 2460(0.15) + (880 \times 0.01) = 377.8$ kg . m^{-2}

หลังคาคอนกรีตเป็นสีเทา ดังนั้น $T_{eq} = 24^{\circ}$c

- บริเวณหลังคาชั้น 4



จากสูตร

$$R = R_0 + \sum_{i=1}^{n} (\Delta x / k) + R_i$$

จากตารางที่ 2 จะได้ว่า

$R_0 = 0.055$

$R_i = 0.174$

แทนค่าในสูตรจะได้ว่า

$R_0 = 0.055 + (0.02 / 0.836 + 0.01 / 0.035 + 0.01 / 0.191 + 0.148) + 0.174$

$= 0.739$ วัตต์$^{-1}$ ม$^{\circ}$ซ

$U_w = 1.353$ วัตต์ ม$^{-1}$ ซ$^{-1}$

มวลของหลังคามีค่า = = kg . m^{-2}

หลังคาคอนกรีตเป็นสีเทา ดังนั้น $T_{eq} = 24^{\circ}$c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **สัมประสิทธิ์การผ่านความร้อนของผนังที่เป็นกระจก** (U_f)

เนื่องจากหลังคาไม่มีพื้นที่ส่วนที่เป็นกระจก ดังนั้นค่าของสัมประสิทธิ์การผ่านความร้อนของผนังส่วนที่เป็นกระจกจึงไม่มี

4. **ค่าตัวประกอบแสงอาทิตย์** (SF)

จากลักษณะของหลังคาที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็น หลังคาแนวราบ , หลังคาส่วนที่เป็นกระเบื้องแนวเอียง ดังนั้นสามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

จากสูตร SF = 370 (CF) วัตต์ m^{-2}

โดย ค่า CF สามารถหาได้จากตารางที่ 4 - 3

- ส่วนที่หลังคาเป็นแนวราบ

ทิศเหนือ	CF = 1.00	SF = 370 วัตต์ m^{-2}
ทิศตะวันออก	CF = 1.00	SF = 370 วัตต์ m^{-2}
ทิศใต้	CF = 1.00	SF = 370 วัตต์ m^{-2}
ทิศตะวันตก	CF = 1.00	SF = 370 วัตต์ m^{-2}

- ส่วนที่หลังคาเป็นระนาบเอียงประมาณ 22.5° กับแนวระดับ

ทิศเหนือ	ค่า	CF = 0.88	
	ค่า	SF = 0.88(370)	= 325.6 วัตต์ m^{-2}
ทิศตะวันออก	ค่า	CF = 0.96	
	ค่า	SF = 0.96(370)	= 355.2 วัตต์ m^{-2}
ทิศใต้	ค่า	CF = 1.01	
	ค่า	SF = 1.01(370)	= 373.7 วัตต์ m^{-2}
ทิศตะวันตก	ค่า	CF = 0.95	
	ค่า	SF = 0.95(370)	= 351.5 วัตต์ m^{-2}

5. **ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของระบบหน้าต่าง** (SC)

เนื่องจากหลังคาไม่มีพื้นที่ส่วนที่เป็นกระจก ดังนั้นค่าของสัมประสิทธิ์การผ่านความร้อนของผนังส่วนที่เป็นกระจกจึงไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า RTTV ของอาคาร คือ

พื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	$(A_w.U_w.TD_{eq}) + A_f(U_f.T + SC \times SF)$
TOWER	1911.6	1.827	24°c	-	-	-	-	-	83819.8
PODIUM (ราบ)	896.9	1.827	24°c	-	-	-	-	-	39327.27
PODIUM (เอียง)	2227.83	1.353	24°c	-	-	-	-	-	72342.10

จากการคำนวณค่า RTTV ของaหลังคาด้านต่าง ๆ สรุปค่า RTTV ได้ดังต่อไปนี้

	พื้นที่หลังคา (m^2)	RTTV ($watt.m^{-2}$)
TOWER	1911.6	43.85
PODIUM (ราบ)	896.9	43.85
PODIUM (เอียง)	2227.83	32.47

จะได้ว่าค่า $RTTV_{รวม}$ ส่วน TOWER $= 43.85$ $watt.m^{-1}$

จะได้ว่าค่า $RTTV_{รวม}$ ส่วน TOWER $= \dfrac{(43.85 \times 896.9) + (32.47 \times 2227.83)}{(896.9 + 2227.83)}$

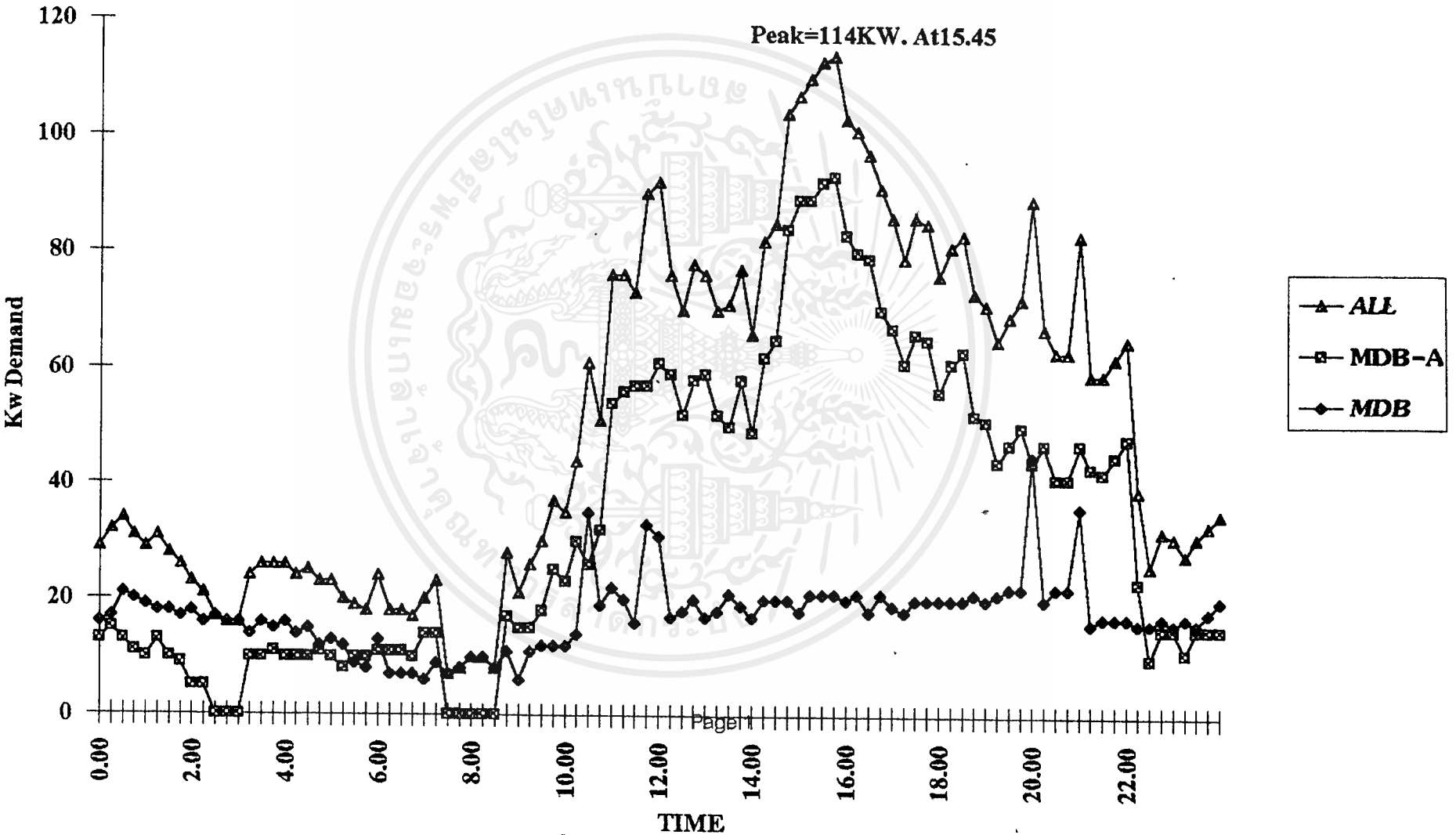
$= 35.74$ $watt.m^{-1}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

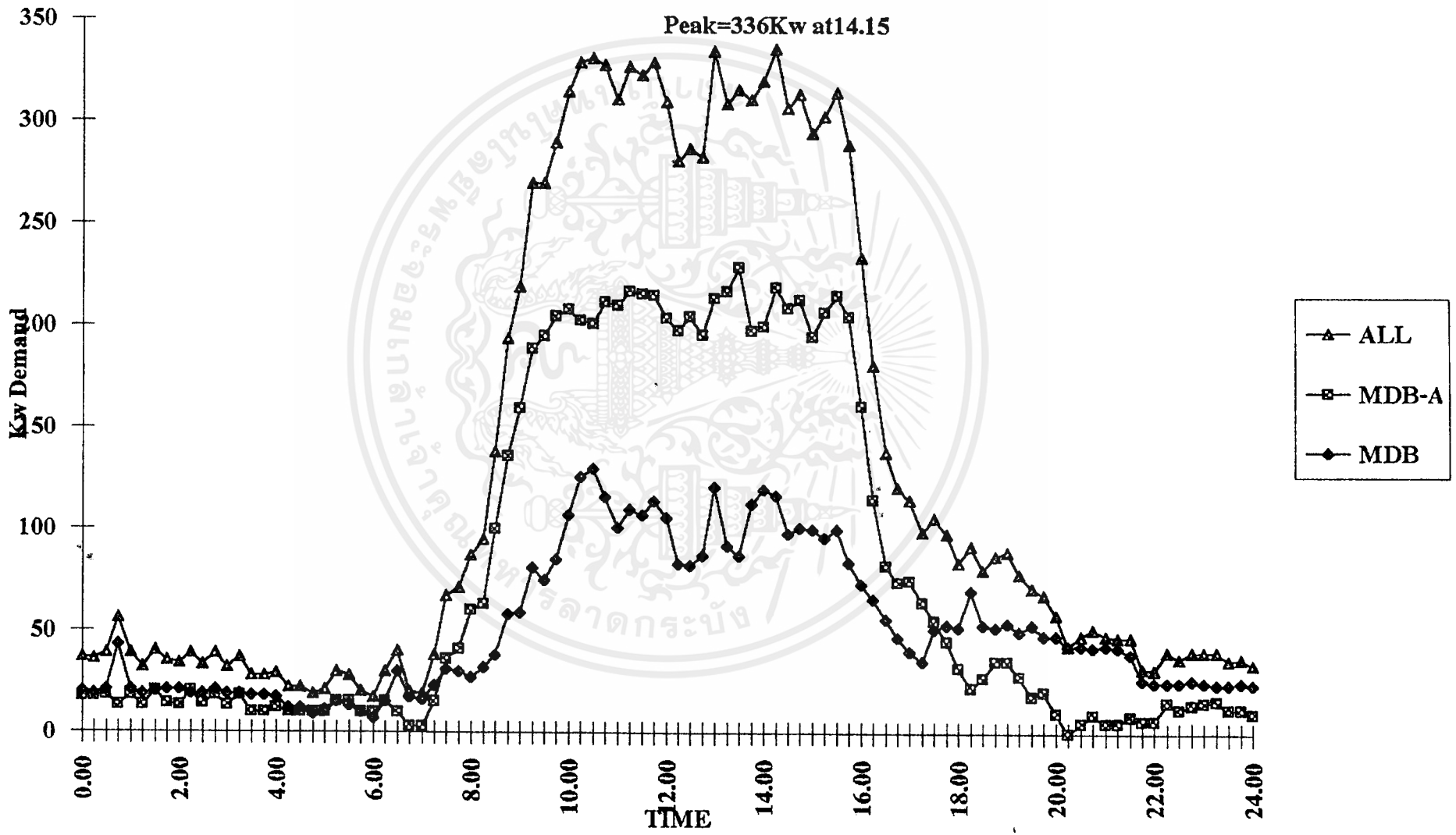
Load Curve วันต่าง ๆ ภายในรอบ 1 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

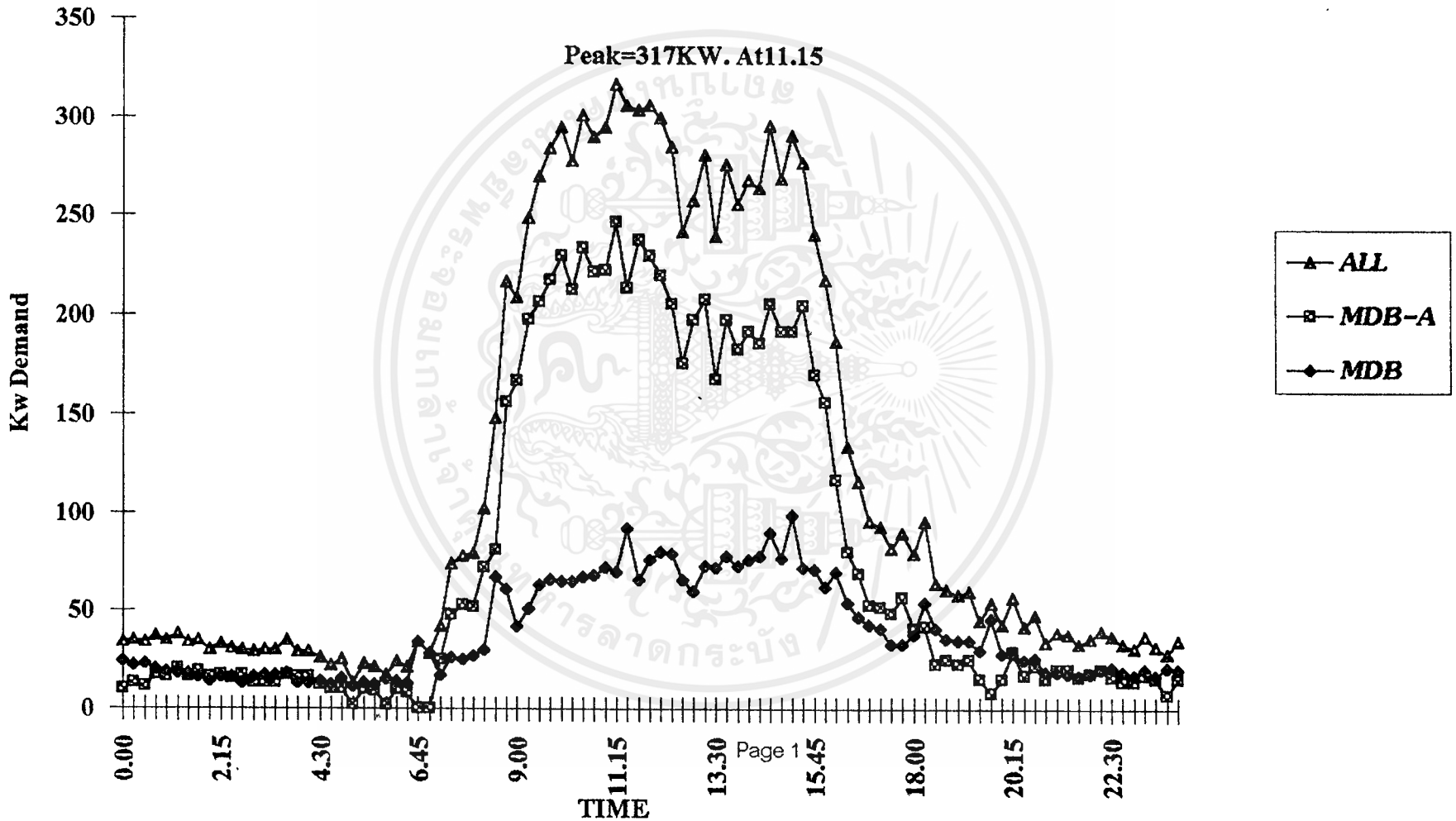
Load Curve of Sunday



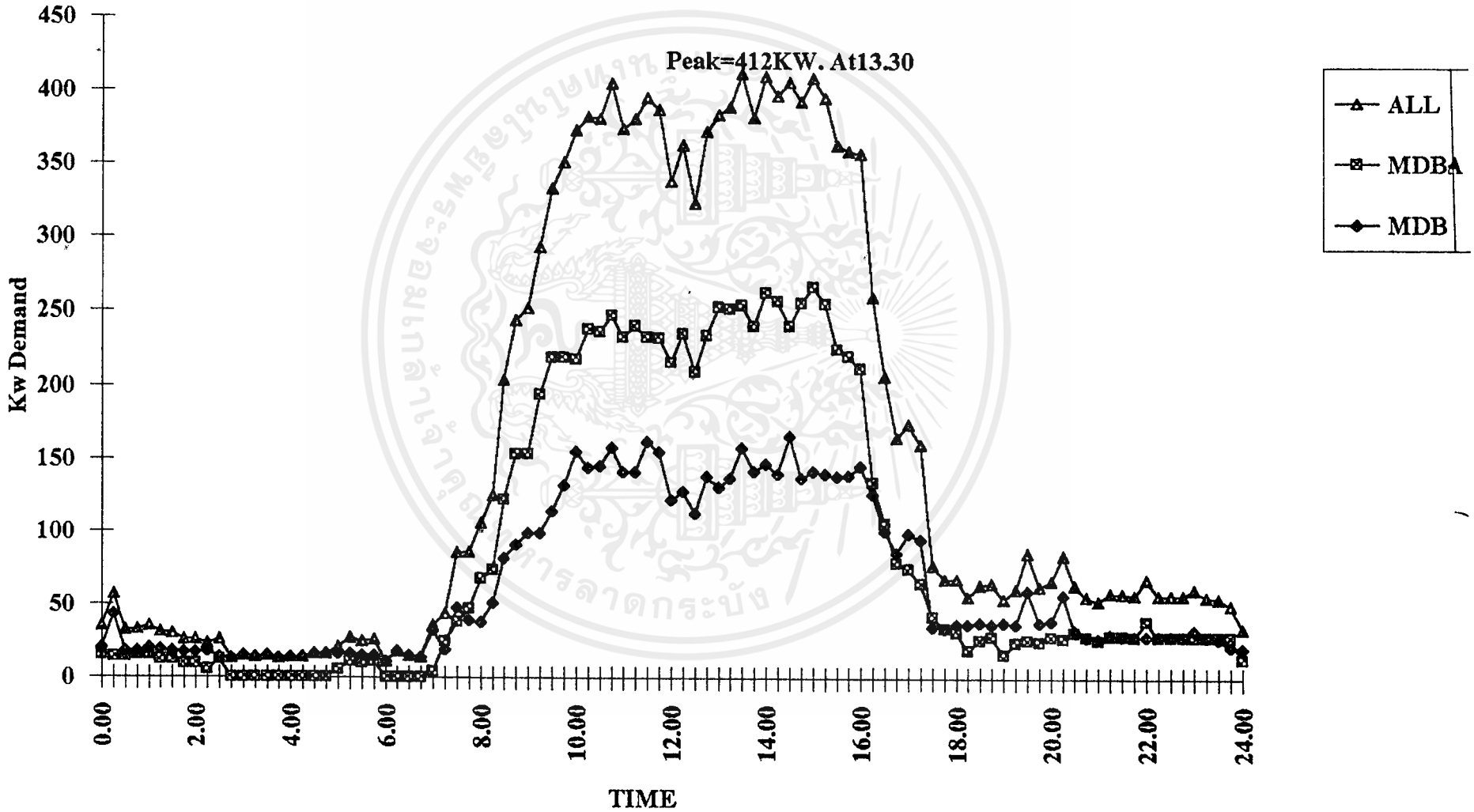
Load Curve of Monday



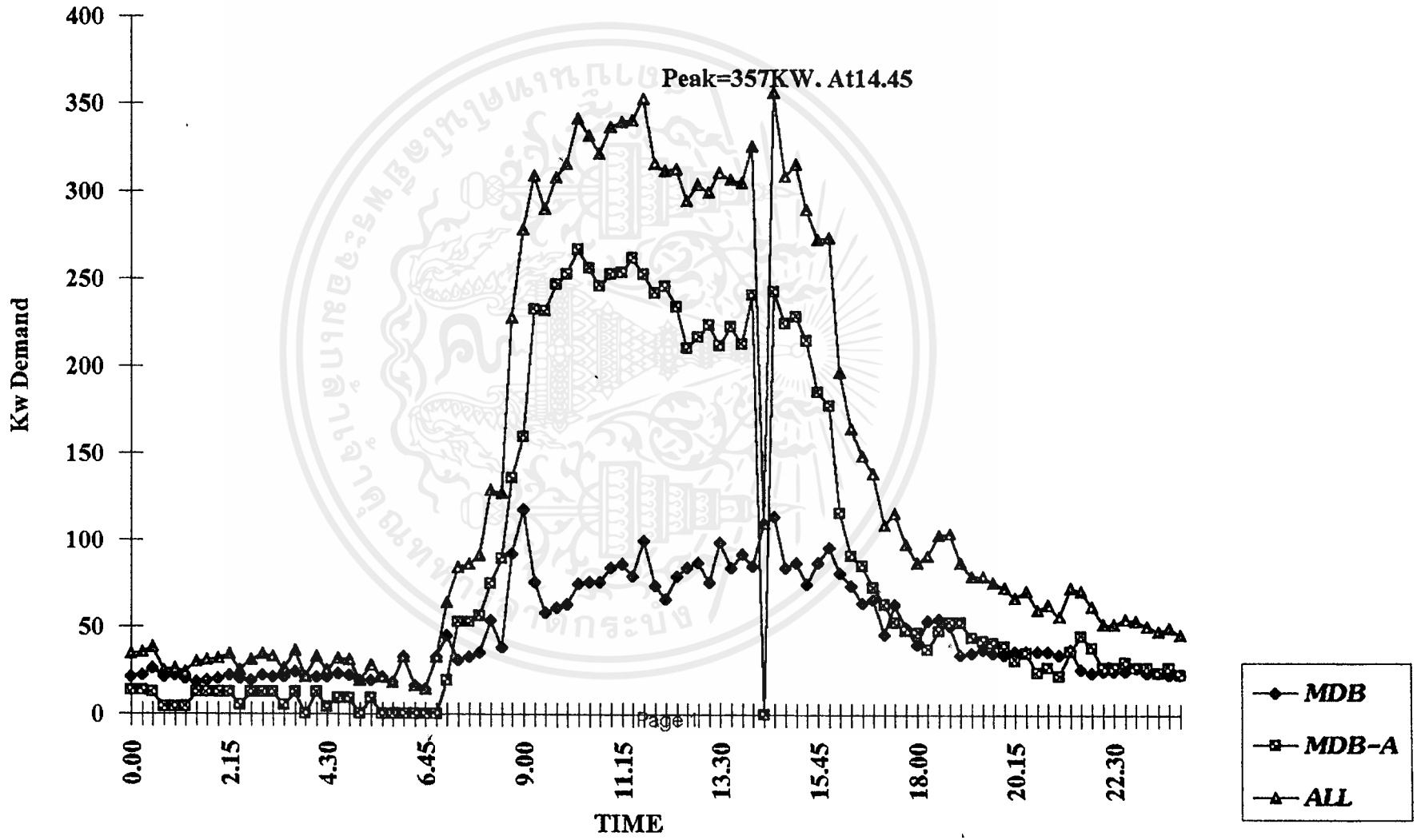
Load Curve of Tuesday

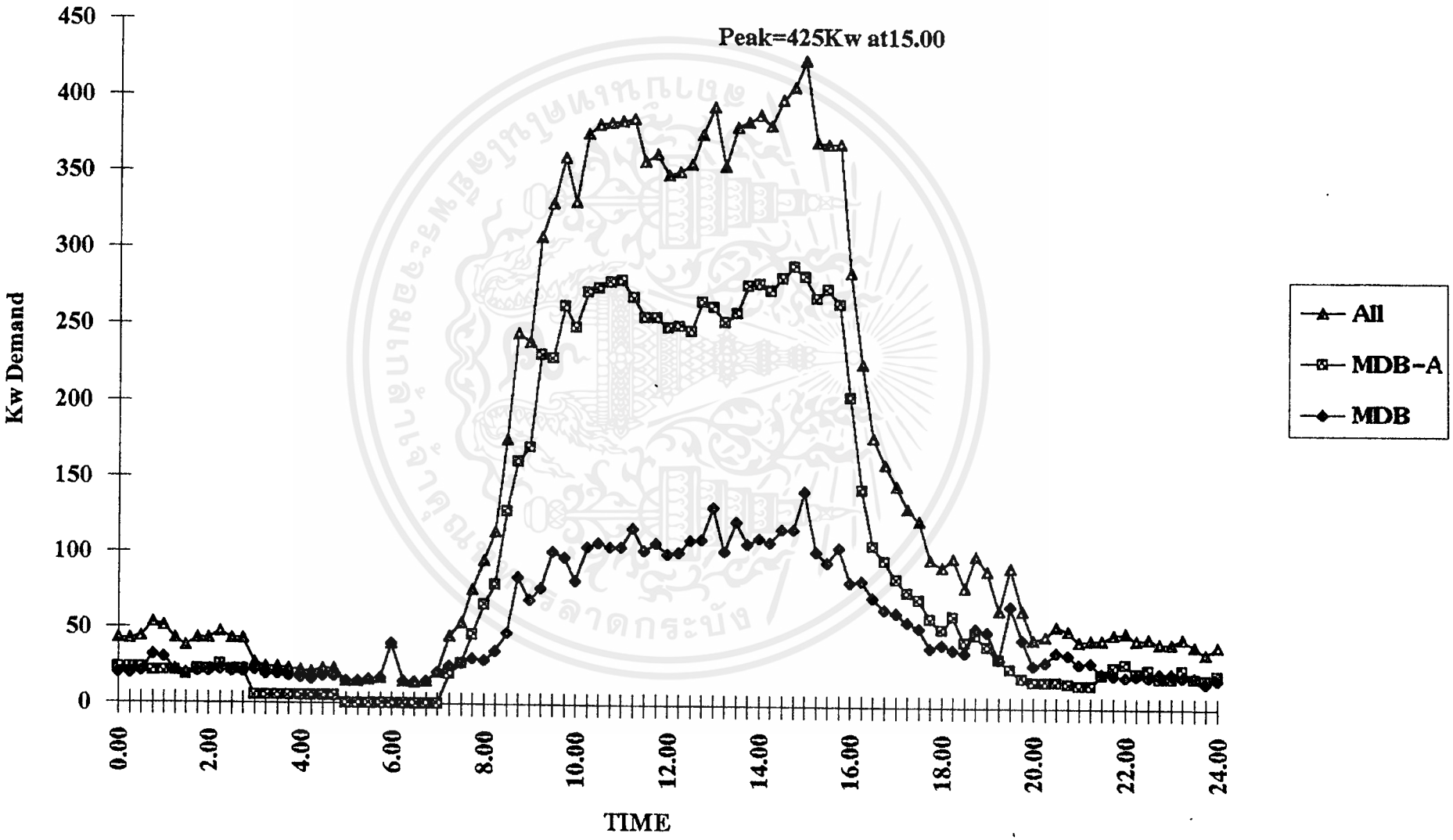


Load Curve of Wednesday

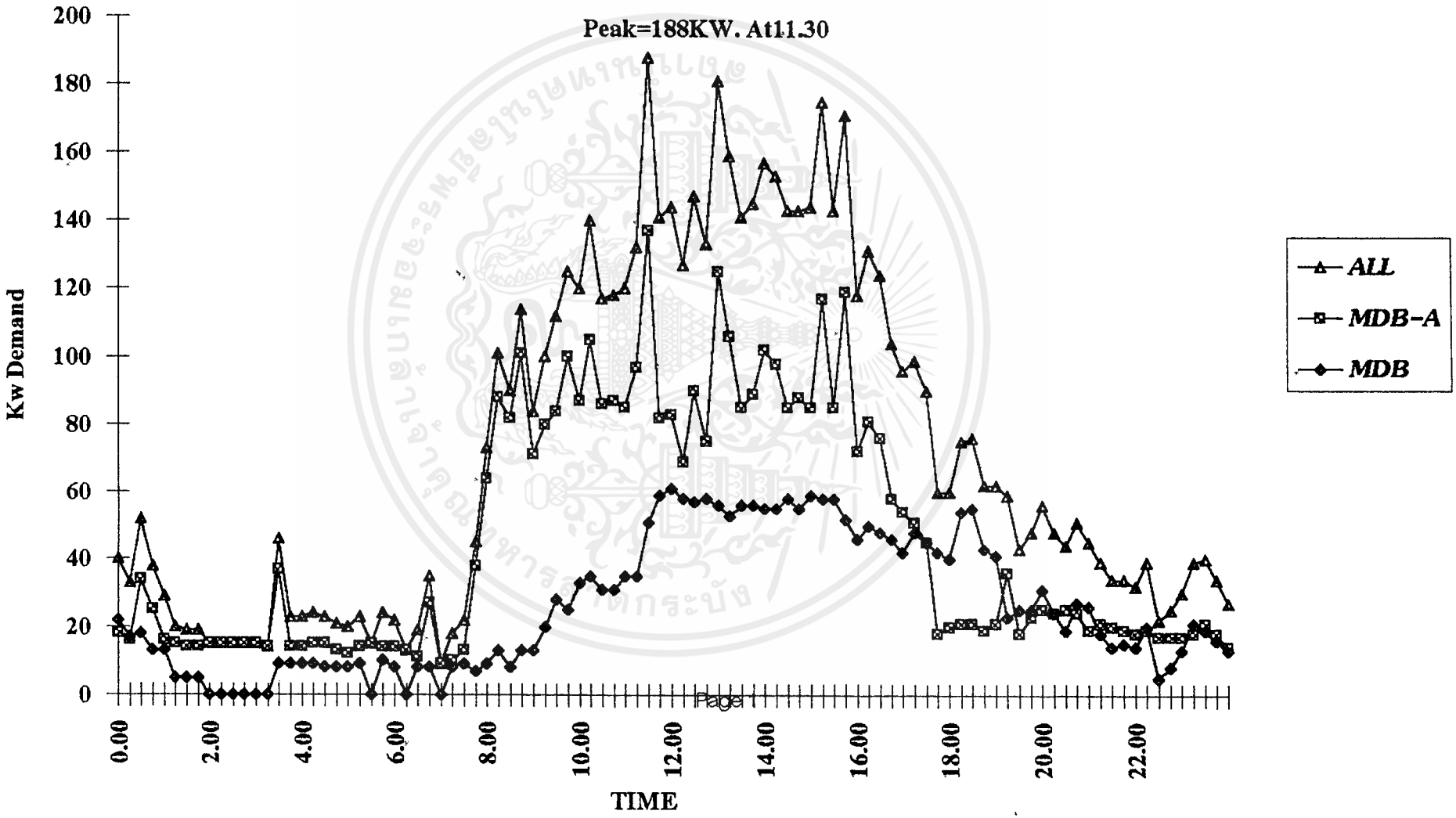


Load Curve of Thursday




Load Cure of Friday
Peak=425Kw at15.00
Kw Demand
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00
12.00
14.00
16.00
18.00
20.00
22.00
24.00
TIME
All
MDB-A
MDB

Load Curve at Saturday



ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

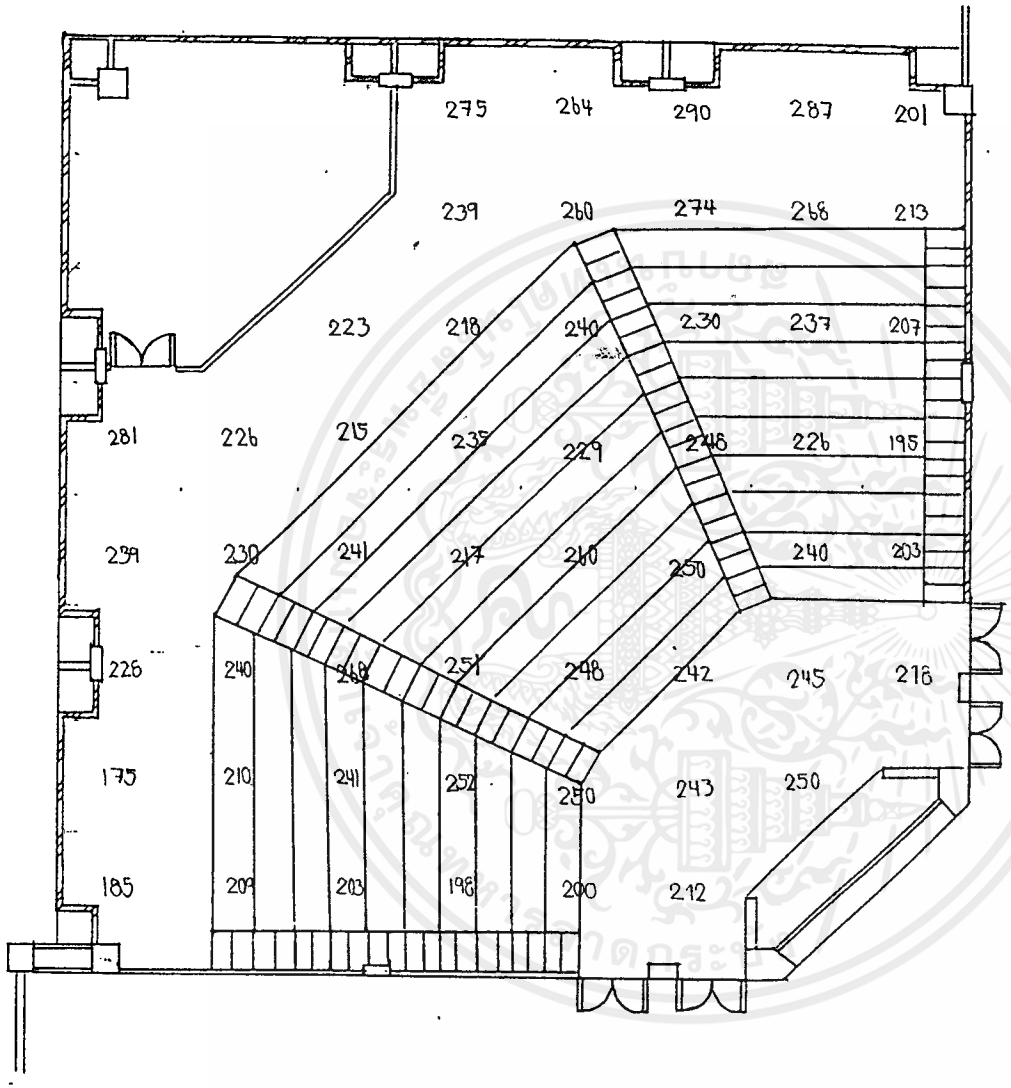
รูปประกอบการแสดงค่าความสว่างของแต่ละชั้น
ภายในอาคาร 12 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสรุปมาตรฐานแสงสว่างตามประกาศกระทรวงมหาดไทย

เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม (หมวด 2 แสงสว่าง)

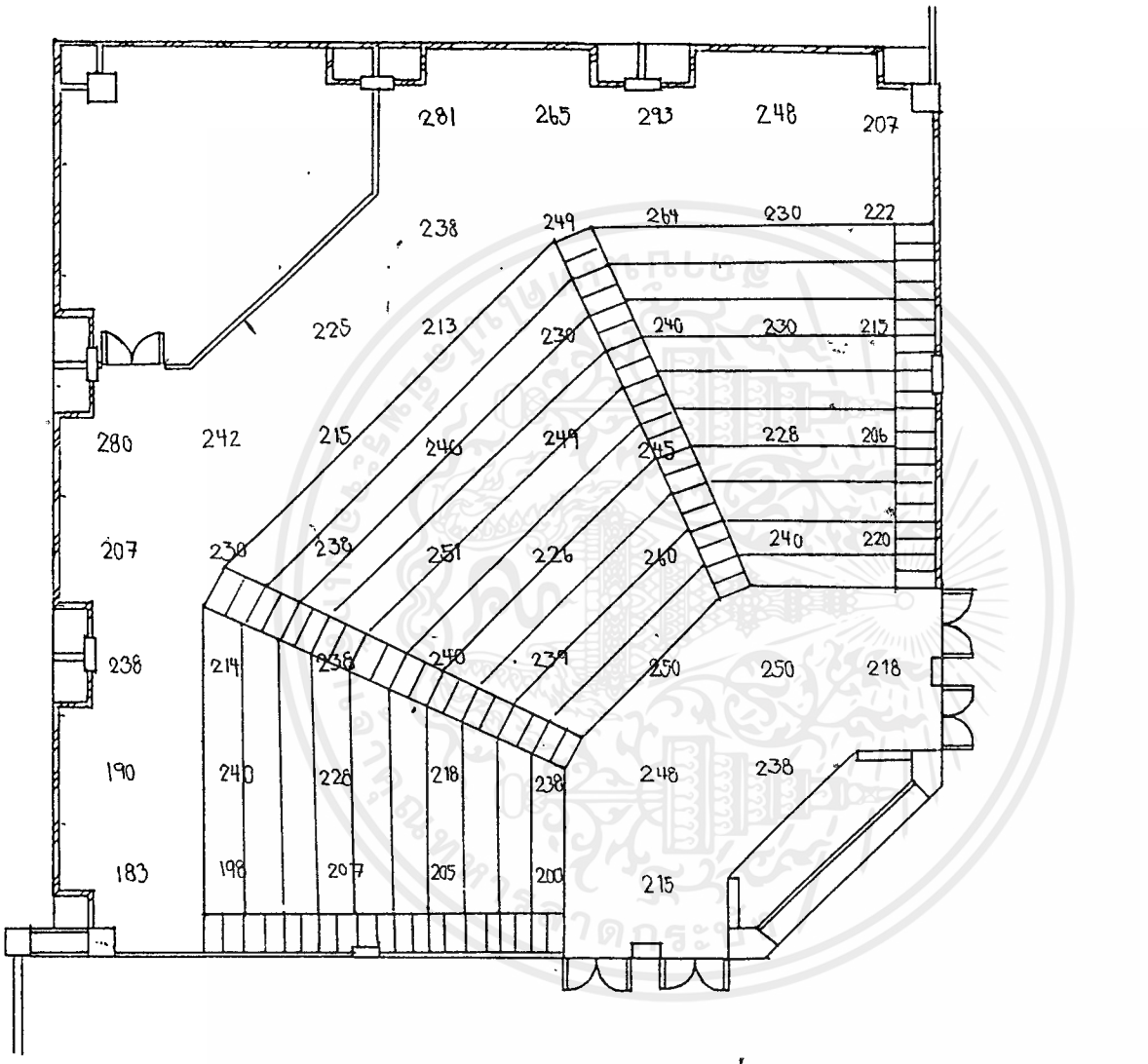
ลักษณะของงาน	ตัวอย่างลักษณะของงาน	มาตรฐานความสว่างไม่ต่ำกว่า (ลักซ์)
ทางเดินภายนอกอาคาร	-ถนน ทางเดินรอบอาคาร	20
ทางเดินภายในอาคาร	-ทางเดินภายในโกดัง ห้องเก็บวัสดุ ทางเดินเฉลียงบันได	50
งานที่ไม่ต้องการความละเอียด	-การขนย้ายช่อง การบรรจุ การบด การเกลียววัตถุชนิดหยาบ	50
งานที่ต้องการความละเอียดเล็กน้อย	-การผลิตหรือประกอบขึ้นงานอย่างหยาบ การสีข้าว การสางผ้าย	100
งานที่ต้องการความละเอียดปานกลาง	-การเย็บผ้า การเย็บหนัง การประกอบภาชนะ	200
งานที่ต้องการความละเอียดสูง	-การกลึงหรือแต่งโลหะ การซ่อมแซมเครื่องจักร ทอผ้า อ่านเขียนหนังสือ การตรวจตราและทดสอบผลิตภัณฑ์	300
งานที่ต้องการความละเอียดมากเป็นพิเศษ	-งานประกอบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก นาฬิกา การเจียรไนเพชรพลอย การเย็บผ้าที่มีสีมืดทึบ	1000



ห้องเรียน slope 1

scale 1: 200

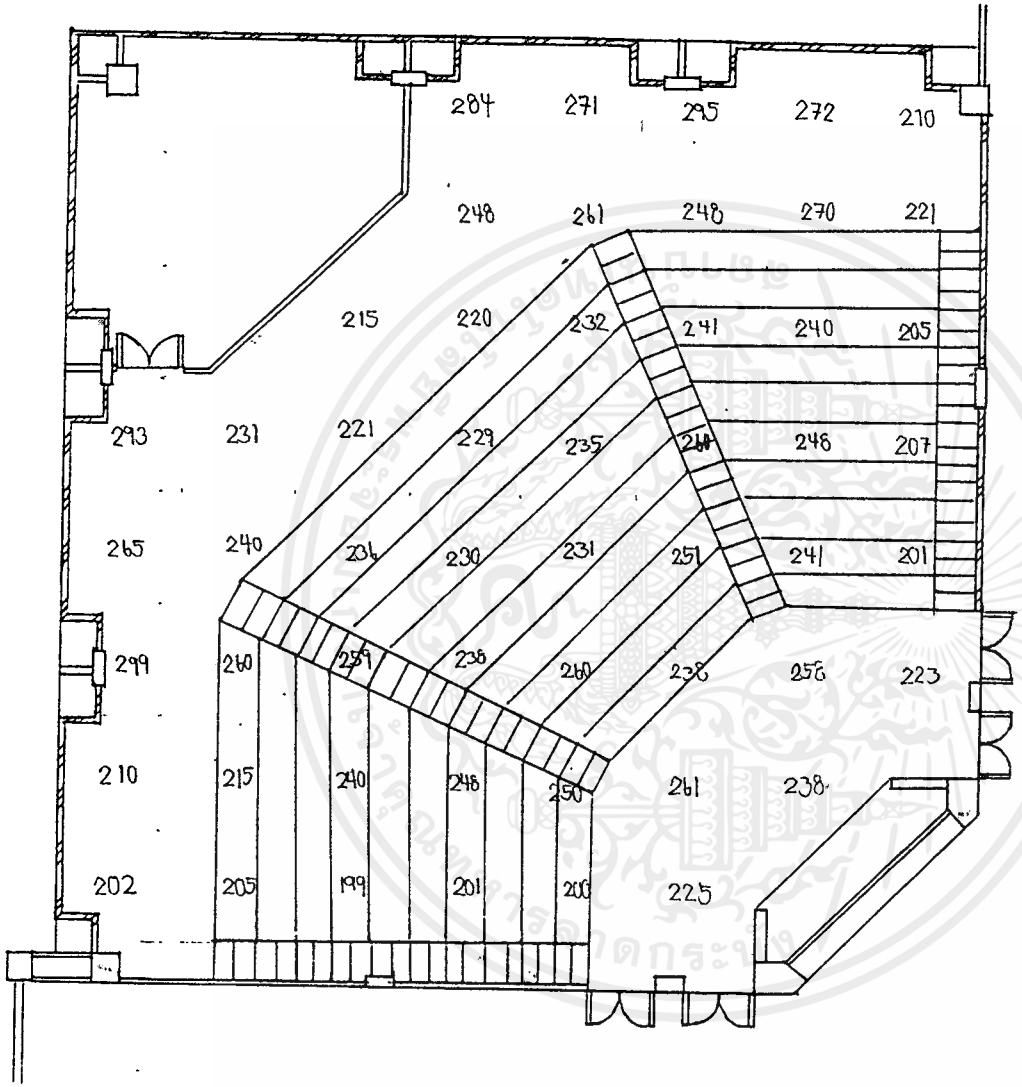
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น



ห้องเรียน slope 2

scale 1: 200

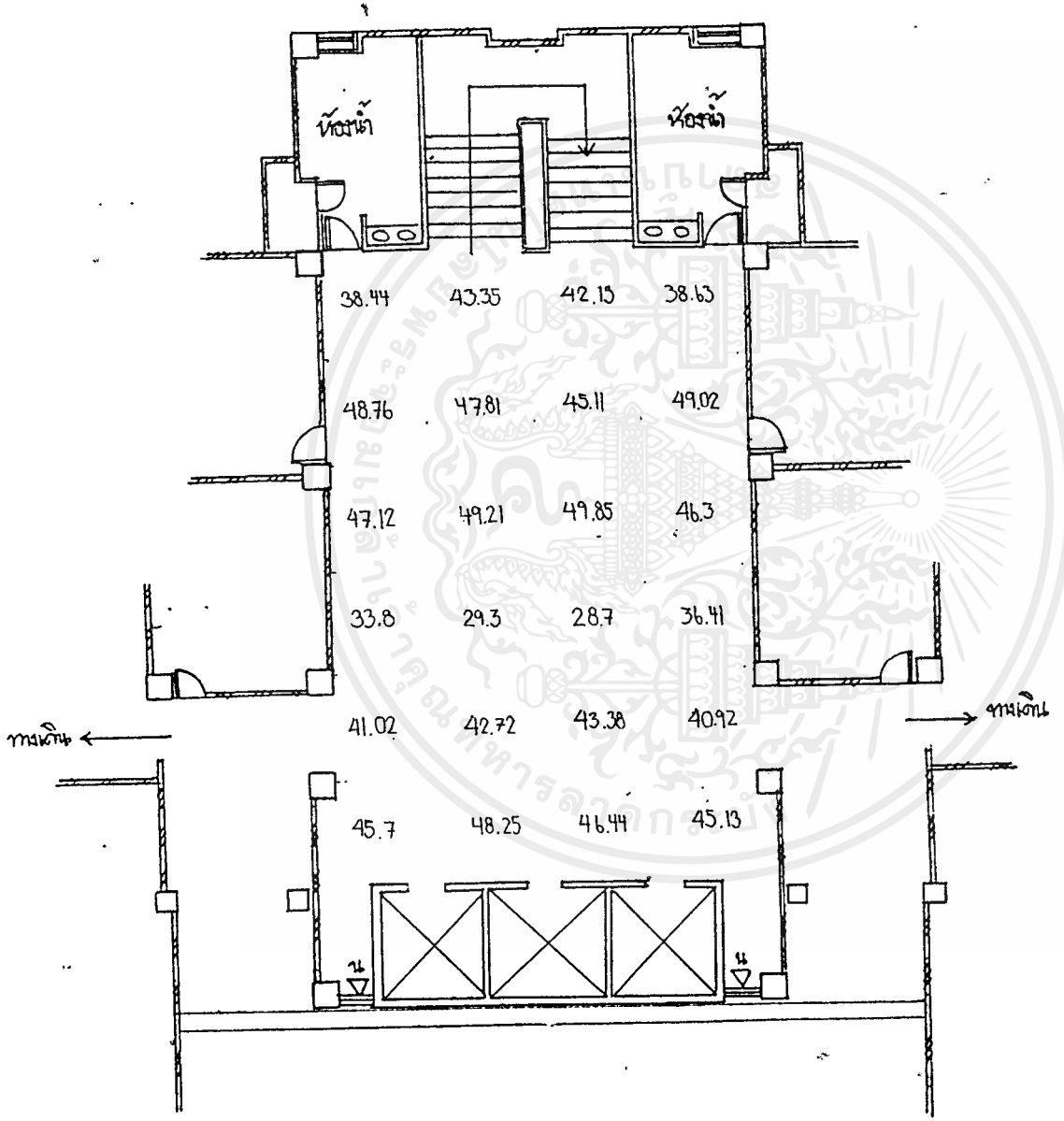
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ห้องเรียน slope 4

scale 1: 200

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

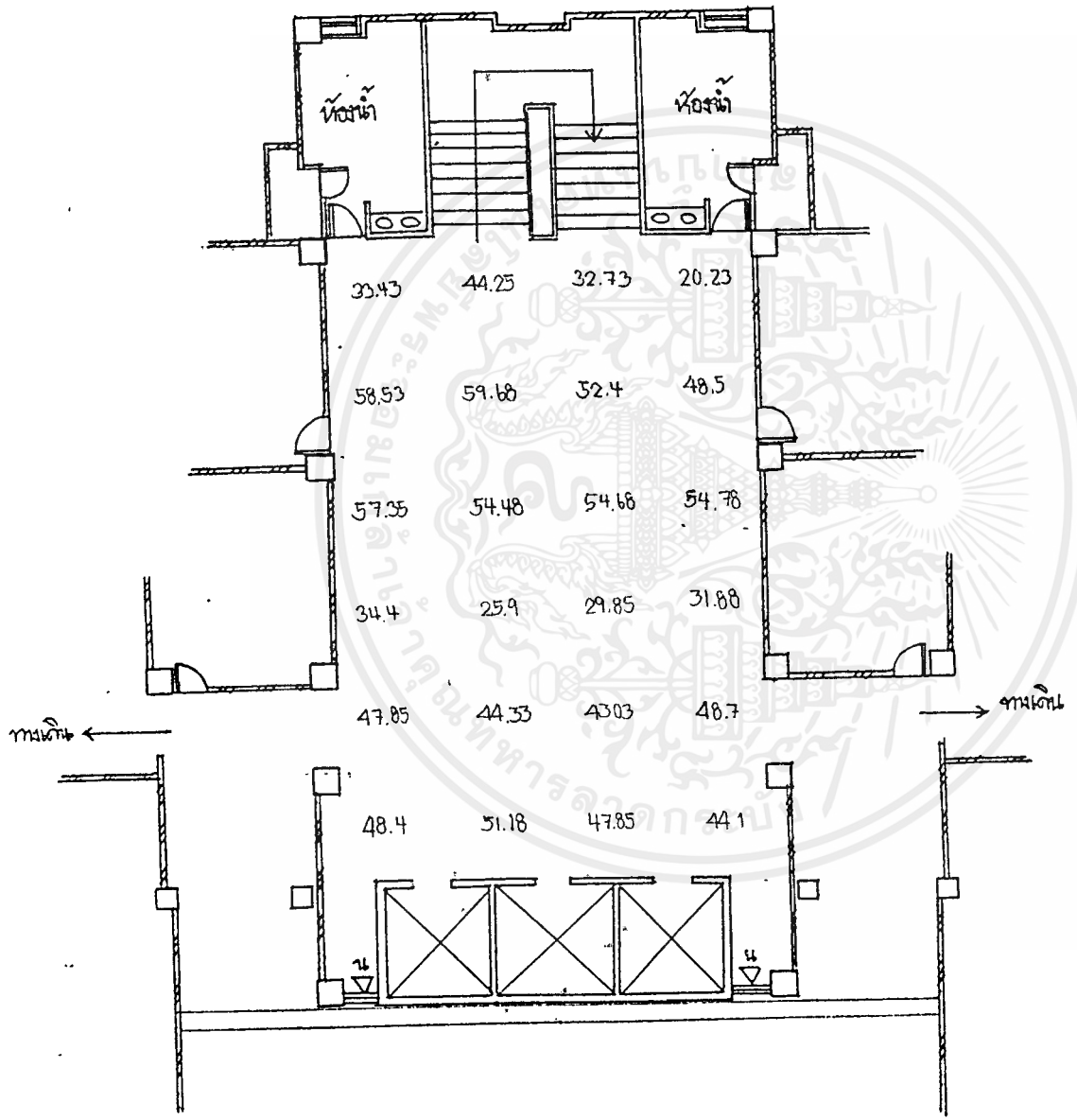


ห้องโถงชั้น 1

scale 1 : 200

- ค่าในรูปเป็นแบบเปิดไฟตามเว้นตาม
- เป็นค่าเฉลี่ยจาก 4 จุดโดยรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

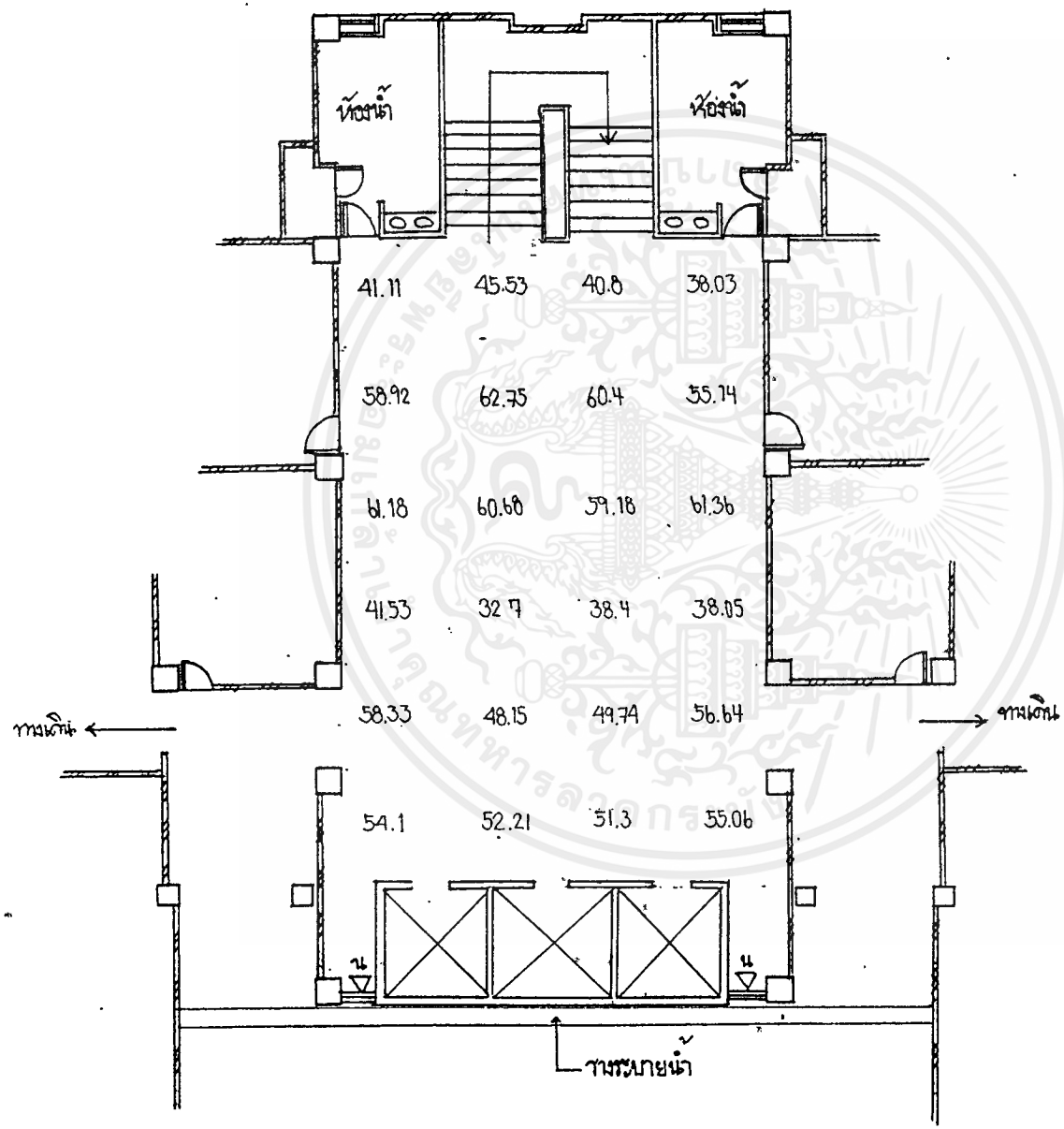


ห้องโถงชั้น 2

scale 1 : 200

- ค่าในรูปเป็นแบบเปิดไฟตามเส้นตาง
- เป็นค่าเฉลี่ยจาก 4 จุด โดยรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การโฆษณา หรือการแสวงหาผลประโยชน์ในรูปแบบอื่นใด ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

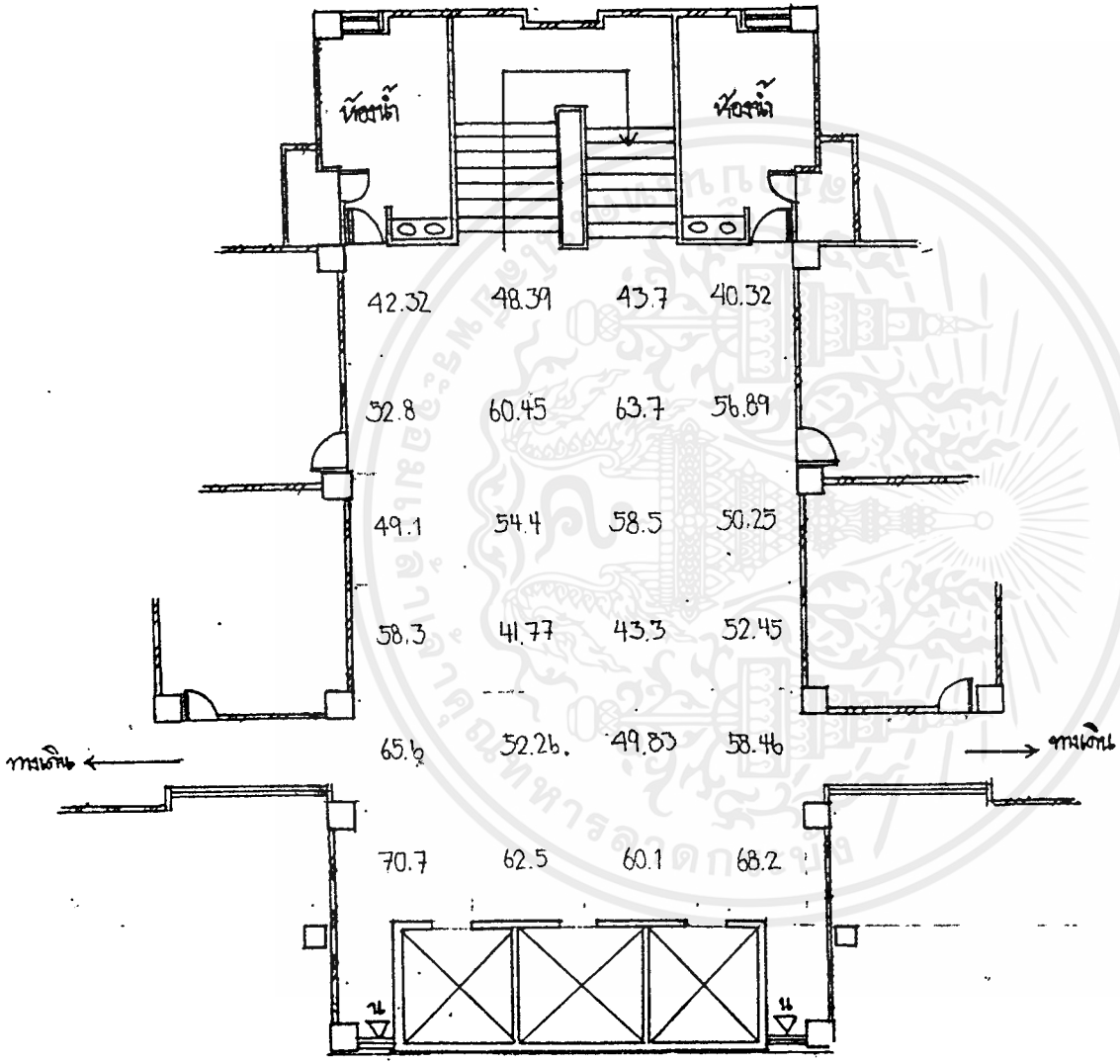


ห้องโถงชั้น 3

scale 1:200

- ค่าในรูปเป็นแบบเปิดไฟตามเส้นตาราง
- เป็นค่าเฉลี่ยจาก 4 จุดโดยรอบ

ใช้ในการศึกษาเท่านั้น ห้ามมิให้นำไปใช้ในการค้า ทั้งนี้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้ง

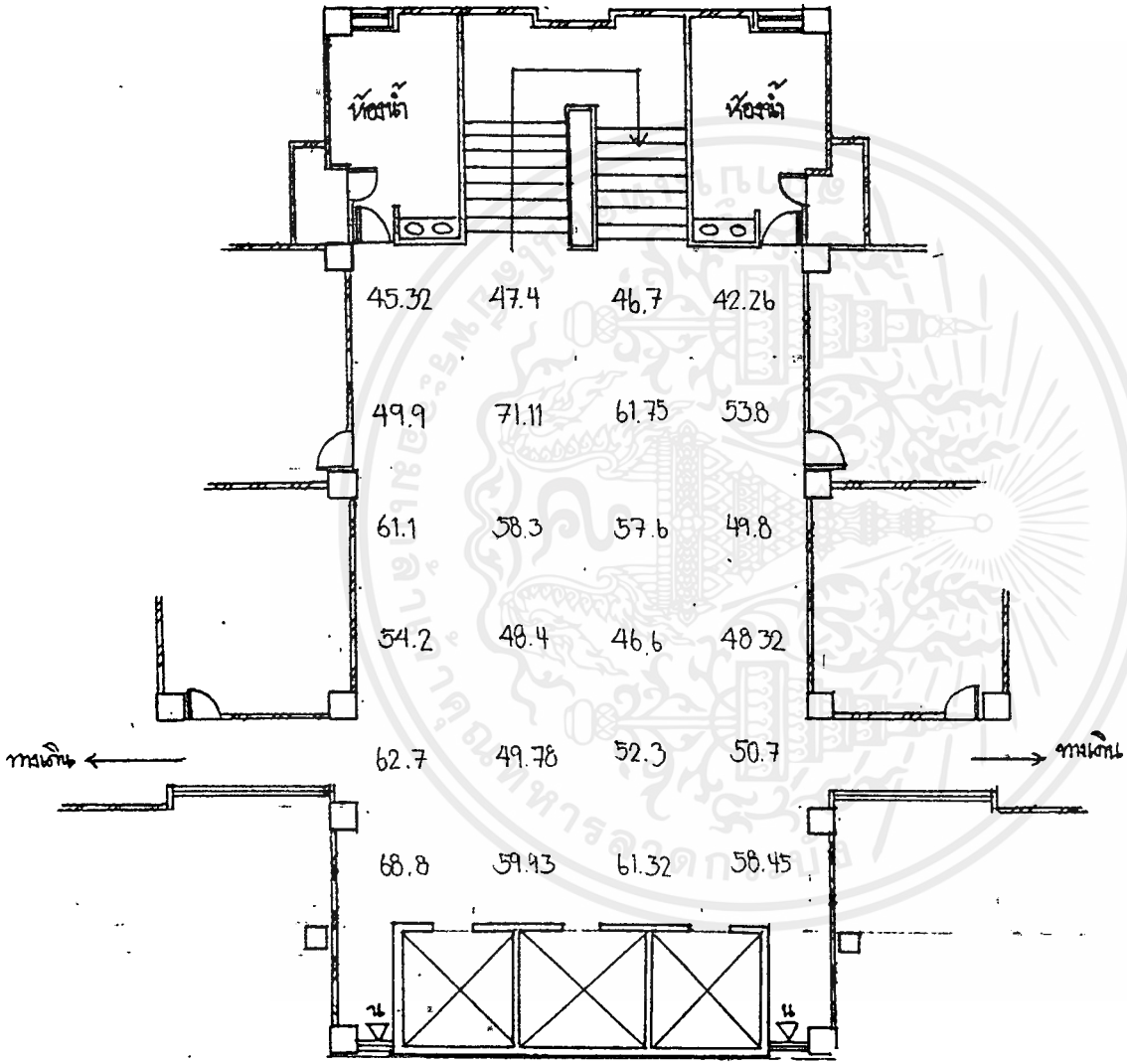


ห้องโถงชั้น 4

scale 1:200

- ค่าในรูปเป็นแบบเปิดไฟตามจริงเสมอ
- เป็นค่าเฉลี่ยจาก 4 จุดโดยรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ หรือแสวงหาผลประโยชน์ หรือนำไปเผยแพร่ต่อ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

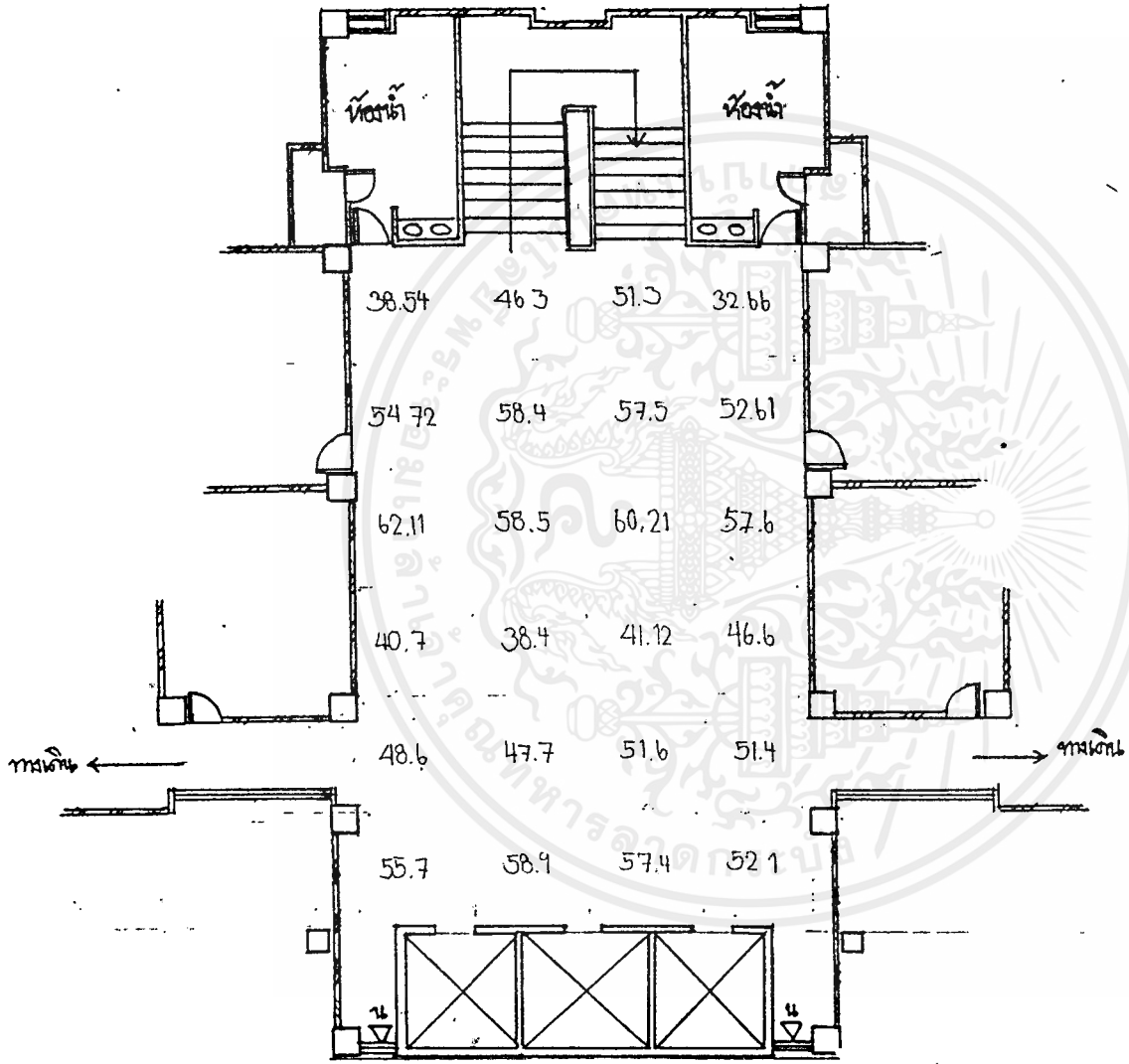


ห้องโถงชั้น 5

scale 1:200

- ค่าในรูปเป็นแบบเปิดไฟตามเว้นตาม
- เป็นค่าเฉลี่ยจาก 4 จุดโดยรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า การแสวงหาผลประโยชน์ หรือการใช้งานอื่นใดที่ขัดต่อกฎหมาย ทั้งนี้ ผู้ใช้งานต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้งาน

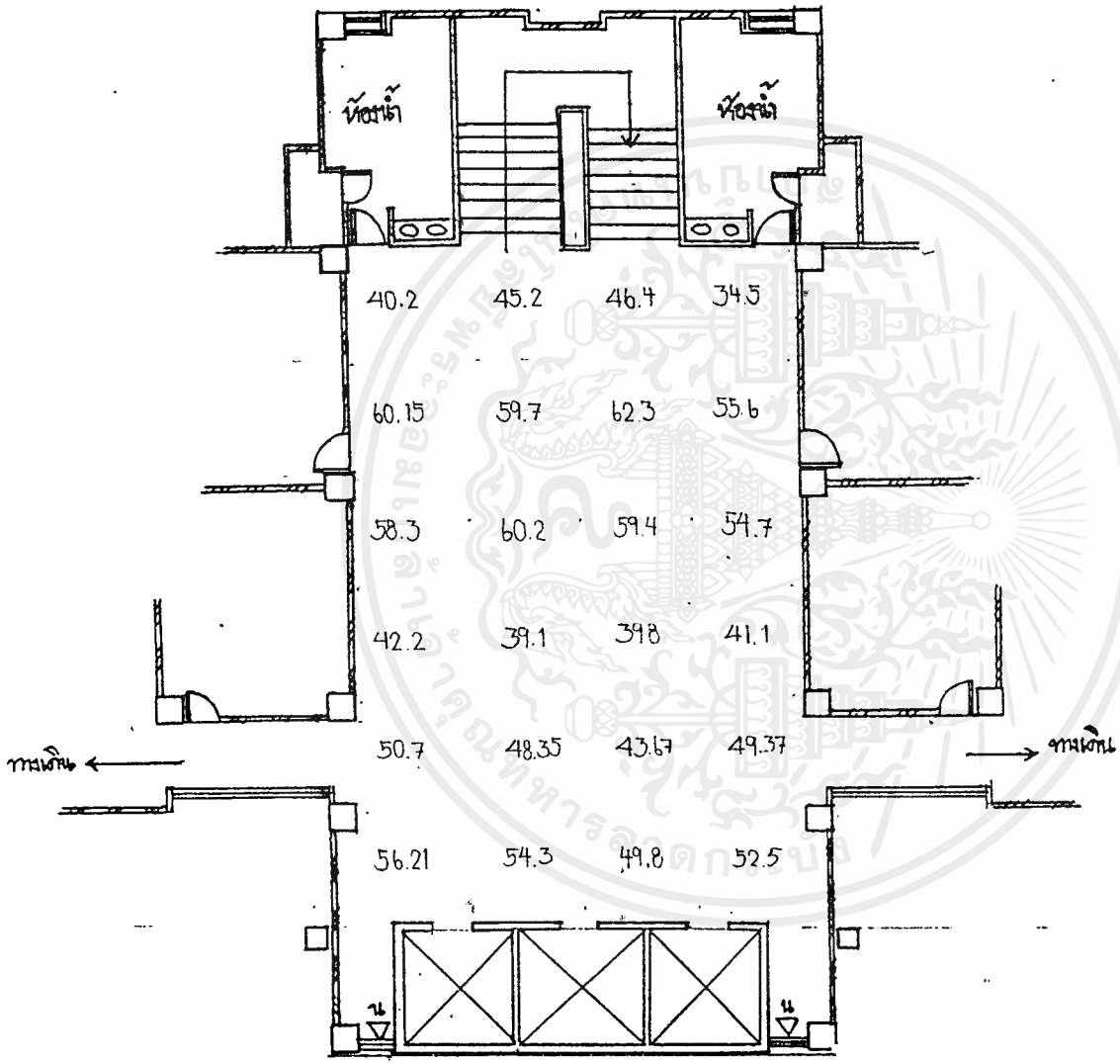


ห้องโถงชั้น 6

scale 1:200

- ค่าในรูปเป็นแบบเปิดไฟตามเงินตาม
- เป็นค่าเฉลี่ยจาก 4 จุดโดยรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ หรือแสวงหาผลประโยชน์ หรือนำไปเผยแพร่ต่อ ในรูปแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์ หรือสื่อสิ่งพิมพ์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

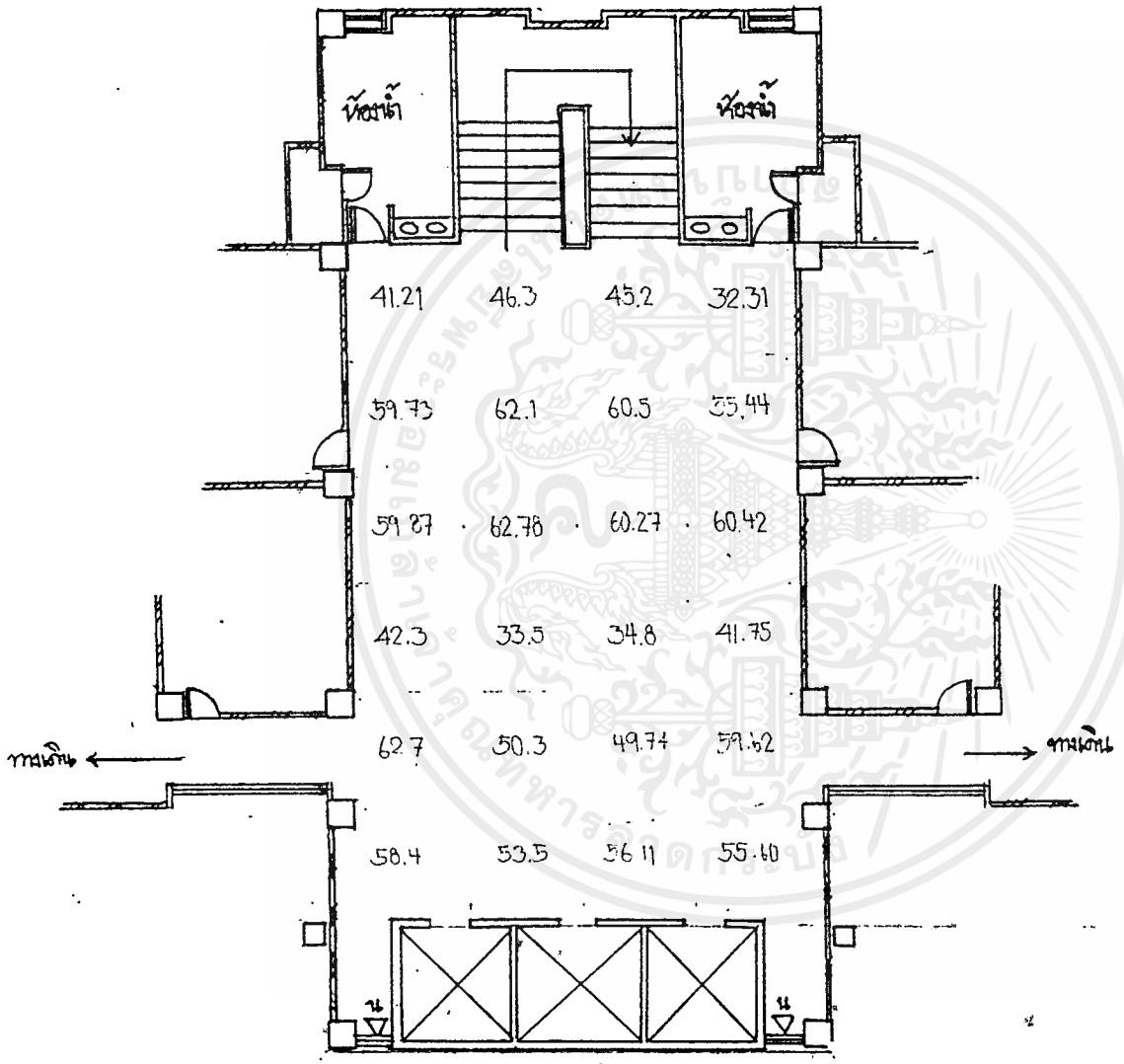


ห้องโถงชั้น 7

scale 1 : 200

- ค่าในรูปเป็นแบบเปิดไฟทางเว้นทาง
- เป็นค่าเฉลี่ยจาก 4 จุดโดยรอบ

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ห้ามดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

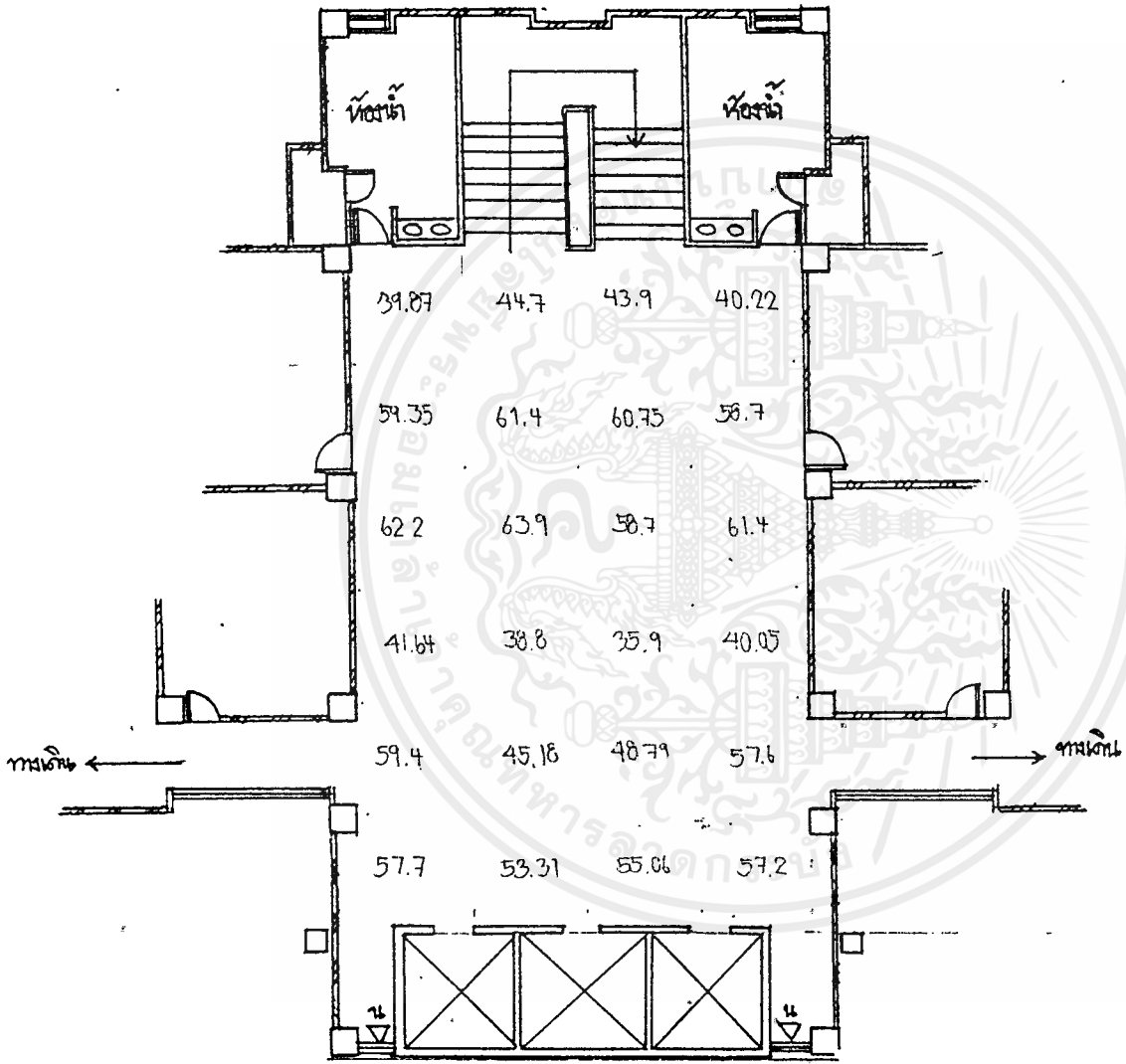


ห้องโถงชั้น 8

scale 1 : 200

- ค่าในรูปเป็นแบบเปิดไฟตามจุดต่างๆ
- เป็นค่าเฉลี่ยจาก 4 จุดโดยรอบ

ลิขสิทธิ์เป็นของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

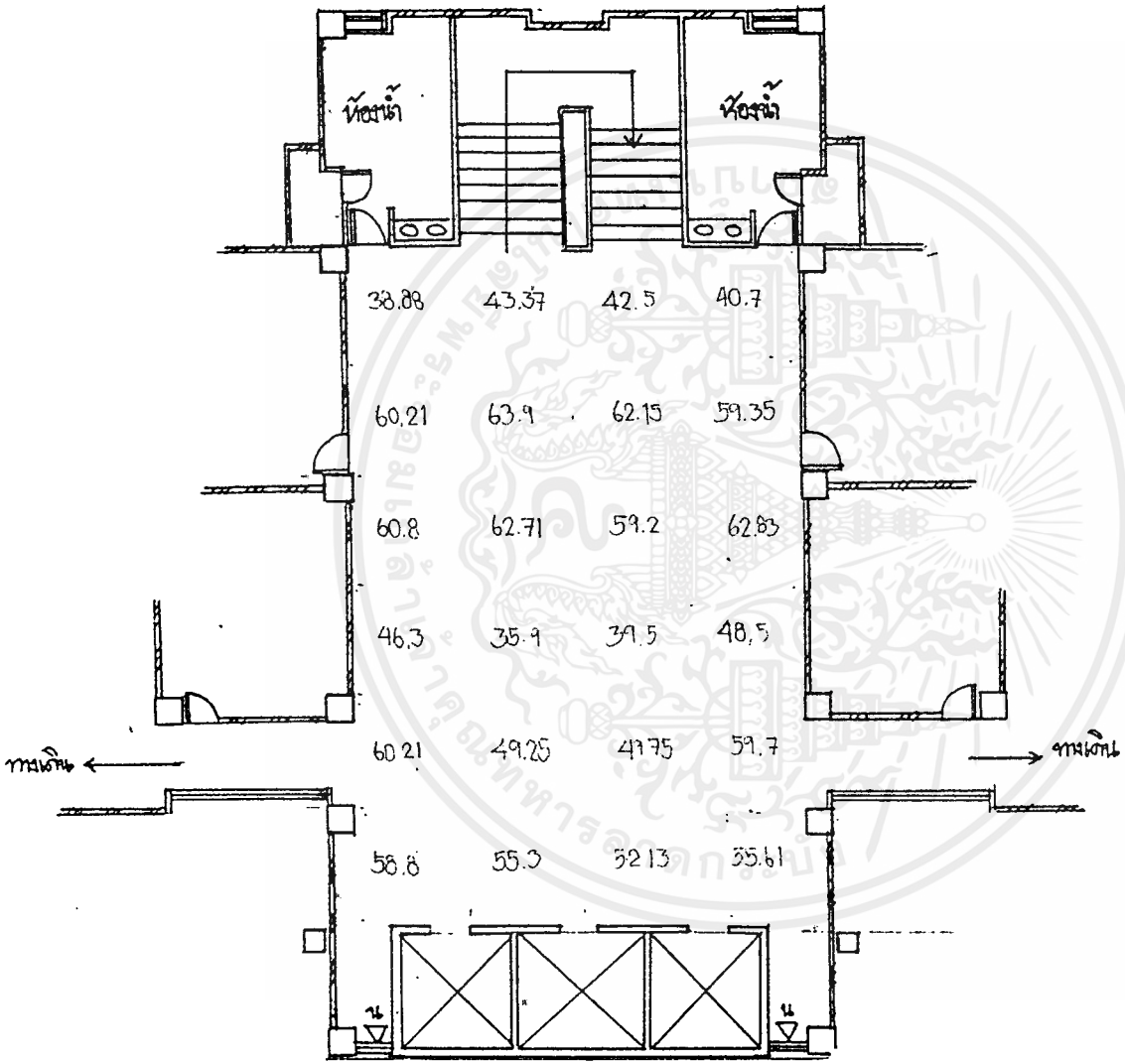


ห้องโถงชั้น 9

scale 1:200

- ค่าในรูปเป็นแบบเปิดไฟตามเวินตาม
- เป็นค่าเฉลี่ยจาก 4 จุดโดยรอบ

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

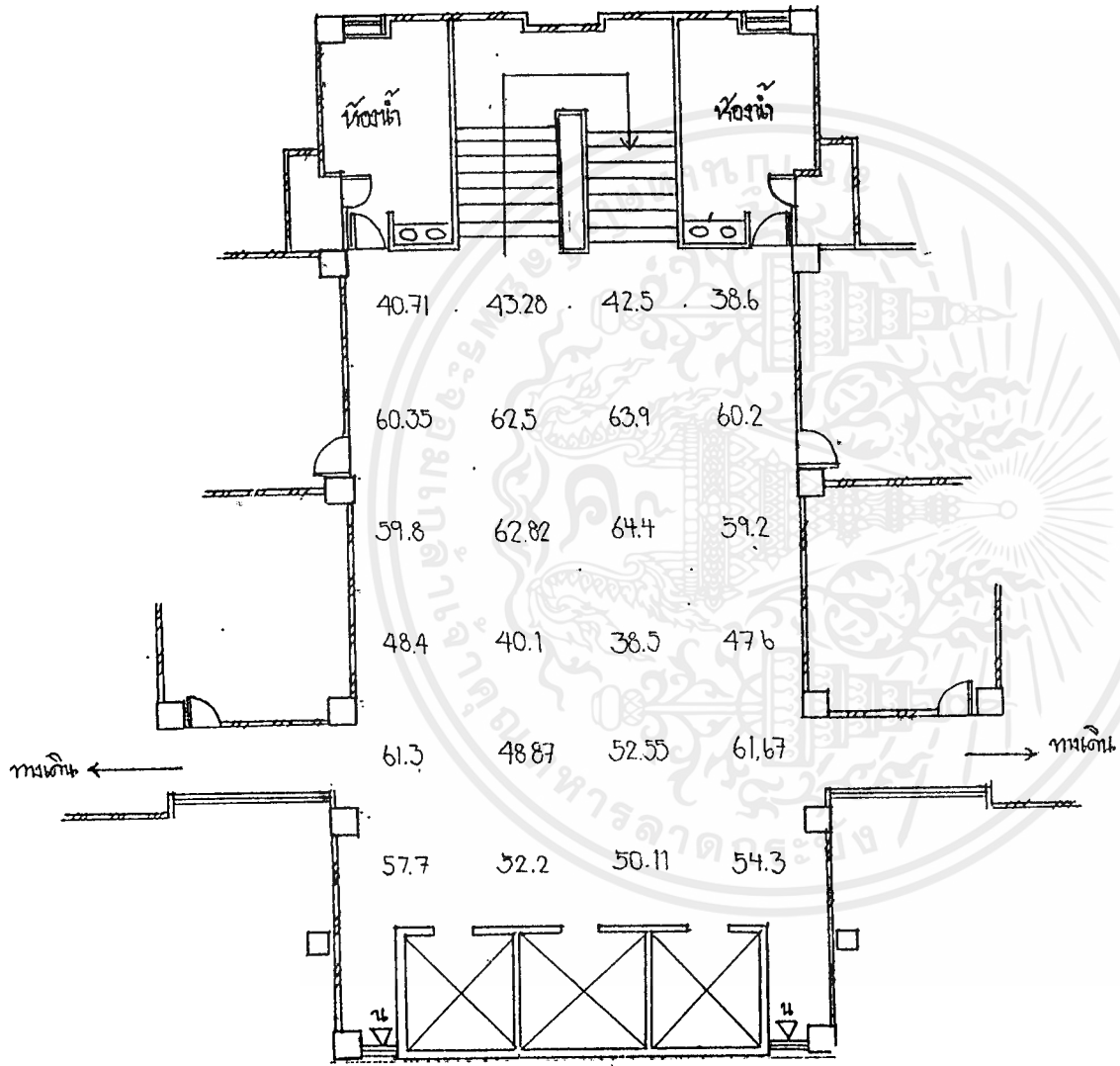


ห้องโถงชั้น 10

scale 1 : 200

- ค่าในรูปเป็นแบบเปิดไฟตามเว้นตาม
- เป็นค่าเฉลี่ยจาก 4 จุดโดยรอบ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในการแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

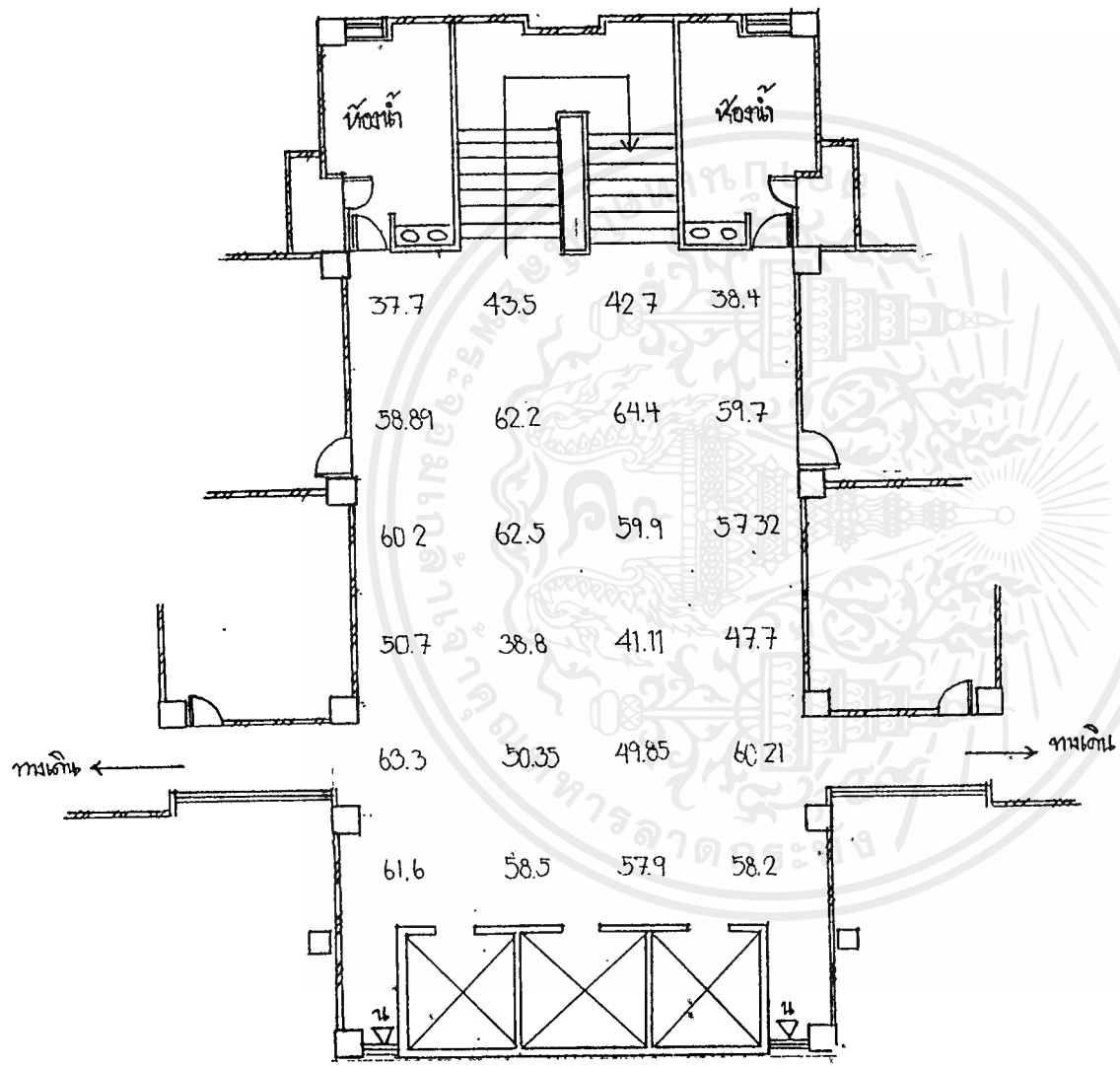


ห้องโถงชั้น 11

scale 1 : 200

- ค่าในรูปเป็นแบบเปิดไฟตามเว้นตาม
- เป็นค่าเฉลี่ยจาก 4 จุดโดยรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ หรือแสวงหาผลประโยชน์ ทั้งนี้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

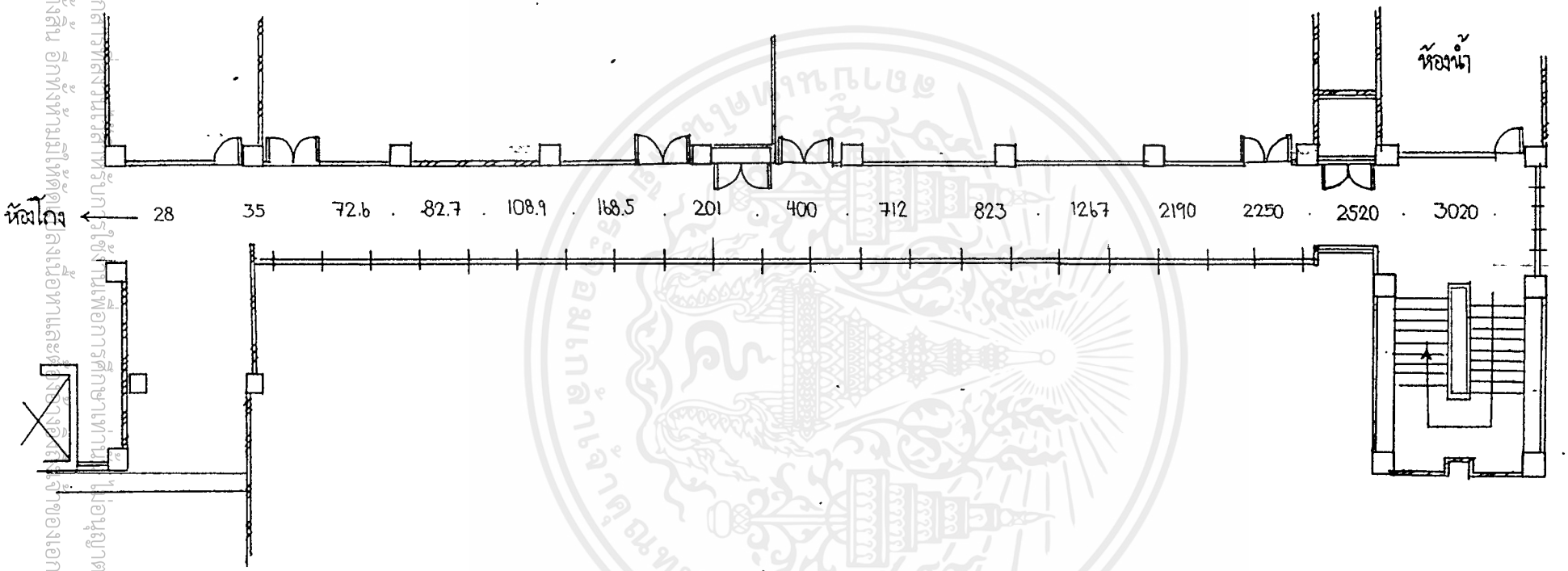


ห้องโถงชั้น 12

scale 1 : 200

- ค่าในรูปเป็นแบบเปิดไฟตามเว้นตาม
- เป็นค่าเฉลี่ยจาก 4 จุดโดยรอบ

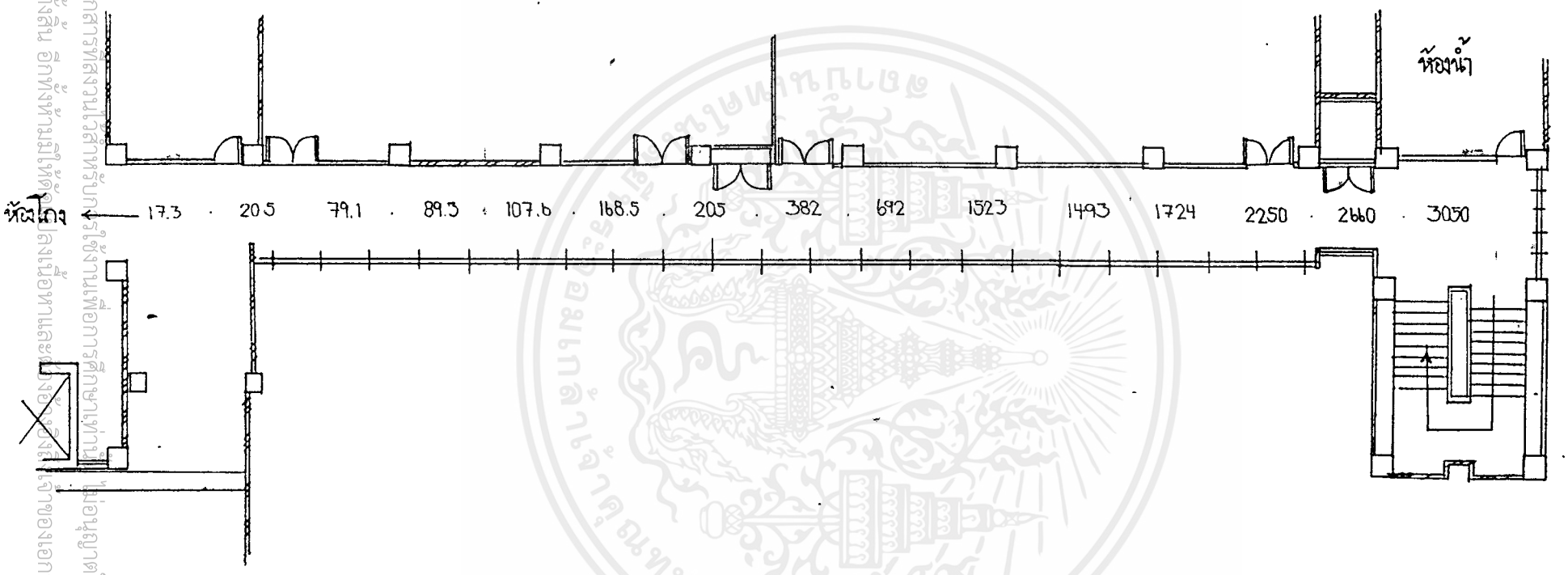
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ระเบียงด้านทะวันตก ชั้น 1

scale 1 : 200

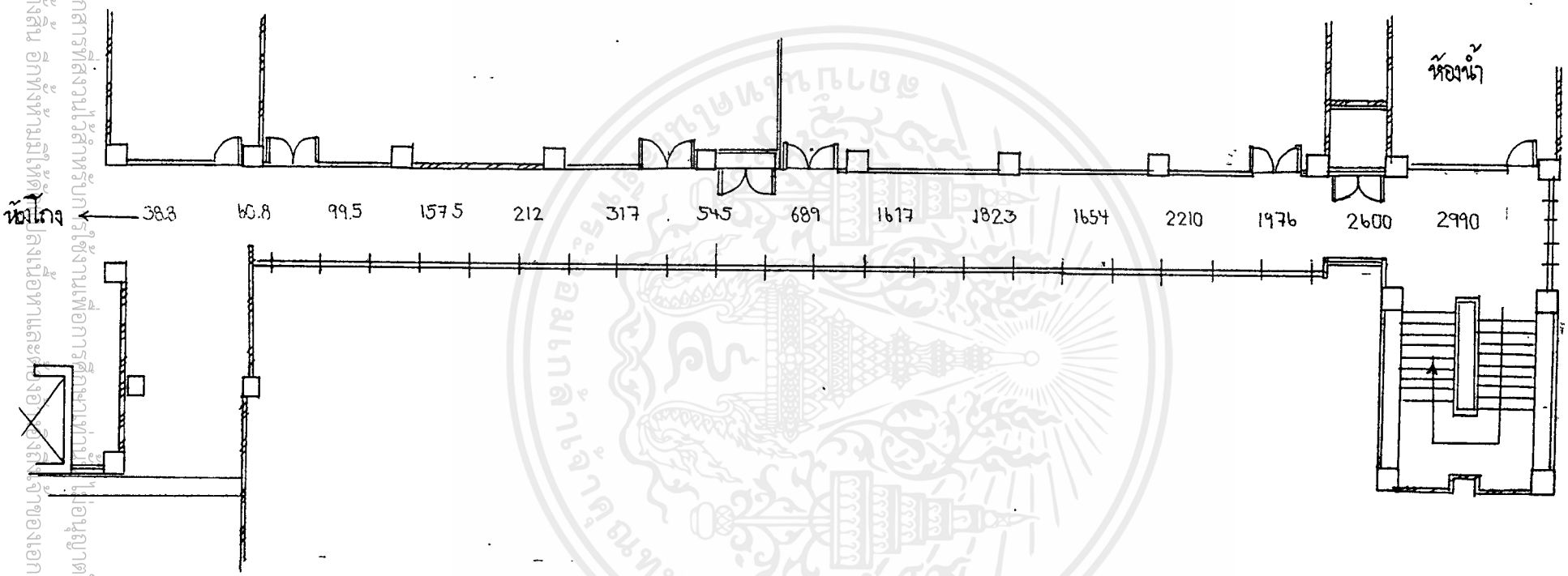
ลิขสิทธิ์ของสถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ระเบียงดัานตะวันตก ชั้น 2

scale 1 : 200

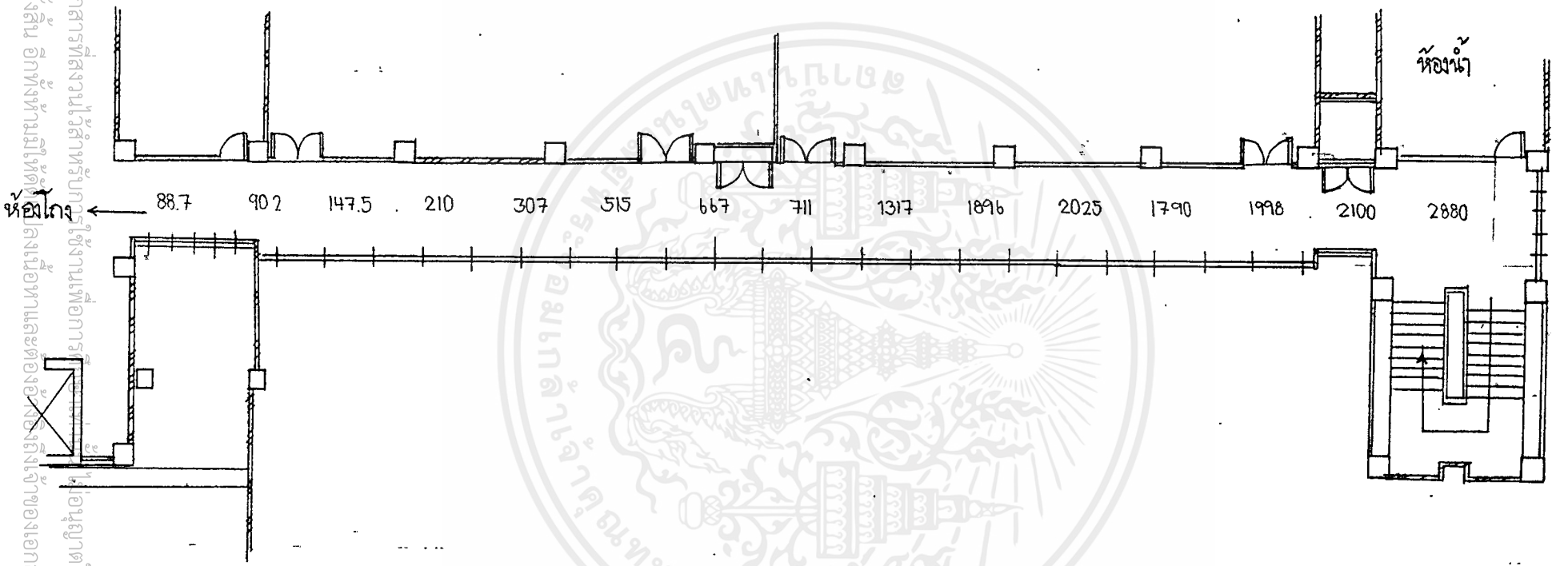
ลิขสิทธิ์เป็นของสถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ระเบียงด้านตะวันตก ชั้น 3

scale 1 : 200

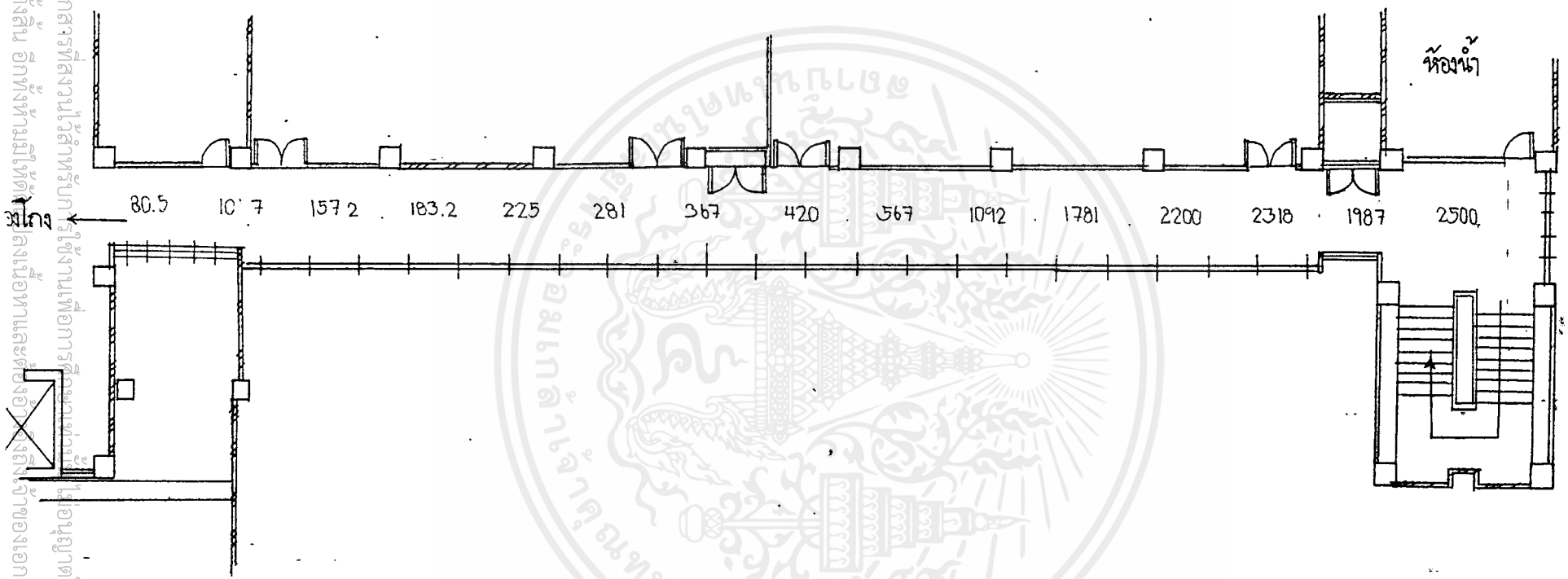
ลิขสิทธิ์เป็นของกรมศิลปากร ห้ามนำไปใช้ในการค้า



ระเบียงด้านตะวันตก ชั้น 4

scale 1 : 200

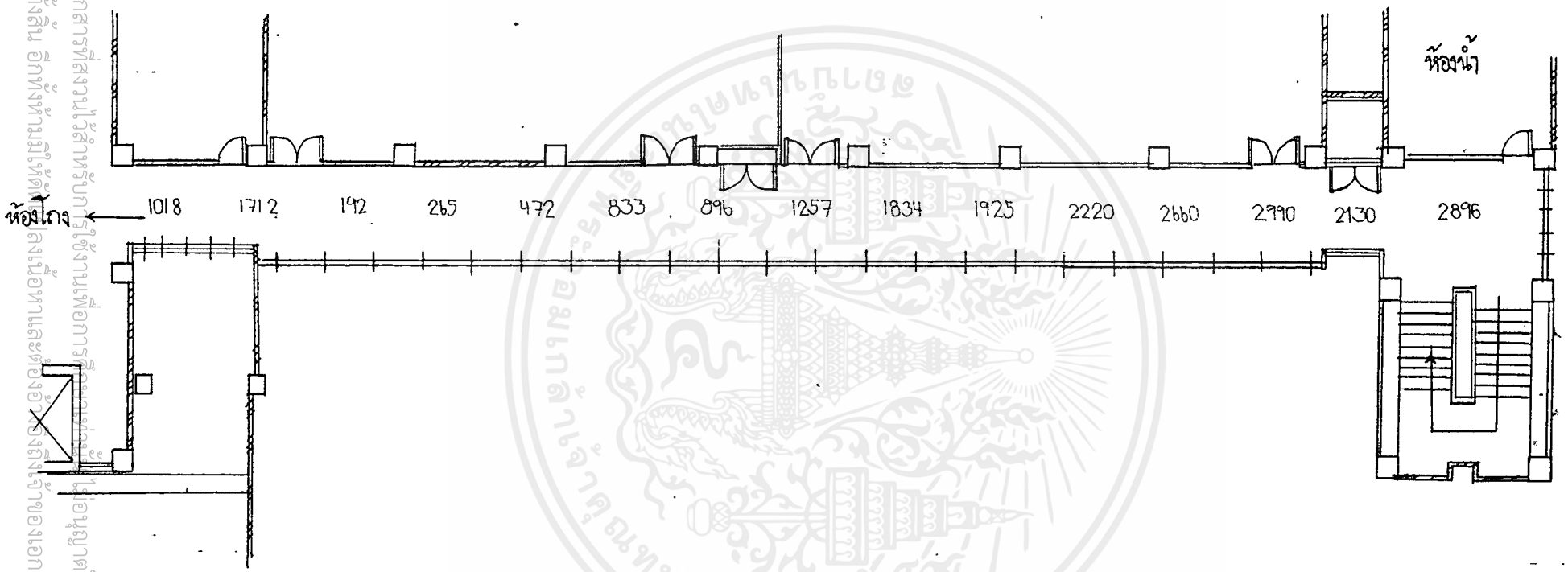
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ระเบียงด้านตะวันตก ชั้น 5

scale 1 : 200

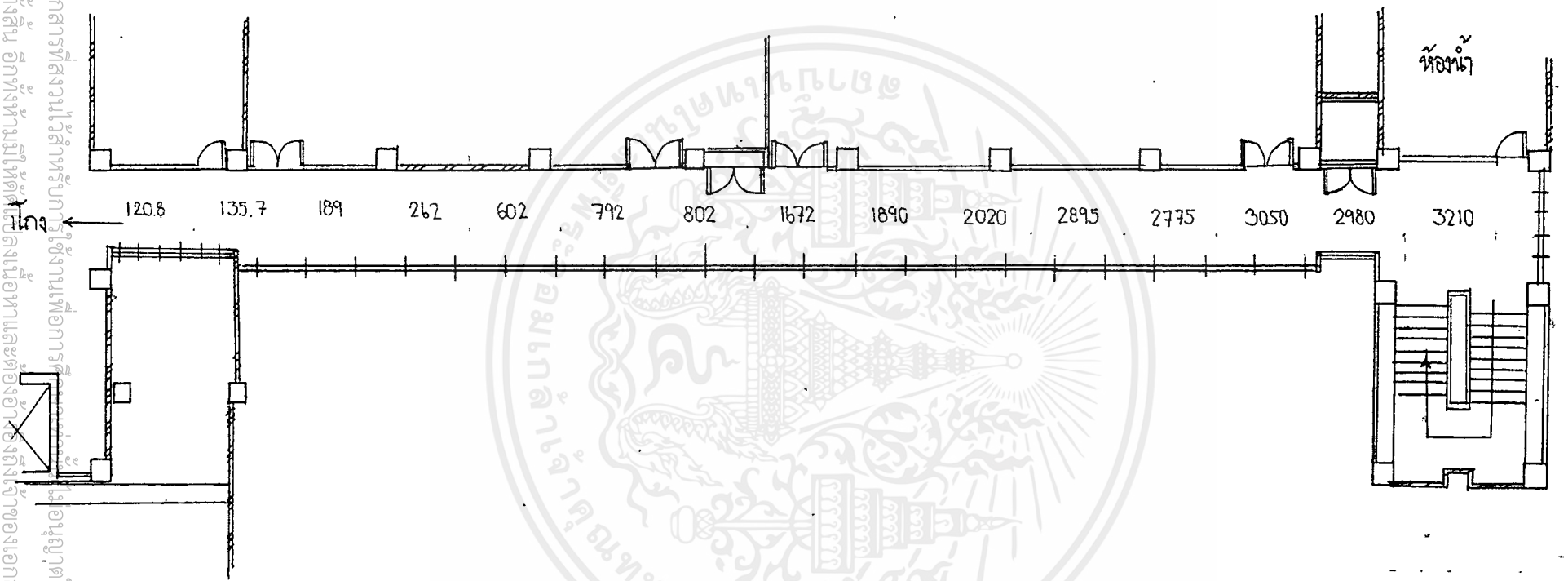
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือกระทำการใดๆ ในลักษณะอื่นใดแก่งานนี้ เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ระเบียงดินตะวันตก ชั้น 6

scale 1: 200

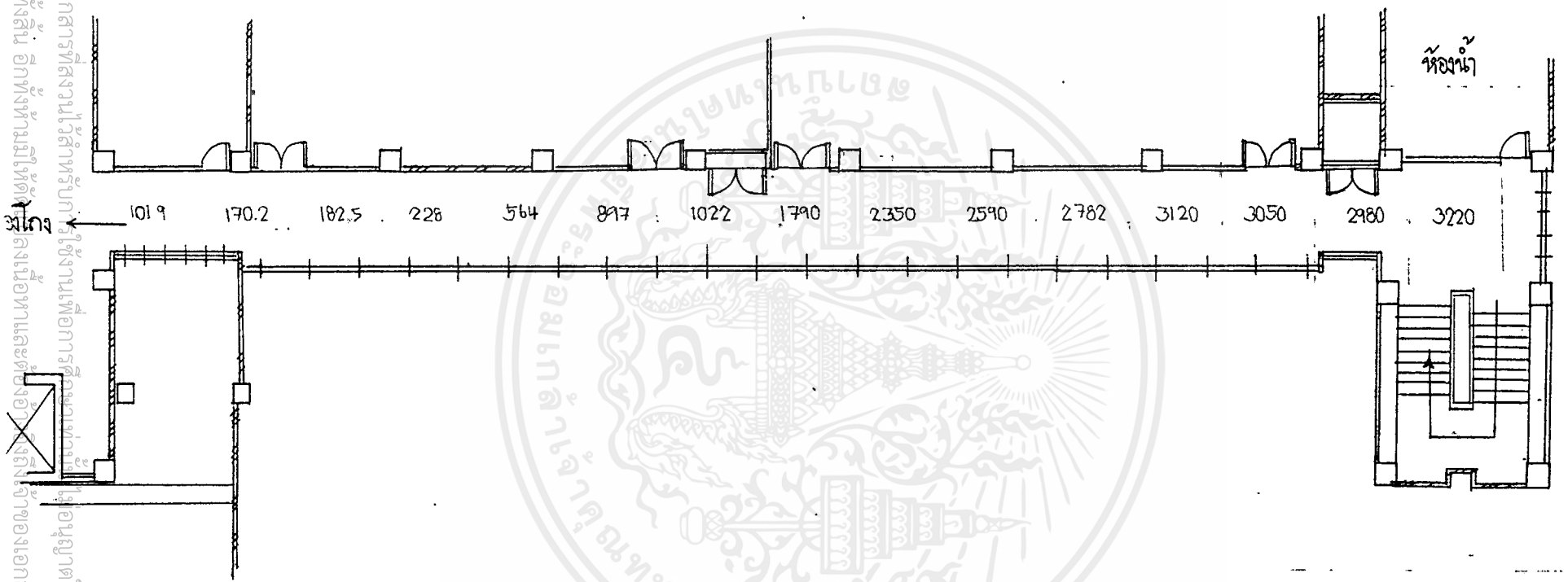
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น



ระเบียงด้านตะวันตก ชั้น 7

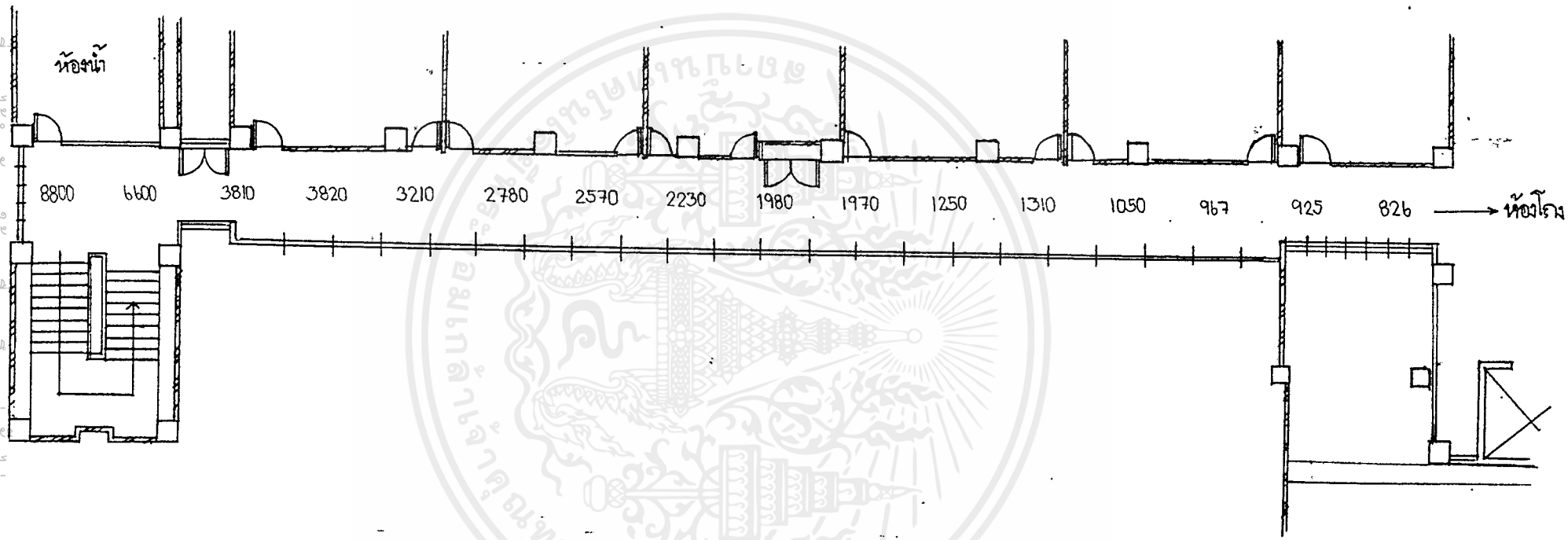
scale 1 : 200

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ระเบียงด้านตะวันตก ชั้น 8

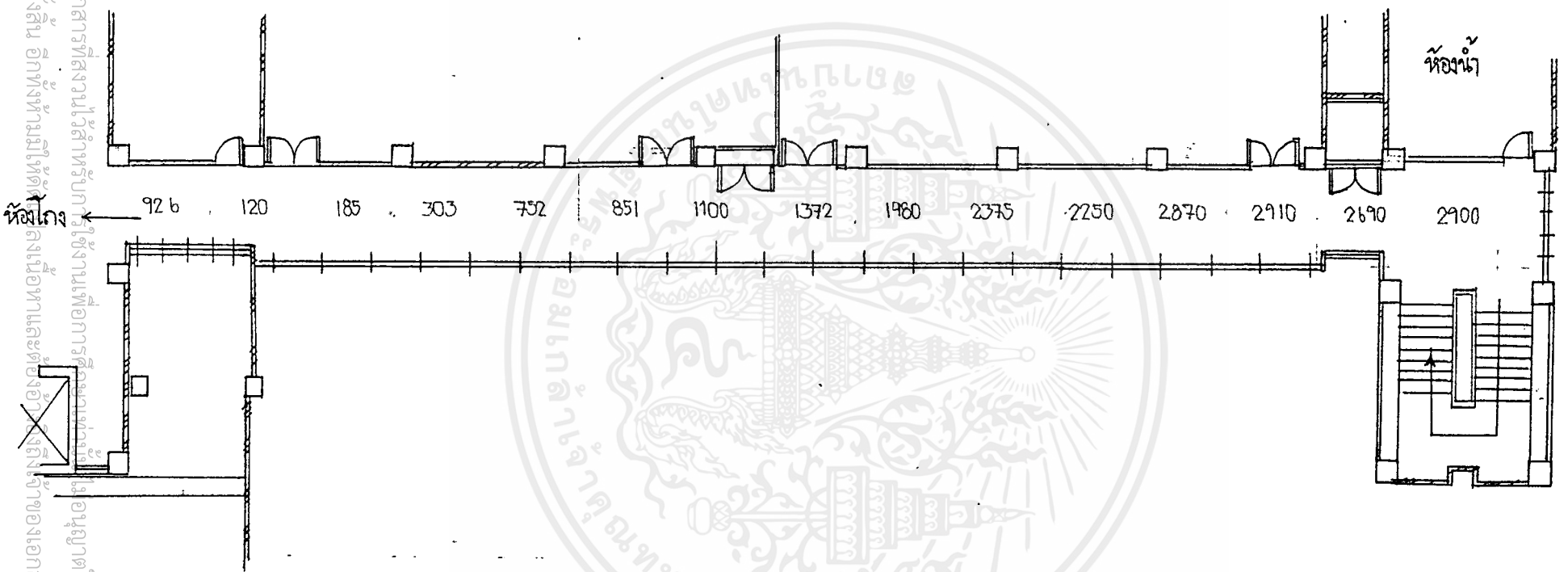
scale 1 : 200



ฉนียงด้านตะวันออก ชั้น 9

scale 1 : 200

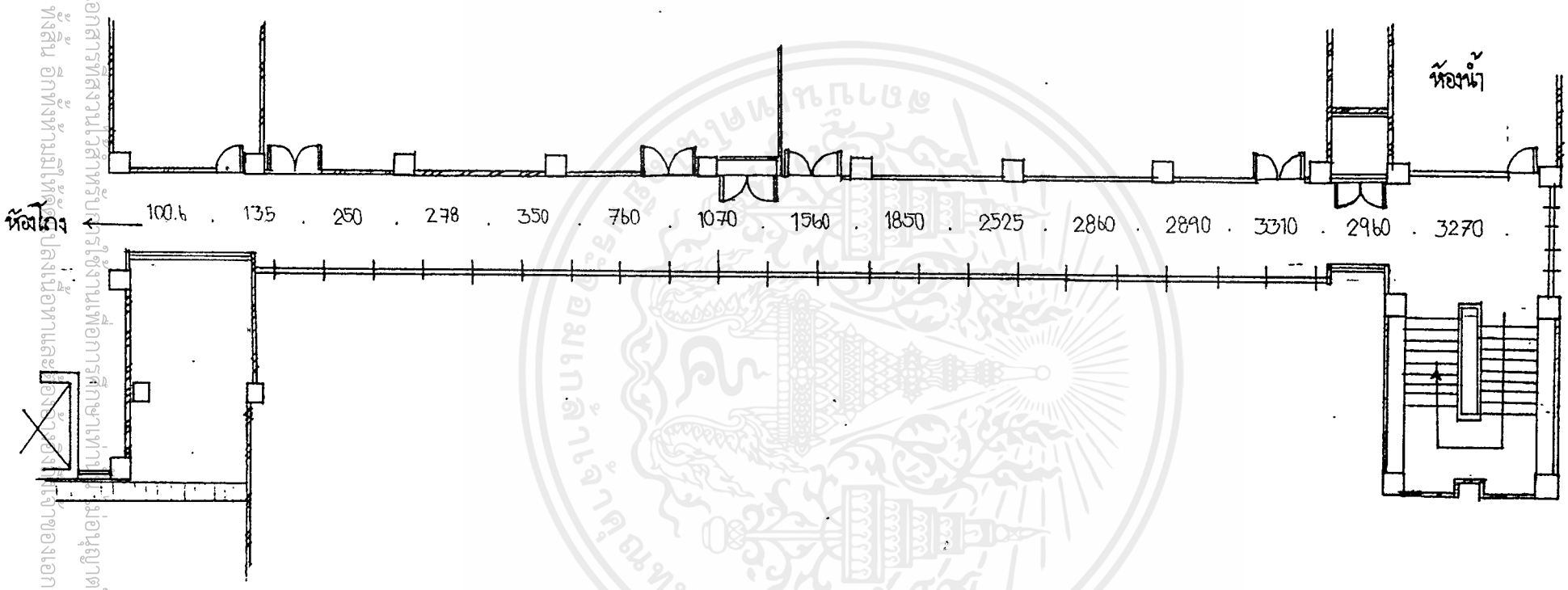
ลิขสิทธิ์เป็นของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ระเบียงด้านตะวันตก ชั้น 10

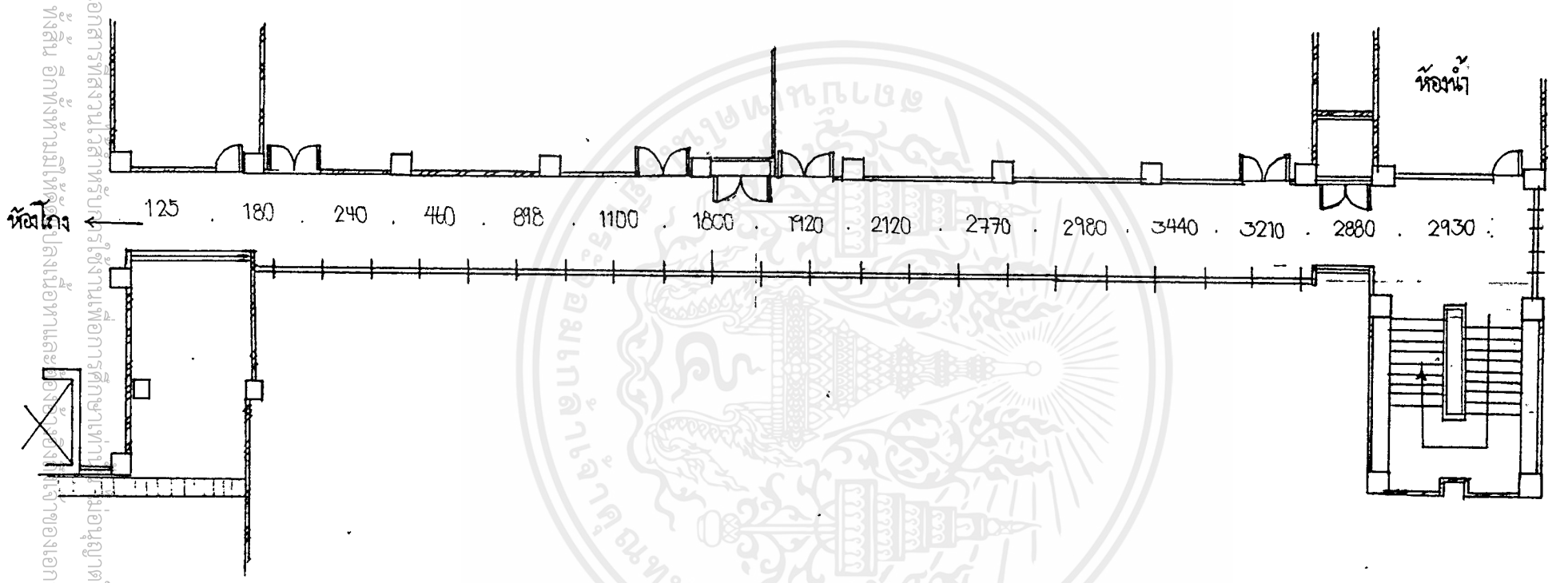
scale 1 : 200

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น



ระเบียงด้านตก ชั้น 11

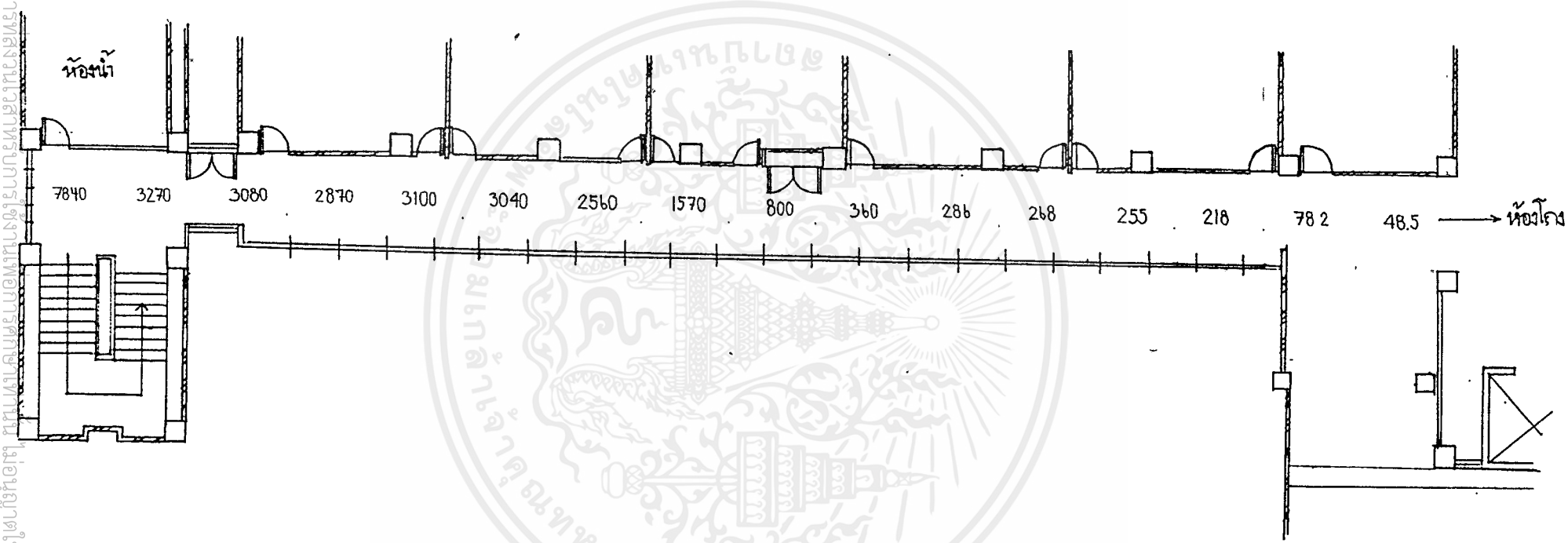
scale 1 : 200



ระเบียงทางเดินชั้น 12

scale 1 : 200

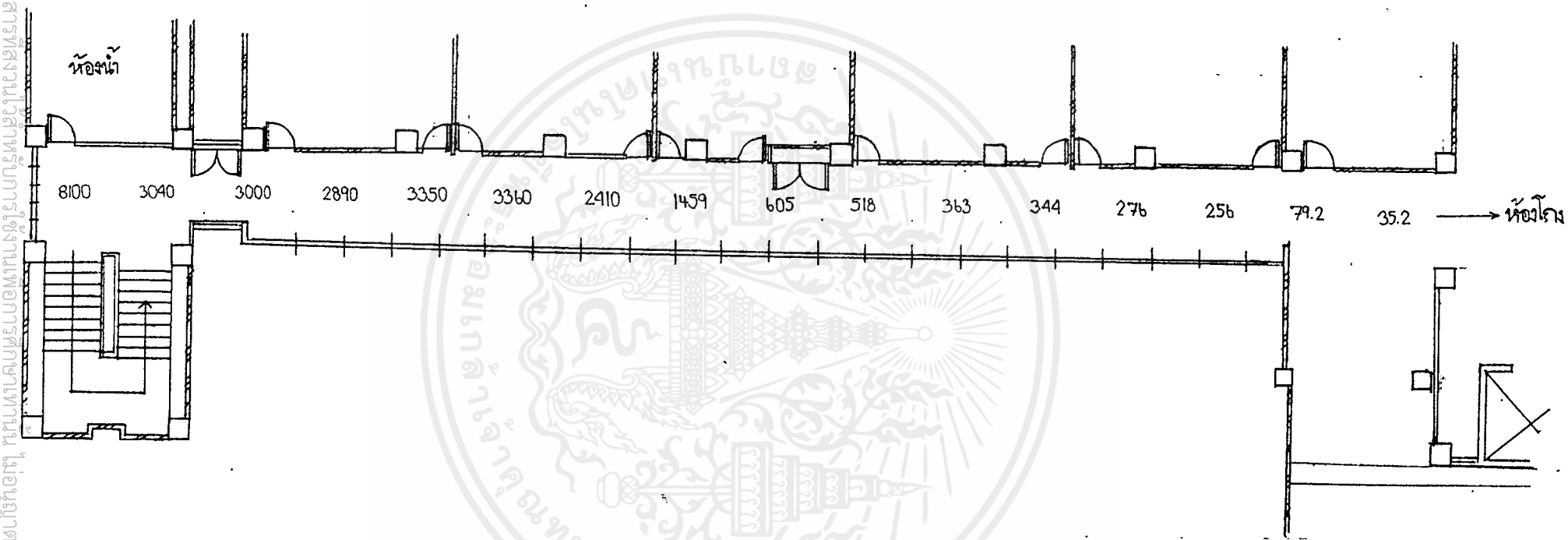
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปประกอบด้านตะวันออก ชั้น 1

Scale 1 : 200

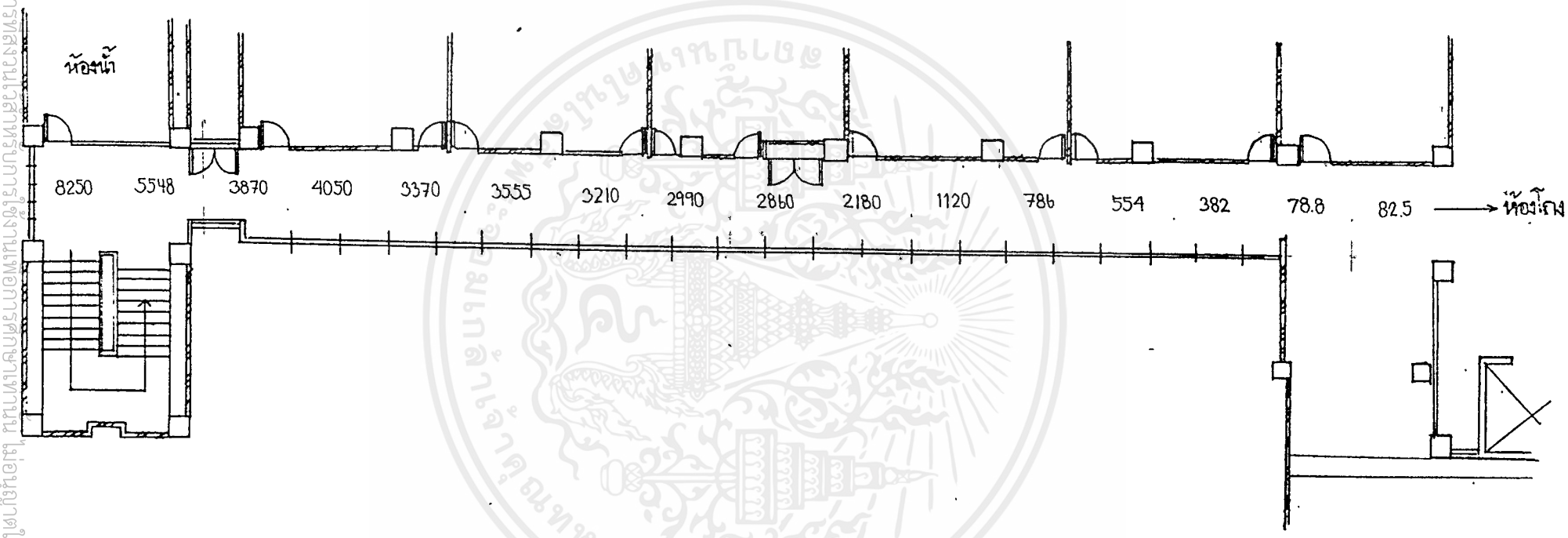
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น



รูปขยายด้านตะวันออก ชั้น 2

Scale 1 : 200

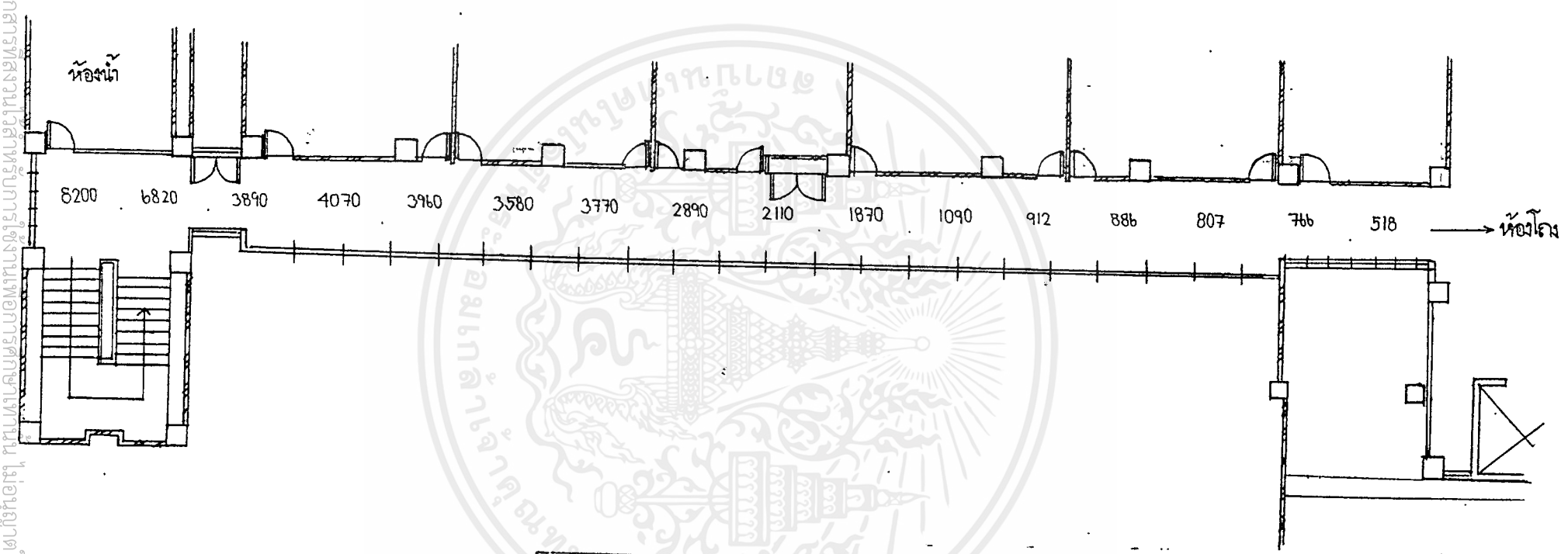
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามนำเผยแพร่ ดัดแปลง ทำซ้ำ หรือใช้ประโยชน์ในรูปแบบใดๆ ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ระเบียงด้านตะวันออก ชั้น 3

scale 1 : 200

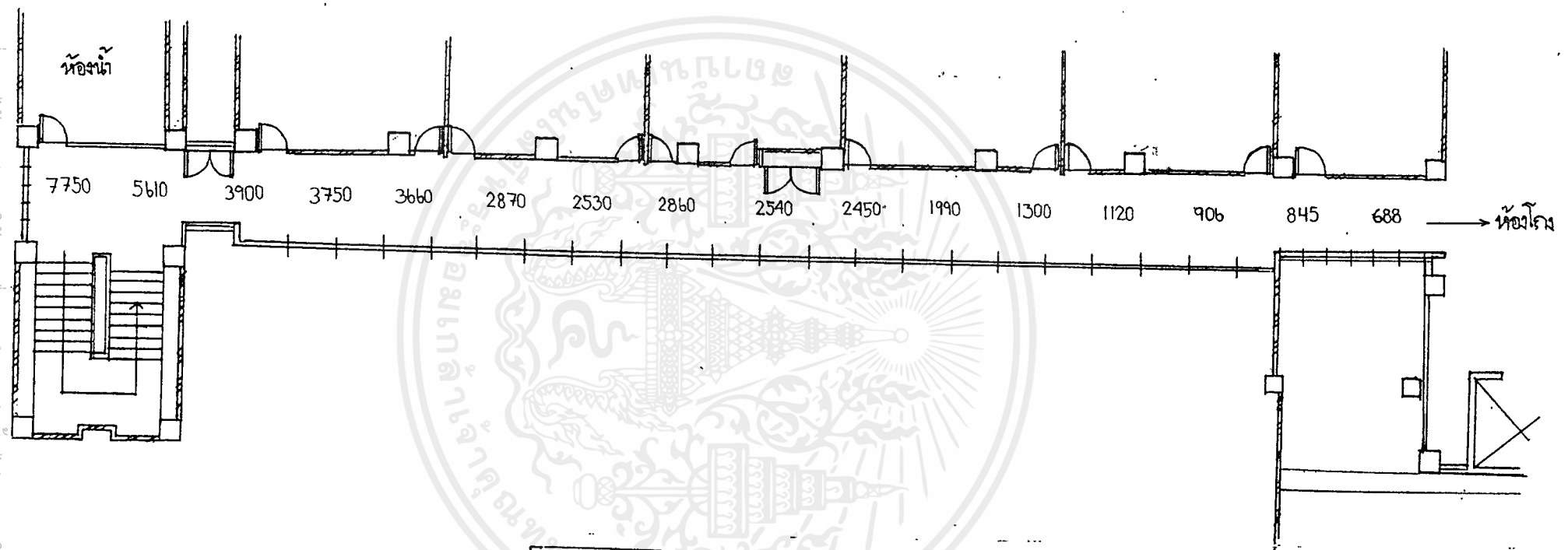
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น



ระเบียงด้านตะวันออก ชั้น 4

scale 1 : 200

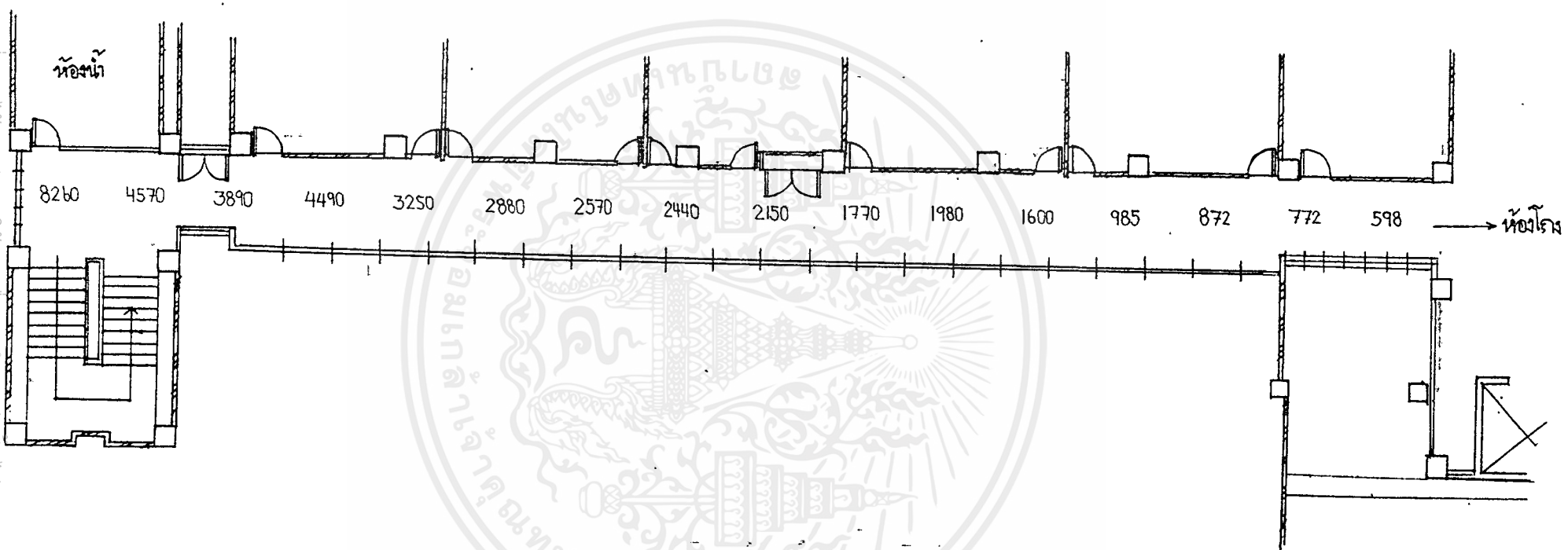
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่



รูปขยายด้านตะวันออก ชั้น 5

scale 1 : 200

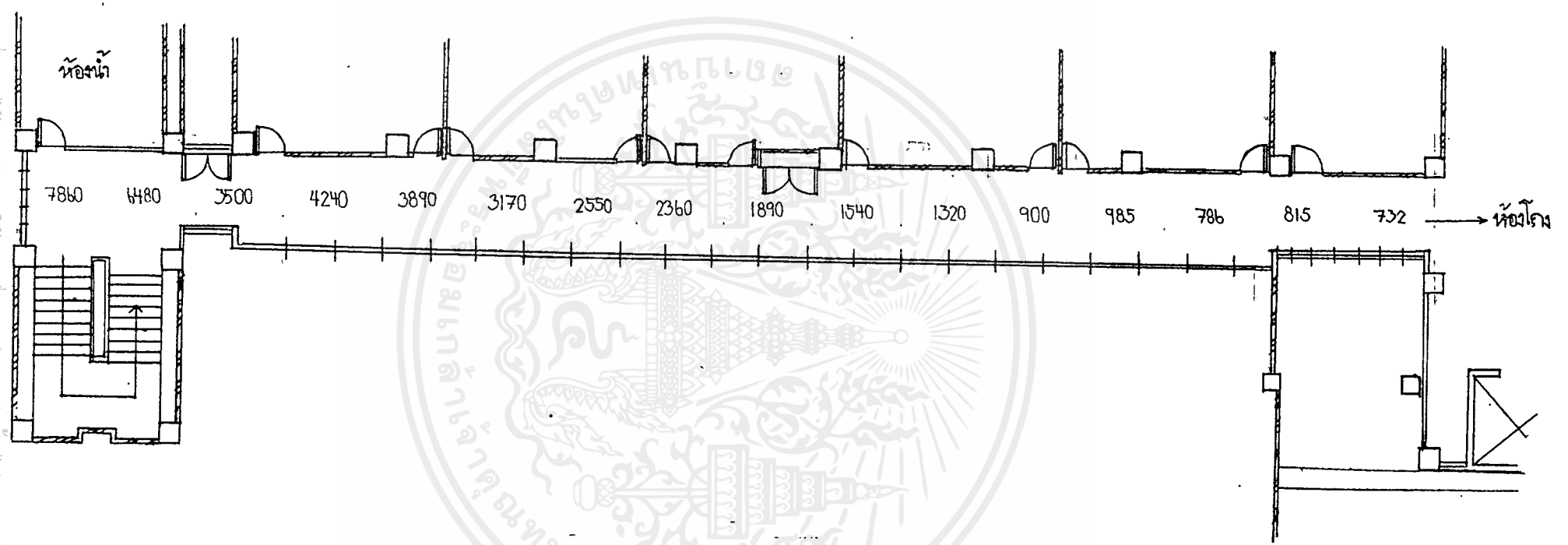
ลิขสิทธิ์ในการใช้งานเป็นของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ผู้ใดนำไปใช้ในทางที่ผิดกฎหมาย ต้องรับโทษตามที่กฎหมายกำหนด



ขนบียงด้านตะวันออก ชั้น 6

scale 1:200

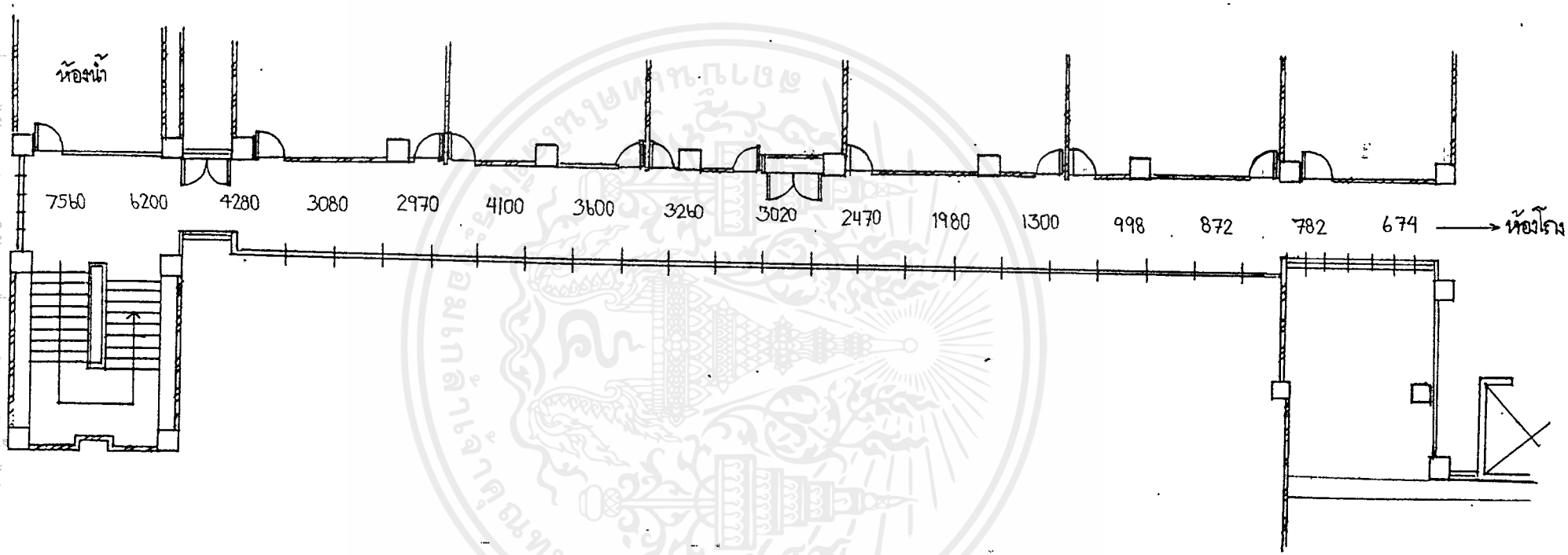
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ห้ามนำเผยแพร่ ดัดแปลง ทำซ้ำ หรือจำหน่ายในรูปแบบใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้ใดฝ่าฝืนมีความผิดตามกฎหมาย



ผนังด้านตะวันออก ชั้น 7

scale 1 : 200

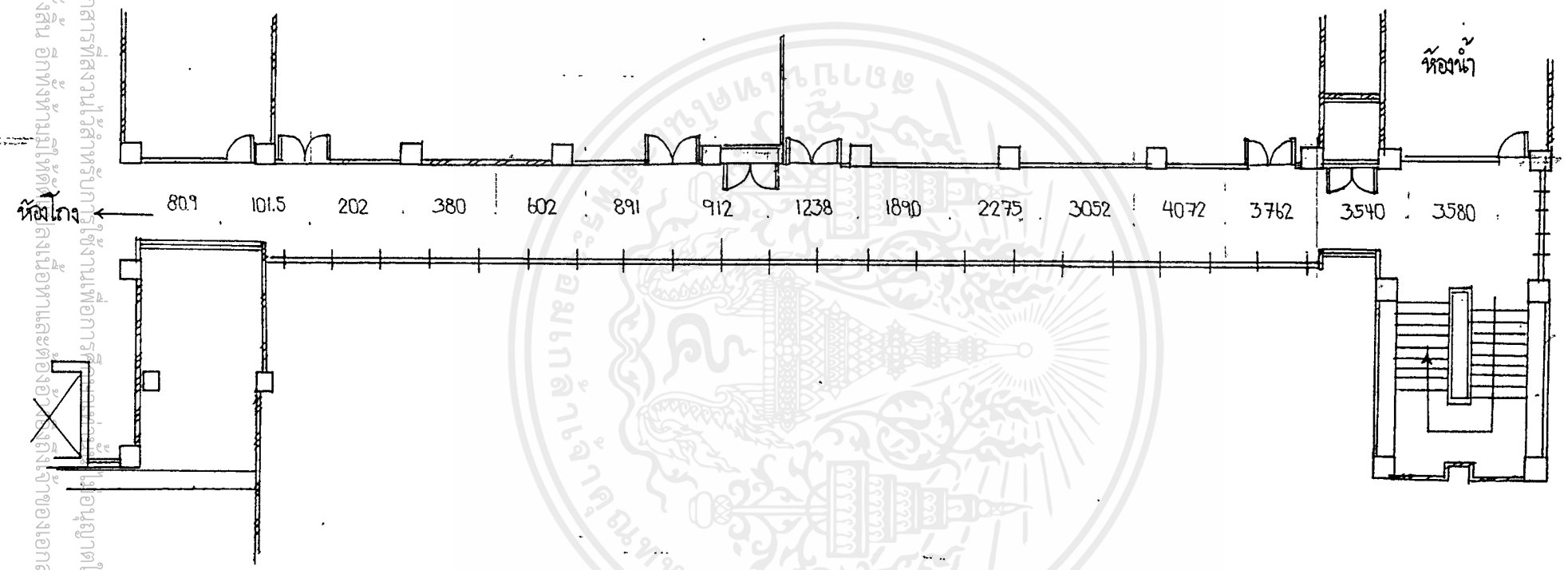
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามนำเผยแพร่ในรูปแบบใดๆ ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร



ระเบียงด้านตะวันออก ชั้น 8

scale 1 : 200

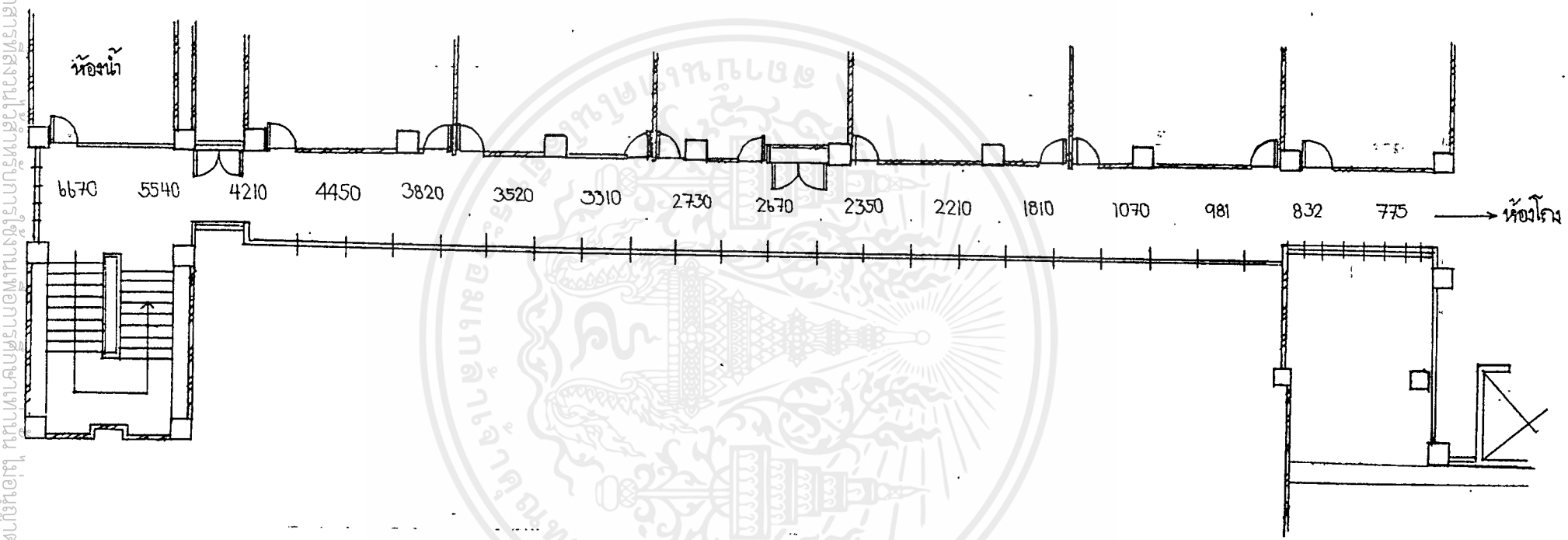
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ห้ามนำเผยแพร่ ทำซ้ำ ดัดแปลง ในรูปแบบใดๆ ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ถือลิขสิทธิ์ ผู้ใดฝ่าฝืนมีความผิดตามกฎหมาย



ระเบียงด้านตะวันตก ชั้น 9

scale 1 : 200

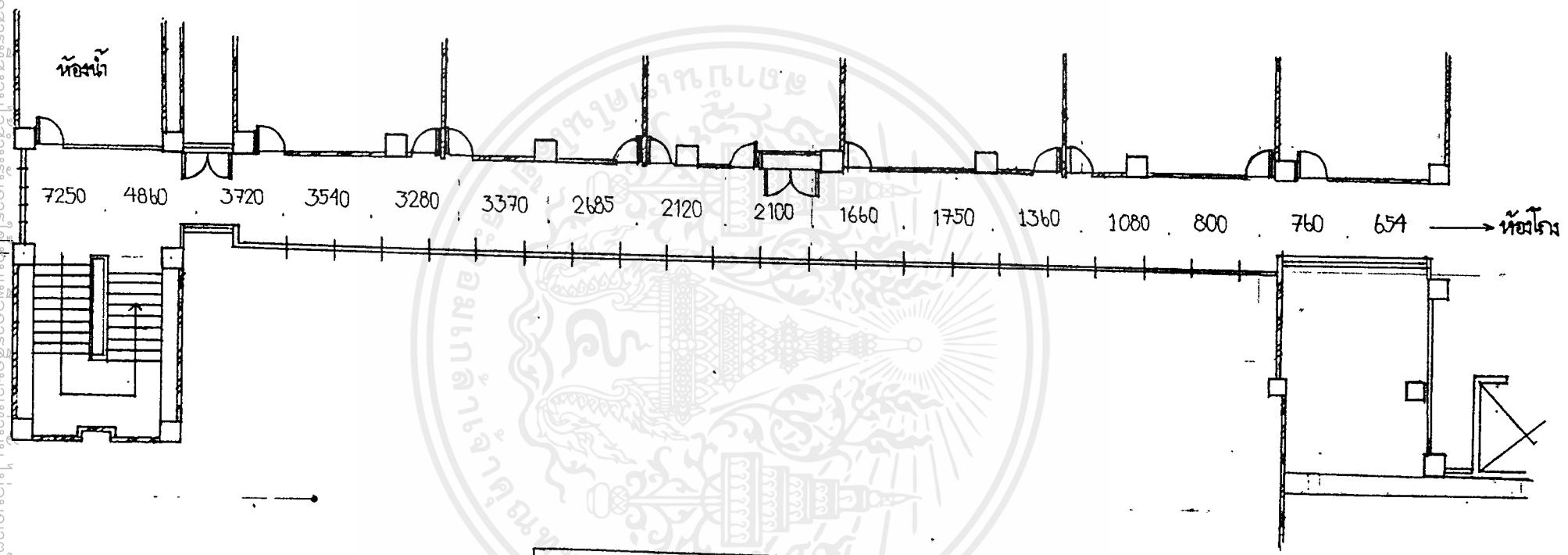
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. ๒๕๓๗ ห้ามมิให้ผู้ใดทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้ฝ่าฝืนต้องรับโทษตามที่กฎหมายบัญญัติไว้



รูปขยายด้านตะวันออก ชั้น 10

Scale 1 : 200

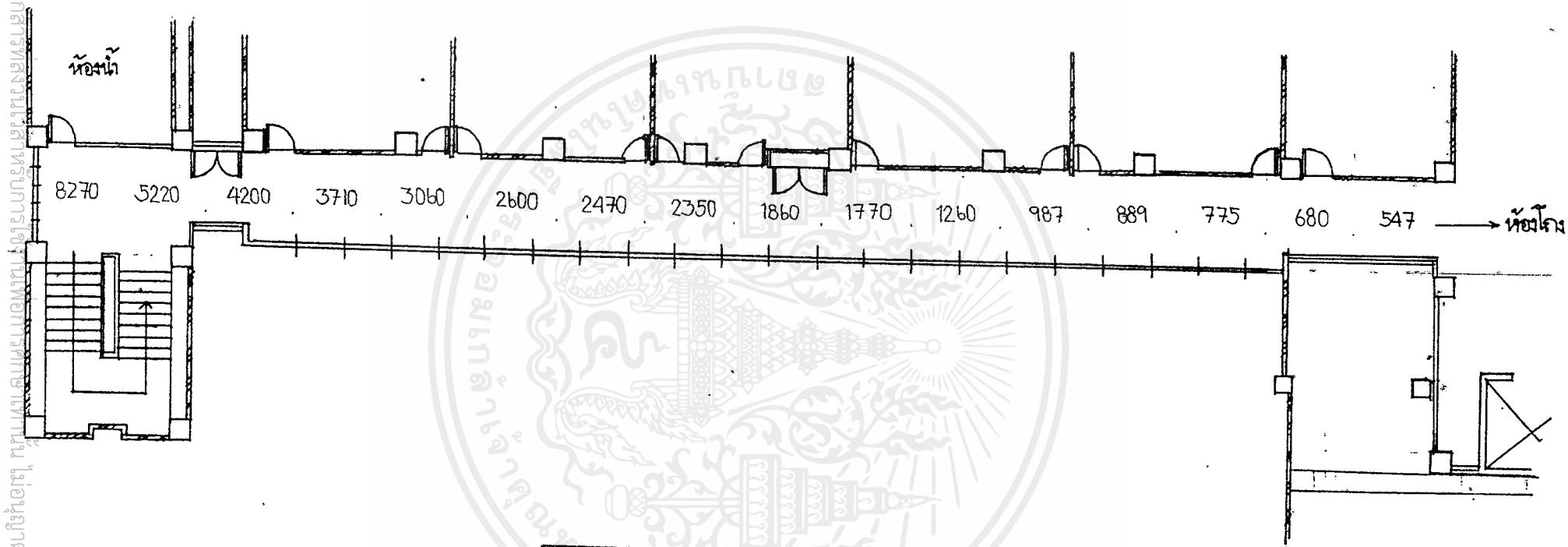
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามนำเผยแพร่ ดัดแปลง หรือใช้ประโยชน์ทางการค้า โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์ ผู้ละเมิดจะถูกดำเนินคดีตามกฎหมาย



ระเบียงด้านตะวันออก ชั้น 11

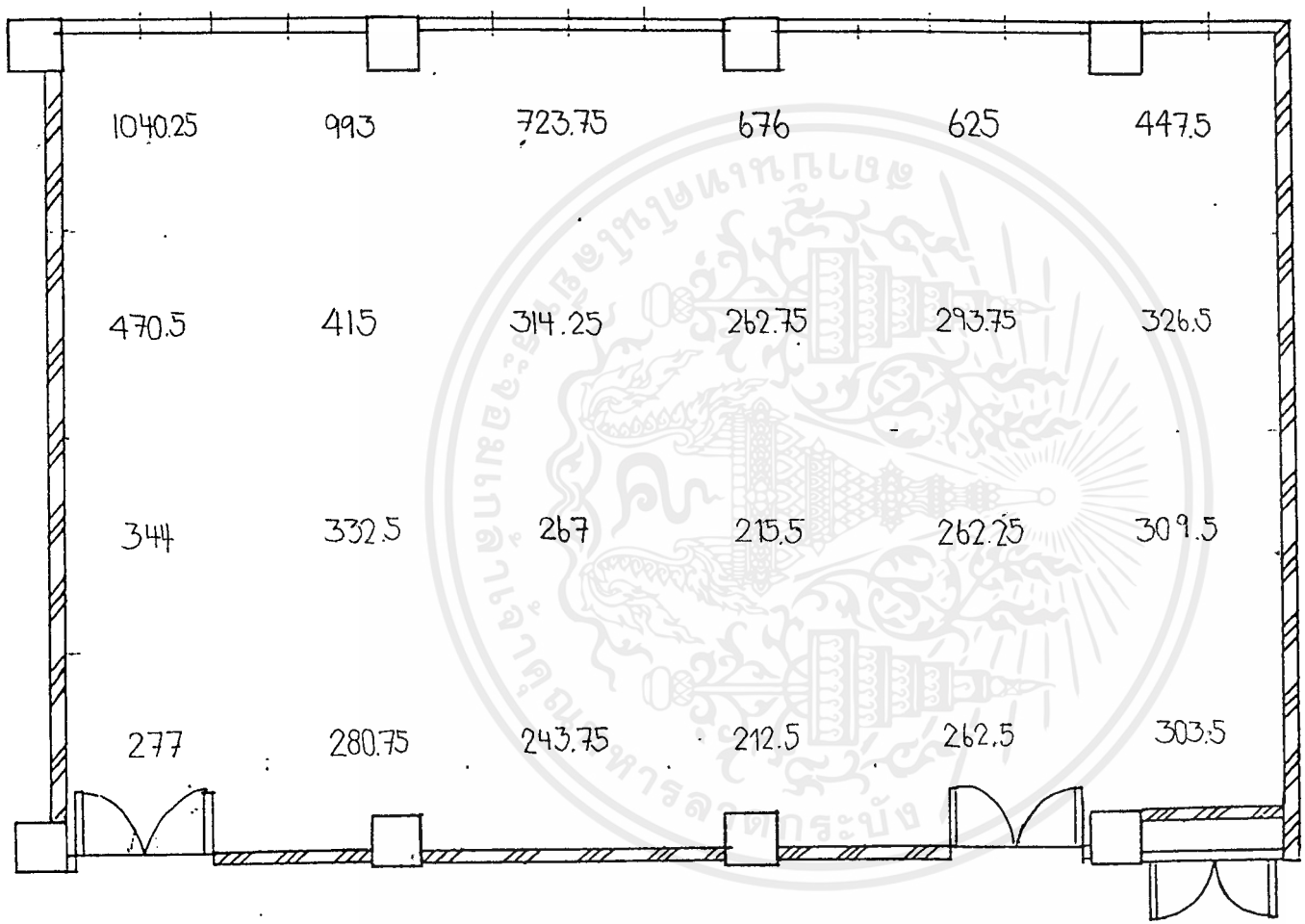
scale 1 : 200

ลิขสิทธิ์ของหอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในการค้า



ฉบับจดด้านตะวันออก ชั้น 12

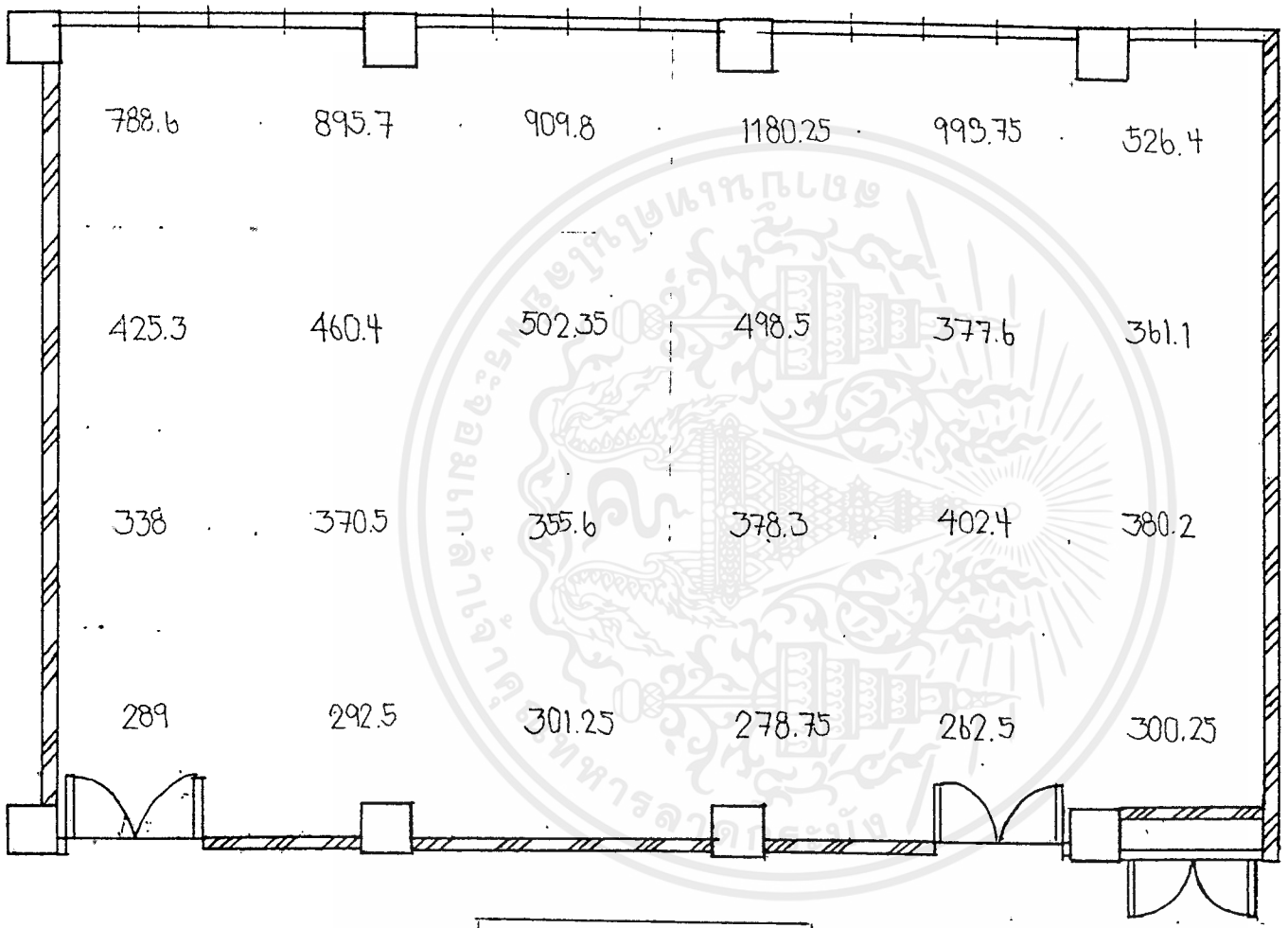
Scale 1 : 200



- ค่าเฉลี่ย 4 จุดโดยรอบ

ห้องเรียน E12 311

scale 1 : 100

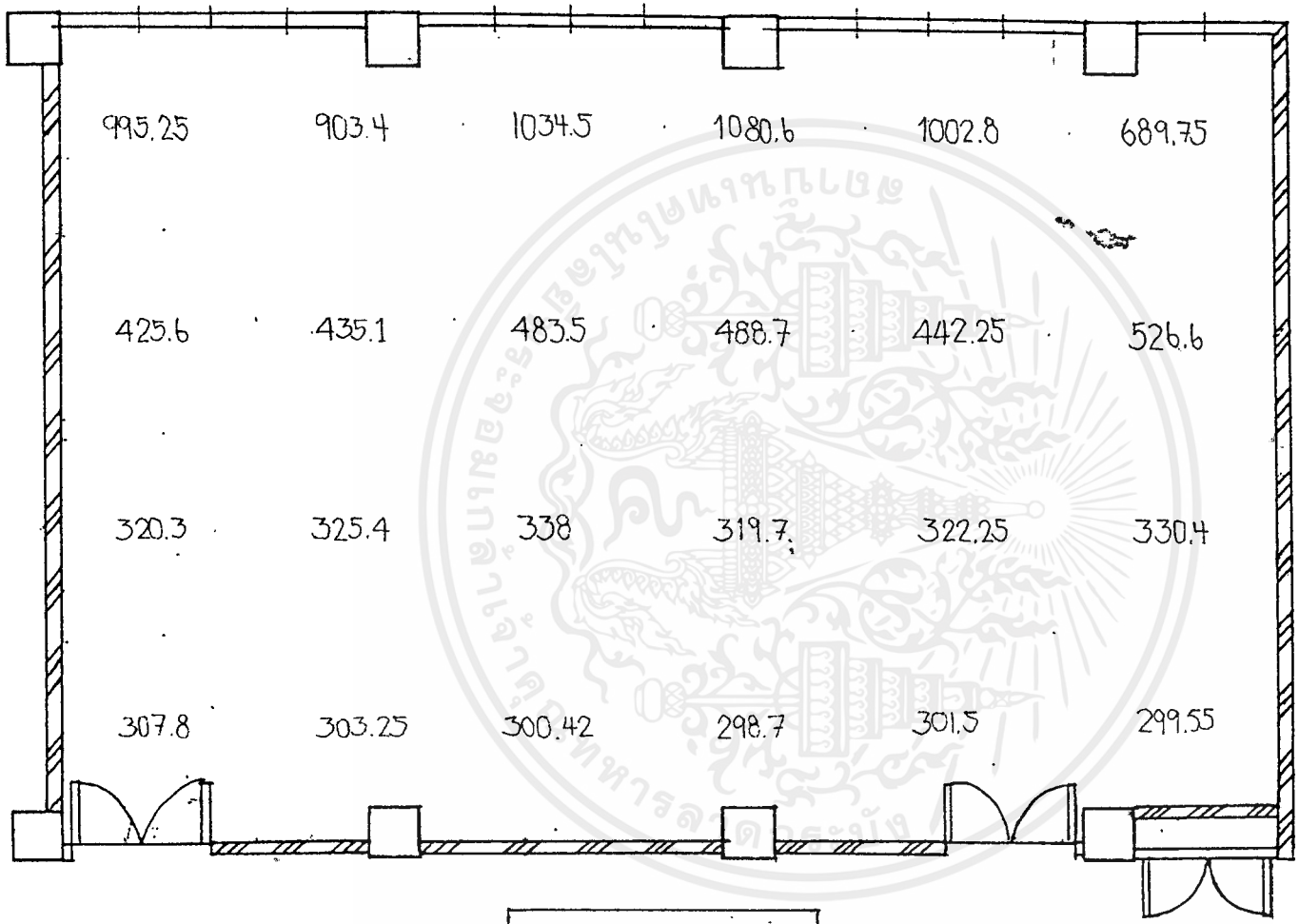


→ ค่าเฉลี่ย 4 จุดโดยประมาณ

ห้องเรียน E 12 - 310

scale 1 : 100

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

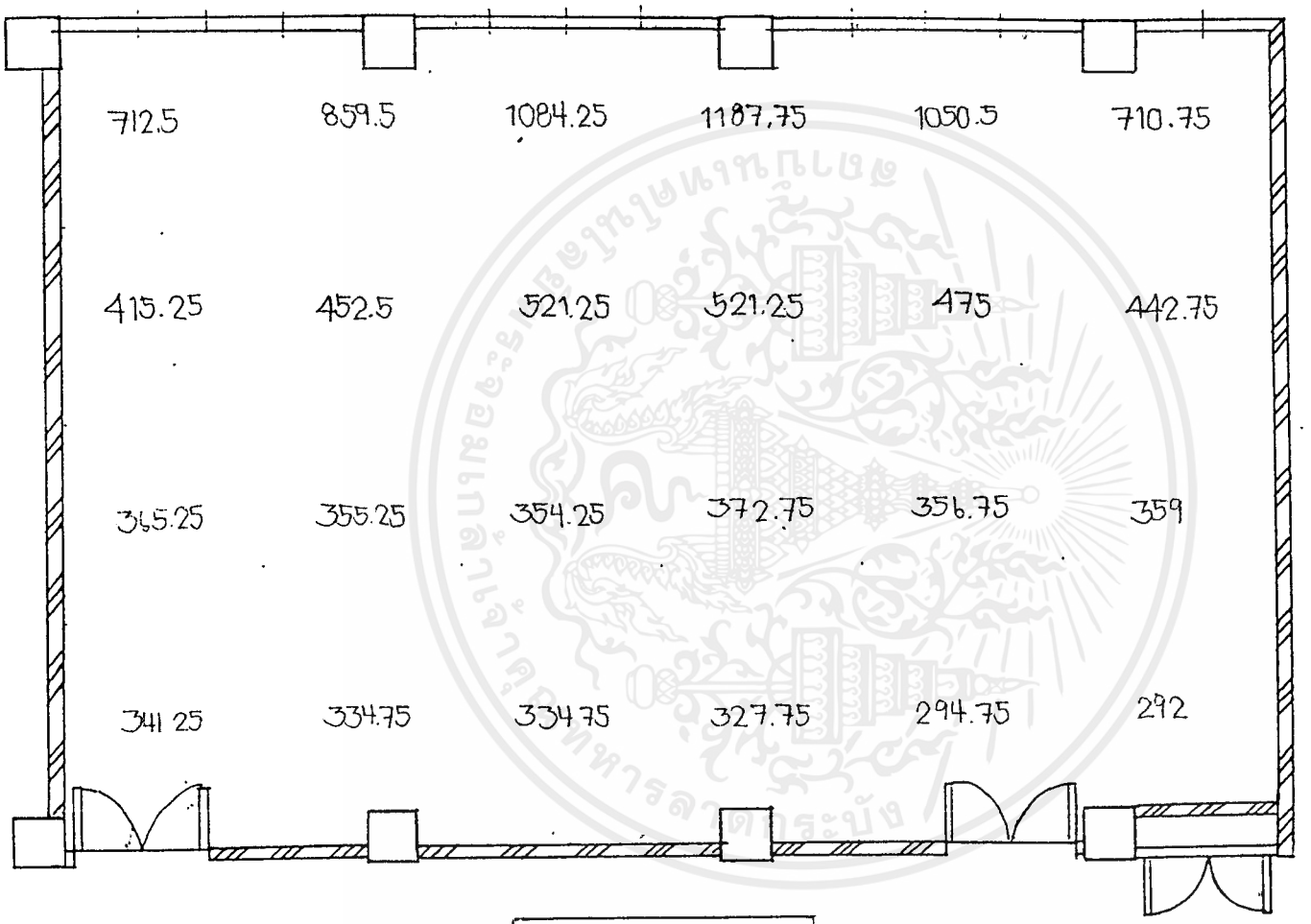


- ค่าเฉลี่ย 4 จุดใกล้เคียง

ห้องเรียน E 12 - 409

scale 1 : 100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

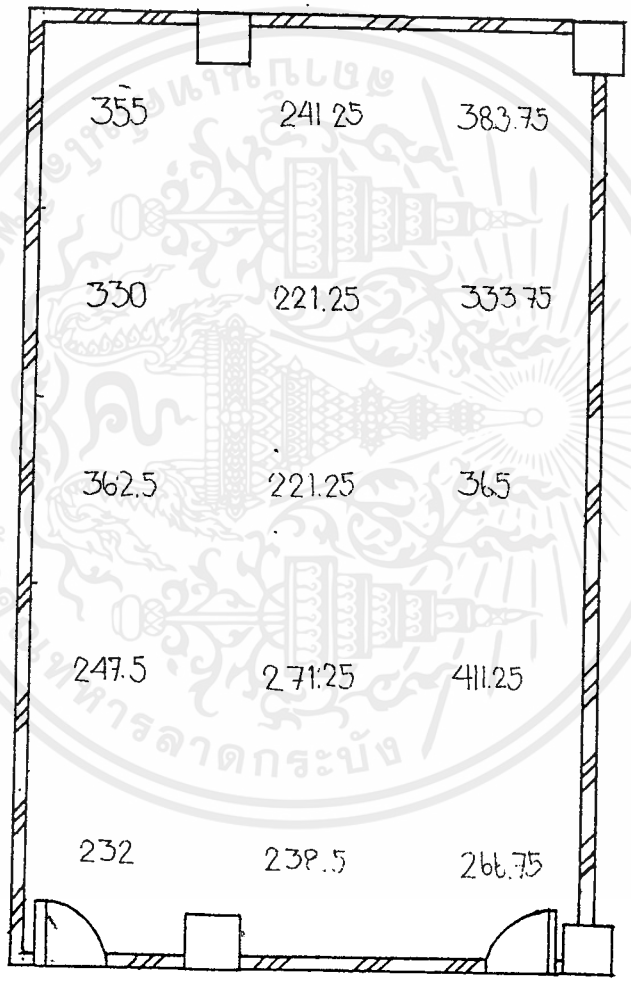


- ค่าเฉลี่ย 4 จุดโดยรอบ

ห้องเรียน E 12 - 410

scale 1: 100

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัย

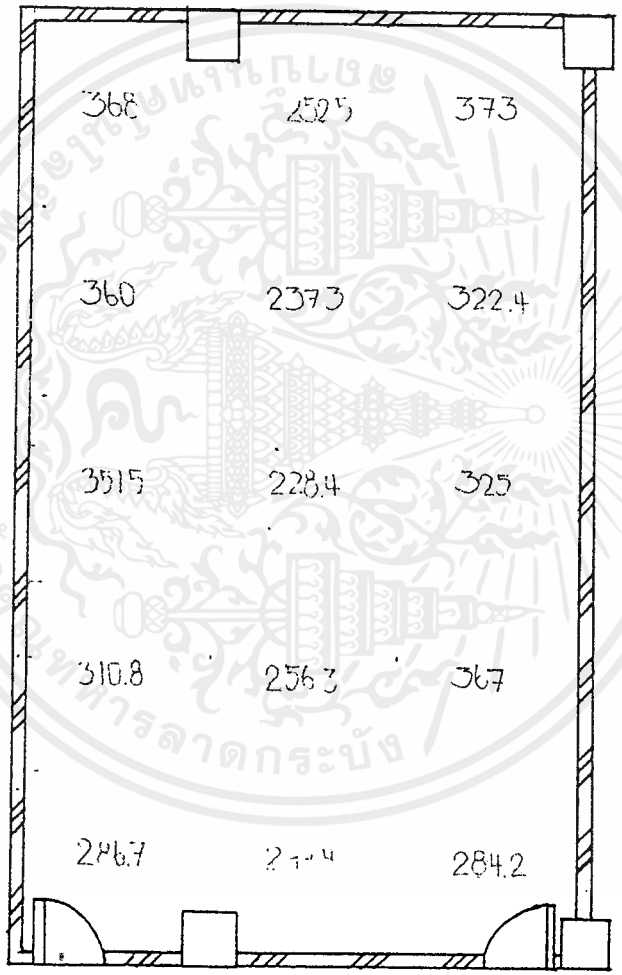


ห้องเรียน E 12 - 701

- เป็นห้องเหลี่ยม 4 ด้านโดยรอบ
- ห้องโดยรูปเป็นแบบเปิดโล่งตามธรรมชาติ

scale 1 : 100

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในการค้า โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร



ห้องสีขน E 12 - 702

- เป็นค่าเฉลี่ย 4 ทิศโดยรอบ
- ค่าที่ลงรูปเป็นเขตปิดไฟตามเส้นตาราง

scale 1 : 100

ข้อมูลนี้เป็นสิทธิ์ของสำนักวิทยบริการฯ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในการค้า โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

แสดงขนาดของเครื่องปรับอากาศภายในห้องต่างๆในตึก12ชั้นกับขนาดที่เหมาะสมที่ควรจะใช้

ชั้นที่1

ห้อง	ขนาดที่ใช้จริง	ขนาดที่เหมาะสม
E12-105	50000	32000
แผนกการพิมพ์	243000	198000
ประชาสัมพันธ์	50000	เหมาะสม

ชั้นที่2

ห้อง	ขนาดที่ใช้จริง	ขนาดที่เหมาะสม
E12-201	32000x2	36000
E12-202	32000x2	36000
E12-203	32000x2	36000
E12-204	32000x2	36000
E12-205	32000x2	36000
E12-209	32000x4	เหมาะสม
E12-210	32000x4	เหมาะสม
ธุรการภาคเกษตร	18000x2	เหมาะสม
ห้องคอมพิวเตอร์	18000x2	32000

ชั้นที่3

ห้อง	ขนาดที่ใช้จริง	ขนาดที่เหมาะสม
E12-301	32000x2	32000 กับ 25000
E12-302	32000x2	32000 กับ 25000
E12-303	32000x2	32000 กับ 25000
E12-304	32000x2	32000 กับ 25000
E12-305	32000x2	32000 กับ 25000
E12-306	25000	18000
E12-307	25000	18000
E12-308	25000	18000
E12-309	25000	18000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E12-310	32000x4	25000x5 กับ 15000
E12-311	32000x4	25000x5 กับ 15000

ชั้นที่4

ห้อง	ขนาดที่ใช้จริง	ขนาดที่เหมาะสม
E12-401	32000x2	32000 กับ 25000
E12-402	32000x2	32000 กับ 25000
E12-403	32000x2	32000 กับ 25000
E12-404	32000x2	32000 กับ 25000
E12-405	32000x2	32000 กับ 25000
E12-406	32000	32000
E12-407	25000	25000
E12-408	25000	18000
E12-409	25000x4	25000x5 กับ 15000
E12-410	25000x3	25000x5 กับ 15000

ชั้นที่5

ห้อง	ขนาดที่ใช้จริง	ขนาดที่เหมาะสม
E12-501	25000	เหมาะสม
E12-502	25000	25000 กับ15000
E12-503	18000x2	25000 กับ15000
E12-504	25000	25000 กับ15000
E12-505	25000	18000
E12-506	18000	25000
E12-507	38000x4	32000x2
E5-1	38000	25000
E12-508	38000x4	32000 กับ 12000
E12-509	38000x4	32000 กับ 12000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นที่6

ห้อง	ขนาดที่ใช้จริง	ขนาดที่เหมาะสม
E12-601	38000x2	48000 กับ 12000
E12-602	38000x2	48000 กับ 12000
E12-603	38000x2	48000 กับ 12000
E12-604	38000x2	38000
E12-605	25000	เหมาะสม
E12-606	25000	32000
ห้องคณะบดี	38000x4 กับ 25000	32000x4 กับ 25000
E12-608	25000	เหมาะสม
E12-609	25000	เหมาะสม
E12-610	25000	เหมาะสม
E12-611	25000	เหมาะสม
E12-612	25000	เหมาะสม

ชั้นที่7

ห้อง	ขนาดที่ใช้จริง	ขนาดที่เหมาะสม
E12-701	38000x2	18000x2
E12-702	32000x2	38000
E12-703	32000x2	25000 กับ 18000
E12-704	48000x4	32000x4 กับ 25000
E12-705	25000x3 กับ 32000x8	48000x6 กับ 12000

ชั้นที่8

ห้อง	ขนาดที่ใช้จริง	ขนาดที่เหมาะสม
E12-801	48000x4 กับ 32000x2	32000x4 กับ 18000
E12-802	48000x4 กับ 32000x2	32000x4 กับ 18000
E12-803	25000	เหมาะสม
E12-804	25000	เหมาะสม
E12-805	25000x2	38000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E12-806	25000x2	เหมาะสม
E12-807	25000x2	เหมาะสม
E12-808	32000x2	48000 กับ 12000
E12-809	32000x2	48000 กับ 12000

ชั้นที่9

ห้อง	ขนาดที่ใช้จริง	ขนาดที่เหมาะสม
E9-1-2	18000x2 กับ 38000	38000 กับ 18000
E9-7	25000x4	32000x4 กับ 18000
E9-8	48000	38000
E9-10-1	18000	25000
E9-10-2	18000	25000
E9-4-1	18000	25000
E9-4-2	18000	25000
E9-2-1	48000x2	48000
E9-6	38000	18000 กับ12000
E9-3	38000	18000 กับ12000
E9-5	38000	18000 กับ12000
E9-1	48000	เหมาะสม

ชั้นที่10

ห้อง	ขนาดที่ใช้จริง	ขนาดที่เหมาะสม
E10-3	32000x4	32000x4
E10-10	32000	18000 กับ 12000
E10-4	25000x2	48000
E10-4-2	25000x2	เหมาะสม
E10-5-1	25000	25000x2
E10-1-1	48000x2	48000
E10-1-2	48000x2	48000
E10-2-1	48000x2	48000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E12-2-2	48000x2	48000

ชั้นที่11

ห้อง	ขนาดที่ใช้จริง	ขนาดที่เหมาะสม
สำนักคณะบดี	32000x4	48000 กับ 32000
ฝ่ายแผนงาน	32000x4	48000 กับ 32000
E11-1	48000x2	38000 กับ 18000
E11-2	48000x2	48000
E11-3	38000x2	48000
E11-4	25000x2	38000

ชั้นที่12

ห้อง	ขนาดที่ใช้จริง	ขนาดที่เหมาะสม
E12-15	25000	เหมาะสม
E12-14	12000	20000
E12-13	12000	20000
E12-12	18000	20000
E12-11	12000	20000
E12-10	12000	20000
E12-9	25000x2	38000
E12-8	32000x2	25000x3
คณะบดีบัณฑิตวิทยา	32000	38000
บัณฑิตวิทยาลัย	18000	เหมาะสม
พิพิธภัณฑ์	48000x2	48000
E12-3	48000x2	48000
E12-2	48000x2	48000
E12-1	48000x2	48000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้อง slope

ห้อง	ขนาดที่ใช้จริง	ขนาดที่เหมาะสม
1	48000x11	48000x5 กับ 12000
2	48000x11	48000x5 กับ 12000
3	48000x10 กับ 38000x2	48000x5 กับ 25000
4	48000x10 กับ 38000x2	48000x5 กับ 25000

จากตารางเปรียบเทียบเราจะพบว่า ขนาด BTU/Hr ของเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมกับบนาดที่ติดตั้งจะพบว่ามีค่าแตกต่างกันมากซึ่งจากค่า 1BTU/Hr เท่ากับ 0.0002931 Kw ถ้าเราสามารถลดขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ตรงส่วนนี้ไปไม่ให้สิ้นเปลืองเกินความจำเป็นก็จะทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าไปได้พอสมควร ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการติดตั้งเครื่องใหม่ในบางส่วน และตัดบางส่วนออกไป ทำให้จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มในส่วนนี้

ราคากลางเครื่องปรับอากาศ

ชนิดแยกส่วนตั้งพื้นหรือแขวนเพดาน (Floor / Ceiling Type)

ขนาด(BTU/Hour)	ราคาไม่รวม VAT	ราคารวม VAT 7%	ราคากลางราชการปกติ
12000-13000	21609 บาท	23122 บาท	21500 บาท
16000	22826 บาท	24424 บาท	23500 บาท
18000-20000	25263 บาท	27031 บาท	27000 บาท
24000-25000	30653 บาท	32799 บาท	30000 บาท
32000-34000	34278 บาท	36677 บาท	35000 บาท
36000-38000	39020 บาท	41752 บาท	41000 บาท
42000-44000	50950 บาท	54516 บาท	53000 บาท
56000-58000	55092 บาท	58948 บาท	57000 บาท

ราคากลางค่าแรง

ค่าแรงในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใหม่ รวมอยู่ในราคาเครื่องปรับอากาศแล้ว

ค่าแรงในการถอดเครื่องปรับอากาศเก่าออก ราคากลางเครื่องละ 500 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้