

การปรับปรุงประสิทธิภาพหลังคา
เพื่อลดค่าการส่งผ่านความร้อน

กรณีศึกษา : ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ สาขา รามอินทรา
ROOF EFFICIENCY DEVELOPMENT TO DECREASE
THERMAL TRANSFER VALUE
CASE STUDY : CARREFOUR SUPERSTORE RAMINDRA BRANCH



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์อื่น

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครพนม

พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-346-3

การปรับปรุงประสิทธิภาพหลังคา
เพื่อลดค่าการส่งผ่านความร้อน
กรณีศึกษา : ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ สาขา รามอินทรา

ROOF EFFICIENCY DEVELOPMENT TO DECREASE
THERMAL TRANSFER VALUE
CASE STUDY : CARREFOUR SUPERSTORE RAMINDRA BRANCH



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 40792
วัน, เดือน, ปี 26 พ.ย. 2544

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-346-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROOF EFFICIENCY DEVELOPMENT TO DECREASE
THERMAL TRANSFER VALUE
CASE STUDY : CARREFOUR SUPERSTORE RAMINDRA BRANCH



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MATER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITETURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2001

ISBN 974-648-346-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2001

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT' S INSITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

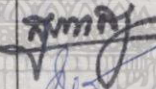
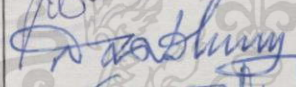
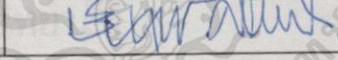
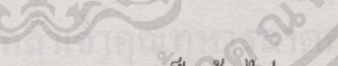
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงประสิทธิภาพหลังคาเพื่อลดค่าการส่งผ่านความร้อน กรณีศึกษา :
ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ สาขารามอินทรา
ROOF EFFICIENCY DEVELOPMENT TO DECREASE THERMAL
TRANSFER VALUE CASE STUDY : CARREFOUR SUPERSTORE
RAMINDRA BRANCH

ชื่อนักศึกษา นายจร สุวรรณชาติ
รหัสประจำตัว 38062101
ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.สุภาวดี รัตนมาศ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.สุภาวดี	รัตนมาศ	
รศ.กุสุมา	ธรรมธีรัง	
ดร.สมชาย	ศรีสมพงษ์	
อาจารย์ชัยยุทธ	ศรีเผด็จ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 18 มิถุนายน 2544 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ภาควิชาสถาปัตยกรรมภายใน

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวาทน์ อิตฺตฺ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 9 เดือน ๖ พ.ศ. ๒๕๔๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Roof Efficiency Development For Decrease Roof Thermal Transfer Value
	Case Study : Carrefour Superstore Ramindra Branch
Student	Mr. J-ray Suwannachart .
Student ID.	38062101
Degree	Master of Architect
Programme	Tropical Architect
Year	2001
Thesis Advisor	Assistant Professor Suphawadee Ratanamart

ABSTRACT

This thesis describes about the problem solving concept in superstore building, case study Carrefour Ramindra branch .

Carrefour Ramindra branch has 3.5 degree roof slope, mostly high degree with sun angle, that made it face sun light almost all day . This case the insulation system can not resist and break down the thermal transfer that leading cooling load from the roof more than 60 ton / hour.

From the study, we determine the problem solving alternative by focusing at insulation system together with air pocket system. The cellulose insulation is suitable for reducing both conduction and convection, aluminum foil insulation reduce the solar radiation, further more on gypsum board as the ceiling construction. The air pocket system is design for ventilate the air by natural way and make insulation system more completely . As conclusion, the recommendation can reduce the thermal transfer value more than 2 times and better the cooling load by 30 ton / hour after roof system development.

กิตติกรรมประกาศ

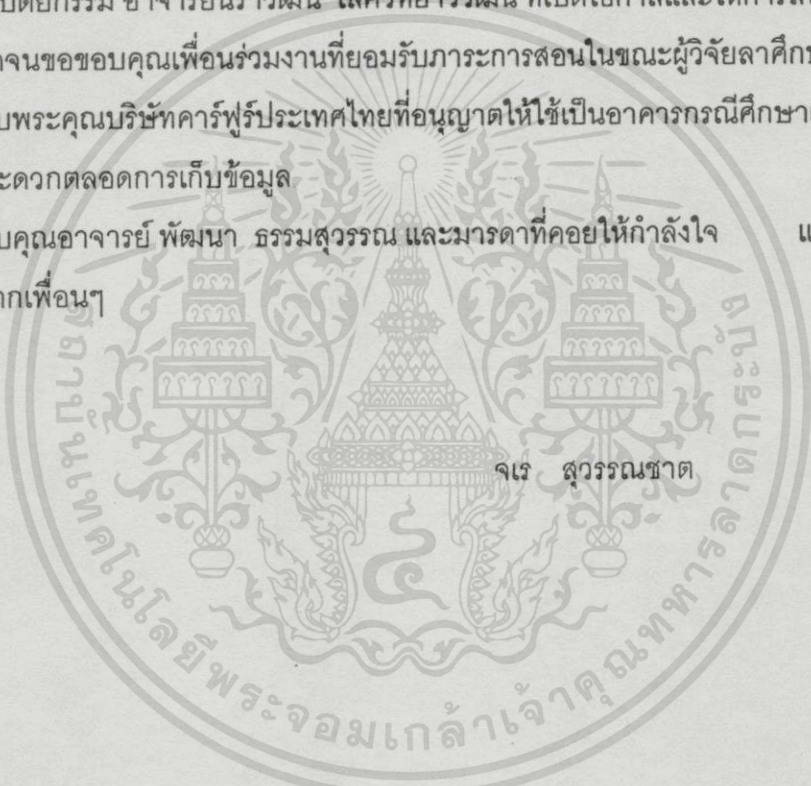
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงอย่างดี ด้วยคำแนะนำและกำลังใจอย่างดียิ่งจาก ผศ. สุภาวดี รัตนมาศ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาผู้เขียนมีความซื่อซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างมากที่ท่านสละเวลาทั้งในและนอกเวลาราชการให้คำปรึกษา

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ชัยยุทธ ศรีเผด็จ และกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษาและกำลังใจ

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ โดยเฉพาะหัวหน้าสาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม อาจารย์นราวัฒน์ เลิศวิทยาวิวัฒน์ ที่เปิดโอกาสและให้การสนับสนุนการศึกษาต่อตลอดจนขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่ยอมรับการการสอนในขณะที่ผู้วิจัยลาศึกษาต่อ

ขอขอบพระคุณบริษัทคาร์ฟูร์ประเทศไทยที่อนุญาตให้ใช้เป็นอาคารกรณีศึกษาและคอยอำนวยความสะดวกตลอดการเก็บข้อมูล

ขอขอบคุณอาจารย์ พัฒนา ธรรมสุวรรณ และมารดาที่คอยให้กำลังใจ และขอบคุณสำหรับน้ำใจจากเพื่อนๆ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตในการทำวิจัย.....	4
1.4 วิธีและขั้นตอนในการทำวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 การส่งผ่านพลังงาน.....	6
2.2 พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ส่งผลต่ออาคาร.....	7
2.3 การแผ่รังสี.....	8
2.4 การพาความร้อน.....	9
2.5 การนำความร้อน.....	10
2.6 สมดุลย์พลังงาน.....	11
2.7 อุณหภูมิผิววัตถุ.....	12
2.8 การหน่วงความร้อนของวัตถุ.....	12
2.9 การระบายอากาศ.....	14
2.10 วิธีระบายอากาศได้หลังคา.....	18
2.11 รังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร.....	21

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อาคารกรณีศึกษา คาร์ฟูร์ รามอินทรา.....	25
3.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปศูนย์รวมสินค้า.....	25
3.2 การศึกษาข้อมูลทางสถาปัตยกรรมศูนย์รวมสินค้า.....	27
3.3 การศึกษาโครงสร้างศูนย์รวมสินค้า.....	48
3.4 การศึกษาและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานศูนย์รวมสินค้า.....	50
บทที่ 4 การวิเคราะห์ฉนวนความร้อนและการระบายอากาศ.....	54
4.1 หลักการของฉนวนความร้อน.....	54
4.2 การแบ่งลักษณะฉนวนทางกายภาพ.....	54
4.3 คุณสมบัติของฉนวนเพื่อลดการนำและพาความร้อน.....	55
4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลฉนวนความร้อนหลังคา อาคารศูนย์รวมสินค้า.....	68
4.5 การวิเคราะห์ฉนวนสะท้อนรังสีอาทิตย์หลังคา อาคารศูนย์รวมสินค้า.....	73
4.6 การวิเคราะห์การจัดลำดับชั้นฉนวน.....	76
4.7 สรุปการวิเคราะห์รูปแบบฉนวนและการติดตั้ง.....	82
4.8 การวิเคราะห์อุปกรณ์ระบายอากาศด้วยปล่อง.....	84
4.9 การวิเคราะห์ตำแหน่งดูดและระบายอากาศ.....	89
บทที่ 5 การออกแบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาเพื่อลดการส่งผ่านความร้อน.....	93
5.1 การออกแบบช่องว่างอากาศใต้หลังคา.....	93
5.2 การออกแบบระบบฉนวน.....	101
5.3 การออกแบบระบบระบายอากาศ.....	105
5.4 การเปรียบเทียบการส่งผ่านความร้อนหลังปรับปรุงหลังคา.....	111
5.5 การเปรียบเทียบภาระการปรับอากาศ.....	115
บทที่ 6 บทสรุปและเสนอแนะ.....	118
6.1 สรุปผลและขอเสนอแนะการออกแบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพหลังคา เพื่อลดการส่งผ่านความร้อน.....	118
บรรณานุกรม.....	120
ภาคผนวก.....	121
ประวัติผู้เขียน.....	129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา V ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในเขตนครหลวง.....	1
1.2 แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่บริการของการไฟฟ้านครหลวง.....	1
1.3 แสดงการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยของอาคาร.....	3
1.4 แสดงดัชนีการบริโภคพลังงานของอาคาร 6 ประเภท.....	4
2.1 แสดงค่าตัวประกอบ n.....	16
2.2 แสดงค่า Effect Temperature ในรอบปี.....	22
2.3 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและชั่วโมงการส่องสว่าง (ค.ศ.1989-1998).....	23
2.4 แสดงค่าความชื้น (ค.ศ.1989-1998).....	23
3.1 แสดงการแบ่งประเภทอาคารจำหน่ายสินค้า.....	25
3.2 แสดงผังการบริหารองค์การศูนย์รวมสินค้า.....	26
3.3 แสดงพื้นที่ศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์รามอินทรา.....	29
3.4 แสดงความต้านทานความร้อนในผนังชนิดที่ 1.....	34
3.5 แสดงความต้านทานความร้อนในผนังชนิดที่ 2.....	35
3.6 แสดงความต้านทานความร้อนในผนังชนิดที่ 3.....	36
3.7 แสดงความต้านทานความร้อนในผนังชนิดที่ 4.....	37
3.8 แสดงความต้านทานความร้อนในผนังชนิดที่ 5.....	38
3.9 แสดงค่าภาระการปรับอากาศหลังจากศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ รามอินทรา.....	41
3.10 แสดงผลการคำนวณ OTTV. ศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ รามอินทรา.....	43
3.11 แสดงผลการคำนวณ RTTV. ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา.....	43
3.12 แสดงค่าความต้านทานความร้อนช่องแสงหลังคา.....	46
3.13 แสดงวัสดุหลังคาทึบแสงศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา	47
3.14 สรุปข้อดี ข้อเสียระบบโครงสร้างศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา.....	49
3.15 แสดงอัตราค่าไฟฟ้า.....	50
3.16 แสดงการใช้ไฟฟ้าศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา.....	51
3.17 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในส่วนต่างๆของศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา.....	52
4.1 แสดงคุณสมบัติฉนวนใยแก้ว.....	57
4.2 แสดงคุณสมบัติฉนวนโฟมสารยึดหยุ่น.....	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่จำกัดโดยทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา VI และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.3 แสดงคุณสมบัติจนวนใยแร่.....	60
4.4 แสดงคุณสมบัติจนวนเพอร์ไลต์.....	61
4.5 แสดงคุณสมบัติเวอร์มิคูไลต์.....	62
4.6 แสดงคุณสมบัติโฟมโพลียูรีเทน.....	64
4.7 แสดงคุณสมบัติจนวนใยธรรมชาติ.....	66
4.8 แสดงคุณสมบัติจนวนโพลีสไตรีนโฟม.....	67
4.9 แสดงคุณสมบัติของวัสดุจนวนกันการนำและพาความร้อน.....	68
4.10 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะวัสดุจนวนที่ความหนา 0.05 ต่อ 1 ตารางเมตร.....	69
4.11 แสดงการพิจารณาเลือกจนวนชนิดแผ่น.....	71
4.12 แสดงการพิจารณาเลือกจนวนชนิดแผ่นยัดหยุ่น.....	72
4.13 แสดงการพิจารณาเลือกจนวนชนิดฉืดพ่น.....	72
4.14 แสดงคุณสมบัติจนวนสะท้อนรังสีอาทิตย์.....	74
4.15 แสดงคุณสมบัติจนวนสะท้อนแสงอาทิตย์.....	75
4.16 แสดงค่า R ตามลำดับประเภทจนวน.....	76
4.17 แสดงค่า R ตามลำดับประเภทจนวน.....	77
4.18 แสดงค่า R ตามลำดับประเภทจนวน.....	79
4.19 แสดงค่า R ตามลำดับประเภทจนวน.....	81
4.20 แสดงคุณสมบัติระบบอุปกรณ์ระบายอากาศ.....	84
4.21 แสดงประสิทธิภาพของ ระบบ เทอไบย เวนทิลเลเตอร์.....	87
5.1 แสดงปริมาณอากาศภายใต้หลังคาและเหนือพื้นที่ใช้งานก่อนปรับปรุง.....	103
5.2 แสดงความต้านทานความร้อนในหลังคา.....	104
5.3 แสดงค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคา.....	111
5.4 แสดงค่าเปรียบเทียบการปรับอากาศจากหลังคา.....	115

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน.....	2
1.2 แสดงสัดส่วนของการบริโภคไฟฟ้าโดยเฉลี่ย.....	3
2.1 แสดง Energy Content และความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	6
2.2 แสดงรังสีของดวงอาทิตย์ที่อาคาร.....	7
2.3 แสดงการสะท้อนดูดซึมและการส่งผ่านรังสี.....	8
2.4 แสดงการพาความร้อนของโมเลกุล.....	9
2.5 แสดงการสั่นของโมเลกุลวัตถุและแสดงค่าการนำความร้อนที่ต่างกัน.....	10
2.6 แสดงการสมดุลงพลังงาน.....	11
2.7 แสดงการเปรียบเทียบ ค่าการนำความร้อนของวัตถุ.....	13
2.8 แสดงขอบเขตในการควบคุมอากาศในวิธีต่างๆ.....	15
2.9 แสดงค่า ความเร็วลมเปรียบเทียบ.....	15
2.10 แสดงแนวปะทะของลมต่อของเปิดที่ทำให้อัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลง.....	17
2.11 แสดงแรงกดของอากาศที่กระทำต่อหลังคาลาดชัน.....	17
2.12 แสดงแนวความคิด สลุป เวนทิลเลชัน.....	18
2.13 แสดงการใช้ สลุป เวนทิลเลชัน ในอาคารต่างประเทศ.....	19
2.14 แสดงหลักการทํางานของ เวนทูลรี ทิว.....	19
2.15 แสดงการนำ เบนัวรี เอฟเฟค มาประยุกต์ใช้ในอาคาร.....	19
2.16 แสดงการประยุกต์การระบายอากาศด้วยปล่องใช้กับหลังคา.....	20
2.17 แสดงการระบายอากาศด้วยปล่อง.....	21
2.18 แสดงแนวพัดของลมในกรุงเทพ.....	24
3.1 แสดงการใช้งานส่วนของชั้นล่าง.....	28
3.2 แสดงการใช้งานของพื้นที่ขายสินค้าชั้นสอง.....	28
3.3 แสดงพื้นที่ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	29
3.4 แสดงผังบริเวณศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	30
3.5 แสดงผังชั้นที่ 1.....	30
3.6 แสดงผังชั้นที่ 2.....	30
3.7 แสดงผังหลังคา.....	31
3.8 รูปด้านทิศใต้ ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ VIII และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน.....	2
1.2 แสดงสัดส่วนของการบริโภคไฟฟ้าโดยเฉลี่ย.....	3
2.1 แสดง Energy Content และความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	6
2.2 แสดงรังสีของดวงอาทิตย์ที่อาคาร.....	7
2.3 แสดงการสะท้อนดูดซึมและการส่งผ่านรังสี.....	8
2.4 แสดงการพาความร้อนของโมเลกุล.....	9
2.5 แสดงการสิ้นของโมเลกุลวัตถุและแสดงค่าการนำความร้อนที่ต่างกัน.....	10
2.6 แสดงการสมดุลพลังงาน.....	11
2.7 แสดงการเปรียบเทียบ ค่าการนำความร้อนของวัตถุ.....	13
2.8 แสดงขอบเขตในการควบคุมอากาศในวิธีต่างๆ.....	15
2.9 แสดงค่า ความเร็วลมเปรียบเทียบ.....	15
2.10 แสดงแนวปะทะของลมต่อช่องเปิดที่ทำให้อัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลง.....	17
2.11 แสดงแรงกดของอากาศที่กระทำต่อหลังคาลาดชัน.....	17
2.12 แสดงแนวความคิด สกूप เวนทิลเลชัน.....	18
2.13 แสดงการใช้ สกूप เวนทิลเลชัน ในอาคารต่างประเทศ.....	19
2.14 แสดงหลักการทำงานของ เวนทูลรี ทิว.....	19
2.15 แสดงการนำ เบนอนวีรี เอฟเฟค มาประยุกต์ใช้ในอาคาร.....	19
2.16 แสดงการประยุกต์การระบายอากาศด้วยปล่องใช้กับหลังคา.....	20
2.17 แสดงการระบายอากาศด้วยปล่อง.....	21
2.18 แสดงแนวพัดของลมในกรุงเทพ.....	24
3.1 แสดงการใช้งานส่วนของชั้นล่าง.....	28
3.2 แสดงการใช้งานของพื้นที่ขายสินค้าชั้นสอง.....	28
3.3 แสดงพื้นที่ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	29
3.4 แสดงผังบริเวณศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	30
3.5 แสดงผังชั้นที่ 1.....	30
3.6 แสดงผังชั้นที่ 2.....	30
3.7 แสดงผังหลังคา.....	31
3.8 รูปด้านทิศใต้ ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.9 รูปด้านทิศเหนือ ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	31
3.10 รูปด้านทิศตะวันออก ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	31
3.11 รูปด้านทิศตะวันตก ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	32
3.12 รูปตัดตามยาว.....	32
3.11 รูปตัดตามขวาง.....	32
3.12 แสดงกรอบอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา	33
3.13 แสดงค่าหน่วยความร้อนในผนังชนิดที่ 1.....	34
3.14 แสดงค่าหน่วยความร้อนในผนังชนิดที่ 2.....	35
3.15 แสดงค่าหน่วยความร้อนในผนังชนิดที่ 3.....	36
3.16 แสดงค่าหน่วยความร้อนในผนังชนิดที่ 4.....	37
3.17 แสดงค่าหน่วยความร้อนในผนังชนิดที่ 5.....	38
3.18 แสดงโครงสร้างอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	39
3.19 แสดงรูปแบบโครงสร้างหลังคา.....	40
3.20 แสดงค่าภาระการปรับอากาศจากหลังคาคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	42
3.21 แสดงสัดส่วน OTTV. / RTTV. ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	44
3.22 แสดงพื้นที่ช่องแสง ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา.....	44
3.23 แสดงช่องแสงหลังคาศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา.....	45
3.24 แสดงช่องแสงหลังคาศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา.....	46
3.25 แสดงวัสดุหลังคาทึบ ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	47
3.26 แสดงโครงสร้างเหล็กรัดหัวเสา.....	48
3.27 แสดงการผสมผลงานงานระบบปรับอากาศในโครงสร้างหลังคา	49
3.28 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนค่าไฟฟ้าศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา	52
3.29 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนการบริโภคไฟฟ้าศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	53
3.30 แสดงสัดส่วน OTTV. / RTTV ของอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา	53
4.1 แสดงแผ่นยิปซัมบอร์ด.....	55
4.2 แสดงฉนวนใยแก้วยัดหุ้ม.....	57
4.3 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านเส้นใยฉนวนใยแก้ว.....	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.4 แสดงฉนวนโพลียูรีเทนชนิดฉีดพ่นใต้หลังคา.....	63
4.5 แสดงฉนวนโพลียูรีเทนชนิดฉีดพ่นบนหลังคา.....	64
4.6 แสดงฉนวนใยธรรมชาติชนิดแผ่น.....	65
4.7 แสดงฉนวนใยธรรมชาติชนิดฉีดพ่นยึดติดกับวัสดุฉนวน.....	65
4.8 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะวัสดุฉนวนชนิดแผ่น.....	70
4.9 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะฉนวนแผ่นยืดหยุ่น.....	70
4.10 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะฉนวนประเภทฉาบเสริม.....	70
4.11 แสดงฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์.....	73
4.12 แสดงการฉีดพ่นฉนวนเซรามิค.....	74
4.13 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะฉนวนสะท้อนแสงอาทิตย์.....	75
4.14 แสดงการติดตั้งฉนวนเหนือวัสดุฉนวนหลังคา.....	76
4.15 แสดงการติดตั้งฉนวนเหนือแป.....	77
4.16 แสดงแนวความคิดการติดตั้งฉนวนพ่นเหนือแป.....	78
4.17 แสดงการติดตั้งฉนวนใต้แป.....	78
4.18 แสดงแนวความคิดการติดตั้งฉนวนพ่นใต้แป.....	79
4.19 แสดงการติดตั้งฉนวนเหนือฝ้าเพดาน.....	80
4.20 แสดงแนวความคิดการติดตั้งฉนวนพ่นเหนือฝ้าเพดาน.....	81
4.21 แสดงแนวความคิดการติดตั้งฉนวนพ่นเหนือฝ้าเพดาน.....	82
4.22 แสดงอุปกรณ์ระบายอากาศในลักษณะสแลค แอฟแฟค.....	84
4.23 แสดงลักษณะของ พัดลม เทอไบย.....	85
4.24 แสดงการทำงานของพัดลมในลักษณะ เทอไบย แอฟแฟค.....	86
4.25 แสดงการทำงานของพัดลมในลักษณะ การระบายอากาศด้วยปล่อง.....	86
4.26 แสดงส่วนประกอบของเทอไบยเวนทิลเลเตอร์.....	87
4.27 แสดงการติดตั้ง เทอไบยเวนทิลเลเตอร์ แบบ Single Unit.....	87
4.28 แสดงการติดตั้ง เทอไบยเวนทิลเลเตอร์ แบบ Multiple Units.....	88
4.29 แสดงการติดตั้ง เทอไบยเวนทิลเลเตอร์ แบบ Lift Motor room.....	88
4.30 แสดงบริเวณที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ดักอากาศ.....	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

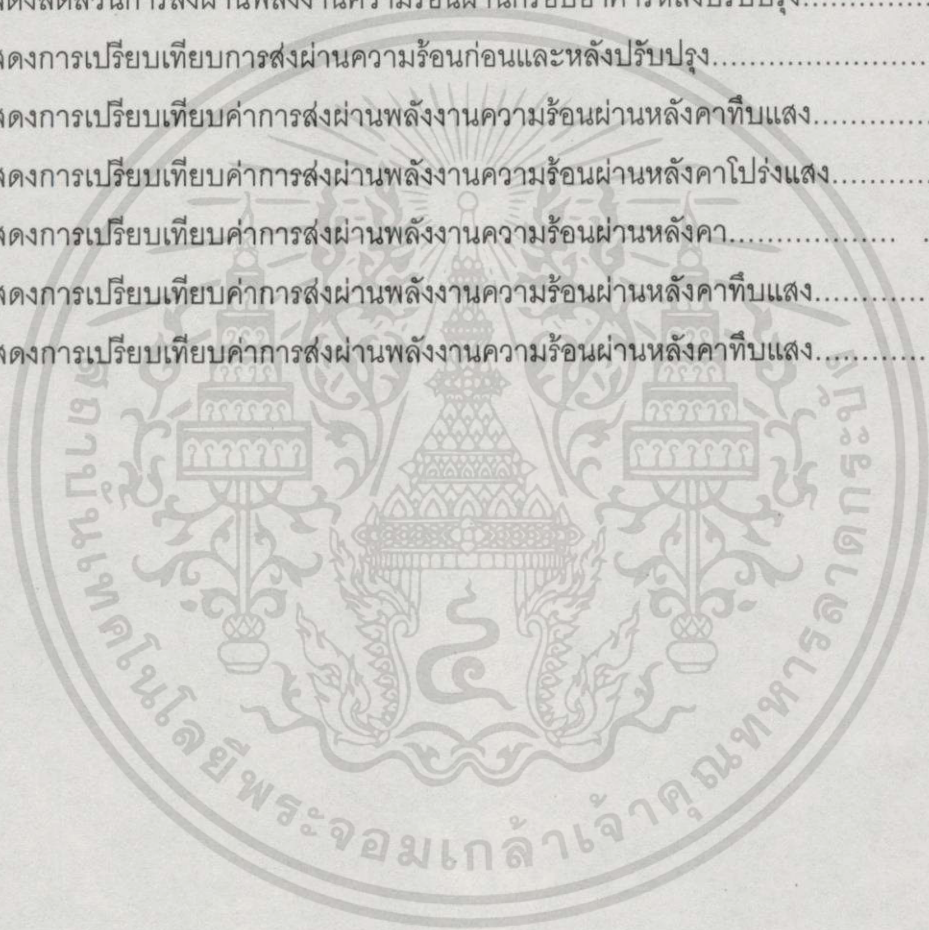
ภาพที่	หน้า
4.31 แสดงบริเวณที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ.....	90
4.32 แสดงบริเวณที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ดักอากาศ ตามการคำนวณ.....	92
5.1 แสดงการจัดวางชั้นสินค้าในส่วนพื้นที่ขาย.....	94
5.2 แสดงการจัดวางสินค้าในชั้นวางสินค้า.....	94
5.3 แสดงการจัดวางสินค้าในชั้นวางสินค้า.....	95
5.4 แสดงการใช้พื้นที่แนวตั้งของชั้นวางสินค้า.....	95
5.5 แสดงการพิจารณาการออกแบบช่องว่างอากาศที่ 0.10.....	96
5.6 แสดงการออกแบบช่องว่างอากาศที่ 0.5 0.....	96
5.7 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์จ่ายลมเย็นก่อนมีฝ้าเพดาน.....	97
5.8 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์จ่ายลมเย็นหลังติดตั้งฝ้าเพดาน.....	98
5.9 แสดงระดับโคมไฟแสงสว่างและการติดตั้งก่อนปรับปรุงฝ้าเพดาน.....	98
5.10 แสดงระดับโคมไฟแสงสว่างหลังปรับปรุงฝ้าเพดาน.....	98
5.11 แสดงการเรียงลำดับชั้นวิศวกรรมระบบ หลังปรับปรุงฝ้าเพดาน.....	100
5.12 แสดงลำดับชั้นของวัสดุฉนวน.....	102
5.13 แสดงการติดตั้งฉนวนใยธรรมชาติ.....	102
5.14 แสดงลักษณะการลดระดับฉนวนในส่วนพื้นที่ขาย.....	102
5.15 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศเหนือพื้นที่ใช้งาน.....	103
5.16 แสดงการเรียงอุณหภูมิวัสดุหลังคาที่ได้รับการปรับปรุงระบบฉนวน.....	104
5.17 แสดงระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ระบายอากาศ.....	106
5.18 แสดงพื้นที่ในการติดตั้งต่อหนึ่งตัว.....	106
5.19 แสดงระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ระบายอากาศหลายตัว.....	106
5.20 แสดงการวางอุปกรณ์ระบายอากาศให้เหลื่อมกันเพื่อประสิทธิภาพการระบายอากาศ.....	107
5.21 ผังหลังคาแสดงการจัดอุปกรณ์ระบายอากาศ.....	107
5.22 แสดงความถี่ของตาข่าย.....	108
5.23 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ดักอากาศกับศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	109
5.24 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ดักอากาศกับศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา.....	109
5.25 การติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศและดักอากาศ.....	110
5.26 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคา.....	112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ให้นำไปใช้ประโยชน์ได้ตามที่เห็นสมควร

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.27 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคาก่อนและ หลังปรับปรุงระบบฉนวน.....	112
5.28 แสดงสัดส่วนการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านกรอบอาคารก่อนปรับปรุง.....	113
5.29 แสดงสัดส่วนการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านกรอบอาคารหลังปรับปรุง.....	113
5.30 แสดงการเปรียบเทียบการส่งผ่านความร้อนก่อนและหลังปรับปรุง.....	114
5.31 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคาที่บดแสง.....	114
5.32 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคาโปร่งแสง.....	116
5.33 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคา.....	116
5.34 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคาที่บดแสง.....	117
5.35 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคาที่บดแสง.....	117



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการเปลี่ยนแปลงบทบาททางการค้าและการลงทุนของประเทศไทยสู่การค้าโลก ทำให้เกิดการลงทุนจากต่างชาติทั้งภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม และการค้าอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 มีอัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวม (GDP.) ถึงร้อยละ 8.3 ต่อปี ในช่วงปี พ.ศ. 2535-2538

จากการเจริญเติบโตดังกล่าวส่งผลให้เกิดความต้องการพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานปัจจัยพื้นฐานโดยในปี พ.ศ.2539 อัตราเพิ่มของการใช้ไฟฟ้าเป็น 1.4 เท่าของ GDP. ในขณะที่การผลิตพลังงานไฟฟ้ามีอัตราเพิ่มต่อปีในช่วงดังกล่าวร้อยละ 13.7 จาก 24,779 ล้านหน่วยในปี พ.ศ. 2529 เป็น 78,879 ล้านหน่วยในปี พ.ศ. 2538 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่บริการของการไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และผู้ใช้ไฟฟ้าตรง

หน่วย : ล้านหน่วย

ปี	การไฟฟ้านครหลวง				การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค				ผู้ใช้ไฟฟ้าตรง	รวม
	บ้านอยู่อาศัย	ธุรกิจอุตสาหกรรม	อื่นๆ	รวม	บ้านอยู่อาศัย	ธุรกิจอุตสาหกรรม	อื่นๆ	รวม		
2529	2,108	7,685	868	10,661	2,578	5,788	991	9,357	1,037	21,055
2539	5,594	22,333	1,298	29,255	8,574	26,927	2,572	38,117	2,012	69,355
2549(F)	11,804	46,516	60,368	60,368	20,778	60,050	4,676	85,506	2,895	148,768

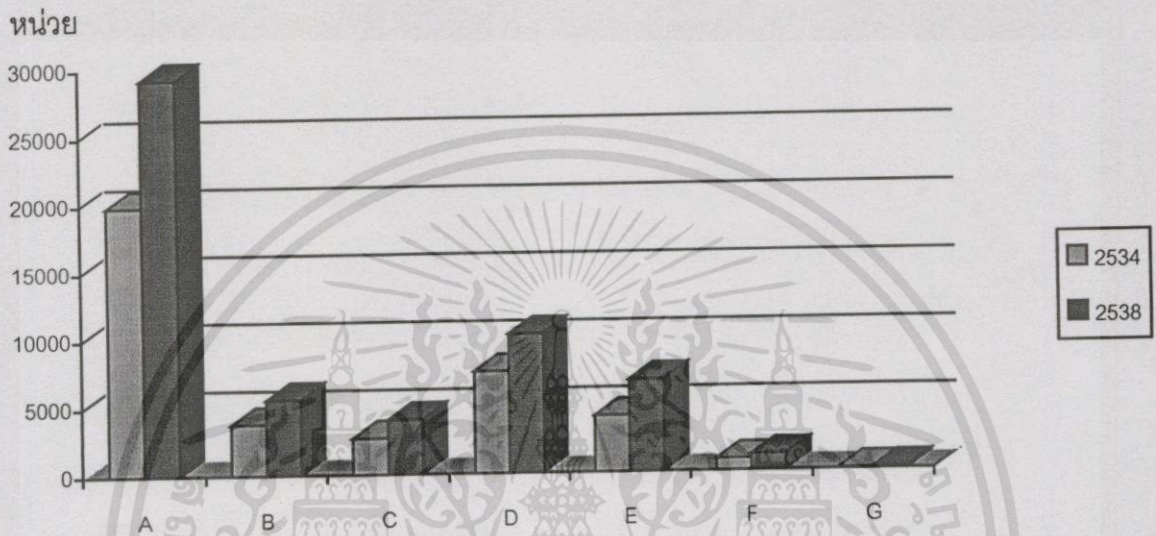
ตารางที่ 1.2 จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่บริการของการไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และผู้ใช้ไฟฟ้าตรง

หน่วย : ราย

ปี	กฟน.				กฟภ.				ผู้ใช้ไฟฟ้าตรง	รวม
	บ้านอยู่อาศัย	ธุรกิจอุตสาหกรรม	อื่นๆ	รวม	บ้านอยู่อาศัย	ธุรกิจอุตสาหกรรม	อื่นๆ	รวม		
2529	7,923,071	197,994	9,408	999,709	4,318,156	181,795	42,047	4,541,998	12	5541,707
2539	457,385	347,905	13,518	1,818,808	8,10,488	505,879	118,505	9,034,872	12	69,355
2549(F)	2,452,415	553,931	22,217	3,028,563	12,576,935	881,273	239,857	13,698,065	12	148,768

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 1.2 จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่อยู่ในประเภท บ้านที่อยู่อาศัย แต่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุดจะอยู่ในภาคธุรกิจอุตสาหกรรม โดยหากแจกแจงถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าตามกลุ่มของผู้ใช้พบว่าอัตราการบริโภคไฟฟ้าของกลุ่มธุรกิจขนาดกลางมาเป็นอันดับหนึ่ง



ภาพที่ 1.1 เปรียบเทียบการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้า โดยแยกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 – 2538 จากรายงานประจำปี พ.ศ. 2538, การไฟฟ้านครหลวง

A บ้านที่อยู่อาศัย
B กิจกรรมขนาดเล็ก
C กิจกรรมขนาดกลาง
D กิจกรรมขนาดใหญ่
E กิจกรรมเฉพาะอย่าง
F ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร
G ไฟสาธารณะและไฟถนน

ธุรกิจศูนย์รวมสินค้า (Super store) นับเป็นกิจกรรมขนาดกลางอีกประเภทหนึ่งที่กำลังเจริญเติบโตรวดเร็วในประเทศไทย โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานครและจังหวัดหลักๆ ที่ลูกค้ามีพฤติกรรมซื้อสินค้าที่มีราคาขายต่ำแต่ต้องซื้อคราวละมากๆ โดยเฉพาะการซื้อสินค้าอุปโภคบริโภค จากการศึกษาพบว่าอาคารประเภทดังกล่าวมีอัตราบริโภคไฟฟ้าสูงโดยส่วนใหญ่จะเป็นการใช้พลังงานไปเพื่อการปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.3 การบริโภคไฟฟ้าโดยเฉลี่ยของอาคาร ประเภทศูนย์รวมสินค้า

ลำดับ	ชื่ออาคาร	Peak สูงสุด (กิโลวัตต์)	Peak เฉลี่ย (กิโลวัตต์)	พลังงานไฟฟ้า/เดือน (กิโลวัตต์ต่อเดือน)
1	บ.สยามจัดโก้ (รัตนวิเบศร์)	4,240	3,782	1,649,025
2	บ.สยามจัดโก้ (รัชดา)	2,040	2,000	808,495
3	บ.สยามแมคโคร จำกัด เชียงใหม่	1,400	1,260	438,570
4	บ.แพริทลาซ่า (ขอนแก่น)	2,576	9,220	802,667
TOTAL		10,256	16,262	3,699,057



จะเห็นได้ว่า พลังงานไฟฟ้าที่บริโภคโดยอาคารศูนย์รวมสินค้า ส่วนใหญ่ถูกใช้ไปเพื่อการปรับอากาศ เพื่อปรับความสบายทางอุณหภูมิให้กับผู้ใช้อาคาร ดังภาพประกอบที่ 1.2 ได้แสดงให้เห็นถึงค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าในอาคารศูนย์รวมสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.4 แสดงค่าดัชนีการบริโภคพลังงานของ 6 อาคารประเภทศูนย์รวมสินค้าและศูนย์การค้า

รหัสอาคาร	สัดส่วนการบริโภคไฟฟ้า			Electrical Energy Index/c	ระบบปรับอากาศ	ระบบแสงสว่าง	OTTV. (วัดต่อ ตรม.)
	ระบบปรับอากาศ	แสงสว่าง	อื่นๆ				
NDP-0001	26.1	15.0	58.9	86.6	705.8	10.6	83.9
NDP-0001	32.0	30.6	37.3	353.6	806.3	13.5	42.7
NDP-0001	75.6	5.8	18.6	170.3	586.2	24.6	42.2
BDP-0001	35.0	26.3	38.7	532.0	1270.7	29.5	51.8
BDP-0001	47.7	25.7	26.6	168.2	705.1	14.0	51.7
BDP-0001	51.5	8.9	39.6	538.5	885.6	10.8	49.1
NEDP-001	46.0	20.0	34.0	281.8	617.8	11.1	43.0
ค่าเฉลี่ย	44.8	18.9	36.3	304.4	796.8	16.3	52.1

จากตารางที่ 1.4 จะเห็นได้ว่า ค่าการส่งผ่านความร้อนของอาคารประเภทศูนย์รวมสินค้ามีค่าใกล้เคียงกับค่าสูงสุดที่กำหนดไว้ 55 วัตต์ต่อตารางเมตร สำหรับอาคารที่ขออนุญาตก่อนปี พ.ศ.2535 และเกินข้อกำหนด 45 วัตต์ต่อตารางเมตร สำหรับอาคารที่ขออนุญาตหลังปี พ.ศ.2535 โดยเฉพาะค่าแสงสว่างโดยส่วนใหญ่ อาคารศูนย์รวมสินค้า จะใช้แสงประดิษฐ์เพียงอย่างเดียว หากพิจารณาจากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เพื่อแสงสว่างโดยส่วนใหญ่จะเกิน 45 วัตต์ต่อตารางเมตร แทบทั้งสิ้น ทั้งนี้มาจากการออกแบบกรอบอาคาร มักจะออกแบบตามมาตรฐานของรูปแบบสถาปัตยกรรมในประเทศแถบฤดูหนาว โดยเฉพาะหลังคาซึ่งรับพลังงานความร้อนและแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ และท้องฟ้าโดยตรง น่าจะมีแนวทางออกแบบให้ลดการส่งผ่านความร้อนและมีช่องแสงเพื่อนำแสงสว่างมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1. เพื่อศึกษารูปทรงของหลังคาและคุณสมบัติของวัสดุของหลังคาที่มีผลต่อการส่งผ่านความร้อนและแสงสว่าง
2. เพื่อปรับปรุงรูปแบบ หลังคาอาคารศูนย์รวมสินค้า อาคารตัวอย่างเพื่อลดการส่งผ่านความร้อน
3. เพื่อนำเสนอวัสดุหลังคาที่เหมาะสมสำหรับอาคารศูนย์รวมสินค้า อาคารคาร์ฟูร์ สาขารามอินทรา

4. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าสำหรับผู้สนใจต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตในการวิจัย

1. ศึกษาพฤติกรรม วัสดุ และการใช้โครงสร้างช่วงกว้าง (Wide span) ของอาคารศูนย์รวมสินค้าส่งตัวอย่าง เพื่อลดภาระการปรับอากาศ
2. ศึกษาและกำหนดวัสดุ หลังคา และปัจจัยต่าง ๆ เพื่อนำคุณสมบัติที่เหมาะสมมาใช้ในการออกแบบเพื่อลดการส่งผ่านความร้อน
3. ศึกษาหลังคาอาคารศูนย์รวมสินค้าส่งเพื่อการประหยัดพลังงาน กรณีอาคารศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ สาขารามอินทรา
4. ตรวจสอบผลที่ได้จากการออกแบบโดยใช้ เครื่องประมวลผลโปรแกรมหาค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านกรอบหลังคา และสูตรการคำนวณภาระการปรับอากาศภายในอาคาร

1.4 วิธีและขั้นตอนในการวิจัย

1. การศึกษาพฤติกรรมการใช้อาคาร และลักษณะโดยทั่วไปของอาคารลักษณะ โครงสร้าง ช่วงกว้าง ของศูนย์รวมสินค้าส่ง
2. การศึกษาปัญหาเบื้องต้น โดยศึกษาจากรายงานการวิจัย บทความทางวิชาการจากการสังเกตและทดสอบจากอาคารตัวอย่าง ประเภทศูนย์รวมสินค้าส่ง
3. การวางแผนและศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ เพื่อมุ่งเน้นการแก้ปัญหาของหลังคาที่มีต่อผลภาระการปรับอากาศของอาคารศูนย์รวมสินค้าส่ง
4. นำเสนอรูปแบบหลังคาอาคารศูนย์รวมสินค้าส่ง เพื่อการประหยัดพลังงานหลังจากที่ได้ศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ
5. ทำการคำนวณภาระการปรับอากาศเปรียบเทียบกับอาคารที่เป็นอยู่

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นำเสนอการปรับปรุงรูปแบบ หลังคาศูนย์รวมสินค้าส่งเพื่อลดการส่งผ่านความร้อน
2. พิสูจน์ด้วยการคำนวณให้ทราบว่า การปรับปรุงรูปแบบหลังคาที่เหมาะสมจะสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าได้
3. เพื่อเป็นการส่งเสริมการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า อันจะเป็นส่วนหนึ่งของการออมพลังงานไฟฟ้าของประเทศ สำหรับอาคารประเภทศูนย์รวมสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

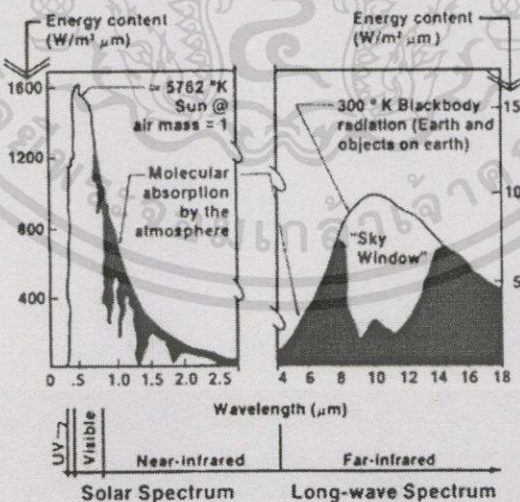
การศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การส่งผ่านพลังงาน

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานโดยส่งในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงยาวคลื่นระหว่าง 290 ถึง 2300 nm (nm = สิบยกกำลังลบเก้า) ในลักษณะคลื่นสั้นและคลื่นยาว โดย

รังสีคลื่นสั้น คือ คลื่นรังสีที่อยู่ในความยาวคลื่น ระหว่าง 0.4-0.7 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นคลื่นที่ตาเปล่ามนุษย์สามารถมองเห็นได้ สามารถนำแท่งแก้วปริซึมมาแยกออกเป็นแสงสีต่าง ๆ ได้ 7 สี ซึ่งเรียกว่า สเปกตรัมของแสงความร้อนที่เกิดจากรังสีคลื่นสั้นนี้ จะเป็นความร้อนในรูปของแสงสว่าง โดยจะมีคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต ส่วนหนึ่ง (0.3-0.4ไมครอนรวม)อยู่ในคลื่นด้วย ซึ่งจะมีผลต่อผิวหนังมนุษย์ สีและการเสื่อมสภาพของวัสดุ รังสีคลื่นสั้นจะสะท้อนได้ดีในวัตถุสีขาวหรือสีอ่อน แต่จะดูดซึมในวัตถุสีทึบหรือสีดำ

รังสีคลื่นยาว คือรังสีที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 0.7-1.5 ไมโครเมตร เป็นคลื่นรังสีความร้อนที่ตาเปล่ามนุษย์ไม่สามารถเห็นได้ รังสีในช่วงคลื่นนี้จะประกอบด้วย รังสี เนียอินฟราเรด และ ฟาอินฟราเรด ผลกระทบของรังสีทั้งสอง คือเมื่อ รังสีคลื่นยาวกระทบวัตถุใด ๆ จะเกิดปฏิกิริยาทำให้วัตถุนั้นมีอุณหภูมิ เพิ่มขึ้น รังสีคลื่นยาวจะสะท้อนได้ดีในวัตถุที่มีผิวมันและเป็นเงา เช่น อลูมิเนียมพอยล์



ภาพที่ 2.1 ความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ของดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 .พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ส่งผลต่ออาคาร

ดวงอาทิตย์ส่งผ่านพลังงานสู่อาคารในลักษณะคลื่นไฟฟ้า โดยคลื่นที่ส่งผลทำให้อาคารมีอุณหภูมิสูงขึ้นคือ รังสีความร้อน โดยสามารถอธิบายประเภทของรังสีที่ส่งผลต่ออาคารได้ดังนี้

รังสีตรง (Direct radiation) มีความยาวคลื่นประมาณ 0.3 – 4 ไมครอน จะเป็นรังสีคลื่นสั้นซึ่งเคลื่อนที่จากแหล่งพลังงานผ่านบรรยากาศมายังผิวโลก มีทิศทางที่สามารถคำนวณได้แน่นอน

รังสีกระจาย (Diffuse radiation) เป็นรังสีคลื่นสั้นที่ถูกกระเจิง โดยโมเลกุลของอากาศไอน้ำและฝุ่นละออง มีทิศทางไม่แน่นอน

รังสีรวม (Total or global radiation) เป็นผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจาย เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบวัตถุต่าง ๆ บนพื้นโลก จะทำให้วัตถุเหล่านั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นและแผ่รังสีอินฟราเรดซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาว โดยมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.7-1.5 ไมโครเมตร

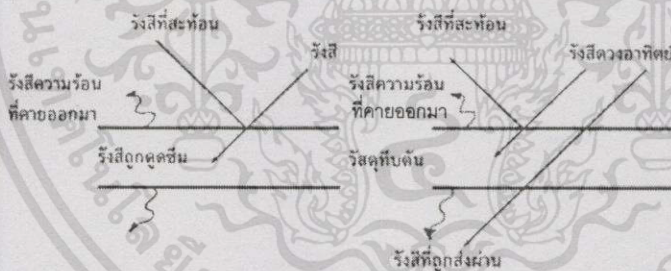


ภาพที่ 2.2 แสดงรังสีดวงอาทิตย์ที่อาคารได้รับ

2.3 การแผ่รังสี (Radiation)

การแผ่รังสีของวัตถุจะขึ้นอยู่กับสภาพพื้นผิวของวัตถุที่คายรังสีและพื้นผิวของวัตถุที่รังสี วัตถุต่าง ๆ จะมีค่าการดูดความร้อน (Absorptivity) การสะท้อนรังสี ความร้อน(Reflectivity) ต่างกัน วัตถุที่มีค่าดูดซึมรังสี ฟาอินฟาเรด คือวัสดุผิวหยาบ คุณสมบัตินี้เรียกว่า การคายความร้อน (Emissivity) โดยมีแนวความคิดที่สามารถอธิบายคุณสมบัติดังกล่าว คือ

- ค่าการคายความร้อน (ϵ) คือความสามารถของวัสดุและพื้นผิวที่สามารถแผ่พลังงานออกมา
- ค่าการดูดความร้อน (α) คือความสามารถของวัสดุและผิวในการดูดซึมความร้อน
- การสะท้อนรังสีความร้อน(ρ) คือความสามารถของวัสดุที่สามารถแผ่รังสีความร้อนออกมา
- การถ่ายเทความร้อน (τ) คือค่าการผ่านเข้ามาได้ของปริมาณความร้อนความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 2.3 แสดงการสะท้อน ดูดซึม และ ส่งผ่านรังสี

ค่าการคายรังสีมีช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ในวัสดุใด ๆ ค่าการคายรังสี รวมกับค่าการส่งผ่านรังสี รวมกับค่าการสะท้อนรังสี จะต้องเท่ากับหนึ่ง วัสดุที่มีผิวทึบตัน จะมีค่าการส่งผ่านรังสีเท่ากับศูนย์ ในการพิจารณา ค่าการสะท้อนและดูดซึมของวัสดุต่อรังสีพบว่า หากรังสีเป็นช่วงคลื่นฟาอินฟาเรด มีการตอบสนองทั้งในด้านสะท้อนและดูดซึมแตกต่างจากแสงอาทิตย์เช่น วัสดุสีขาวจะสะท้อนแสงอาทิตย์ได้ดี และวัสดุสีจะสามารดูดซึมแสงอาทิตย์ในช่วงคลื่น ฟาอินฟาเรด วัสดุสีขาวจะดูดซึมพลังงานได้มากกว่าเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การพาความร้อน (Convection)

จะมีตัวกลางเป็นตัวพาความร้อนโดยทั่วไปจะเป็นก๊าซหรือของเหลวการเคลื่อนที่ของอนุภาคเกิดขึ้นโดยการแลกเปลี่ยนอนุภาควิธีระหว่างโมเลกุล โดยมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง 3 ข้อ คือ อนุภาคที่แตกต่างกัน

อัตราเคลื่อนที่ของตัวกลางเองในหน่วยของ กิโลกรัมต่อวินาทีหรือ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ค่าการนำความร้อนของตัวกลางเองในหน่วยของจูลต่อกิโลกรัม องศาเซลเซียส หรือเป็น จูลต่อลูกบาศก์เมตรองศาเซลเซียส อัตราการพาความร้อนใช้สูตรดังนี้

$$qv = 1300 \times v \times \Delta T$$

เมื่อ qv = ความร้อนจากอัตราการระบายอากาศเป็น วัตต์

1300 = ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนของอากาศเป็นปริมาตรจูลต่อลูกบาศก์เมตรต่อองศาเซลเซียส

v = อัตราการระบายอากาศหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

Δt = อนุภาคที่แตกต่างกัน เป็นองศาเซลเซียส

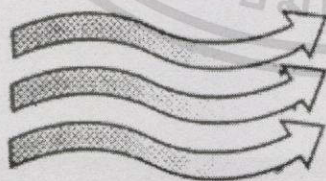
ถ้า กำหนดตัวเลขของ อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ต่อชั่วโมงให้ (N) อัตราการระบายอากาศก็สามารถหาได้ดังนี้

$$V = \frac{N \times \text{ปริมาตรของห้อง}}{3600}$$

3600

(3,600 คือ เปลี่ยนชั่วโมงให้เป็นวินาที)

Wind carries water vapor away



Cold air



Liquid evaporation from surface

Warm liquid



Liquid water



ภาพที่ 2.4 แสดงการพาความร้อนของโมเลกุล

2.5 การนำความร้อน (Conduction)

การเคลื่อนที่ของความร้อนโดยลักษณะการนำเกิดขึ้นโดย ความร้อนจะส่งผ่านอนุภาคที่สูงกว่าไปยังที่อนุภาคต่ำกว่า โดยอาศัยตัวกลาง คือ การสั่นของโครงสร้างโมเลกุลของวัตถุนั้น ย่อมหมายถึง หากไม่มีการสั่นของโมเลกุลการส่งผ่านของความร้อนโดยการนำจะไม่เกิดขึ้น เช่น บริเวณสูญญากาศจากคุณสมบัติทางโครงสร้างโมเลกุล ของวัตถุที่แตกต่างกัน ทำให้อัตราการผ่านความร้อน ของวัตถุแต่ละชนิดย่อมแตกต่างกัน

การนำความร้อนผ่านวัตถุ ในพื้นที่ที่กำหนด จะใช้สมการดังนี้

$$Q_c = a \times u \times \Delta T$$

เมื่อ Q_c = อัตราตัวนำความร้อน เป็น วัตต์

a = พื้นที่ผิว เป็นตารางเมตร

u = ค่า Transmittance เป็น วัตต์ต่อตารางเมตร องศาเซลเซียส

ΔT = อุณหภูมิแตกต่าง

ถ้ามี การสูญเสียความร้อน เกิดขึ้นจากอาคาร

$$\Delta T = t_i - t_o$$

ถ้ามี Heat gain เกิดขึ้นในอาคาร (เปิดแอร์ภายใน)

$$\Delta T = t_o - t_i$$

และถ้ากรอบอาคารถูกแดดโดยตรง

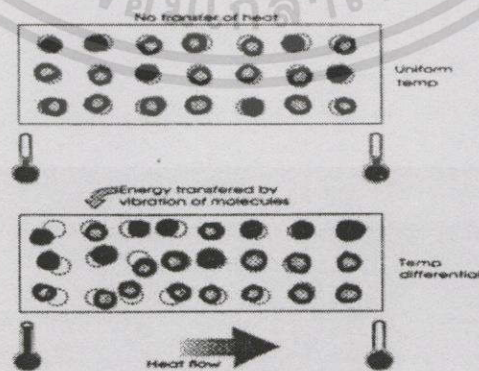
$$\Delta T = t_s - t_i$$

เมื่อ t_i = อุณหภูมิภายใน

t_o = อุณหภูมิภายนอก

เมื่อ t_s = อุณหภูมิผิวภายนอกวัสดุ

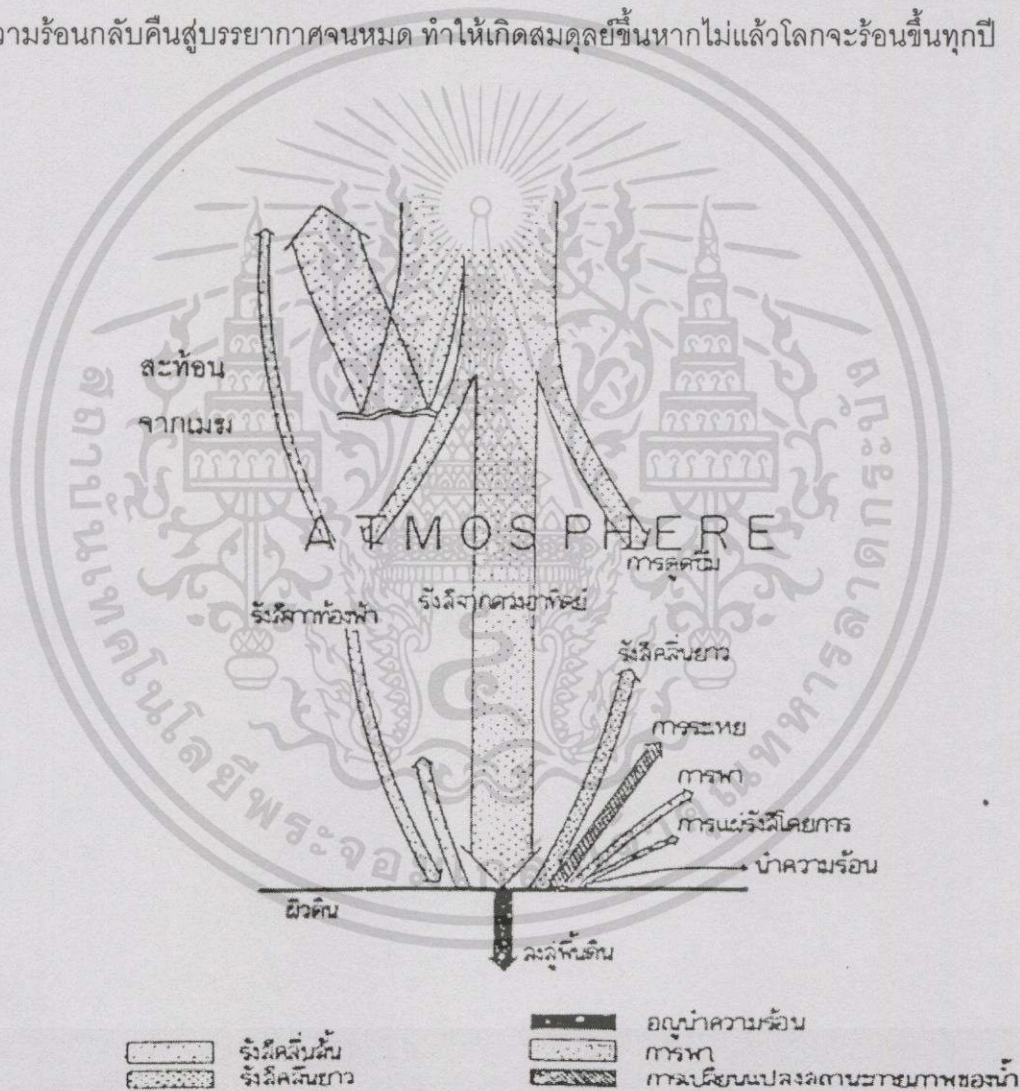
หากอาคารมีกรอบอาคารแตกต่างกันก็ให้คิดเฉพาะแต่ละกรอบอาคารแล้วนำผลลัพธ์ได้มารวมกัน



ภาพที่ 2.5 แสดงการสั่นของโมเลกุลวัตถุและแสดงค่าการนำความร้อนที่แตกต่างกัน

2.6 สมดุลย์พลังงาน

การส่งพลังงานแสงอาทิตย์สู่โลกในตอนกลางวันทำให้อุณหภูมิทั่วไปสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโลกได้รับการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ และเกิดการสะสมความร้อนในผิวดินและวัตถุตามลักษณะความสามารถในการดูดซึมความร้อนของวัตถุในแต่ละชนิดโดยวัตถุจะหมดภาระการรับการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์เมื่อดวงอาทิตย์ตกในช่วงเย็น โดยในขณะที่รับการแผ่รังสีที่วัตถุจะสะสมความร้อน ตามคุณสมบัติของตัววัตถุ ในขณะที่เดียวกันก็จะคายความร้อนออกมาด้วยตามความสามารถในการเก็บพลังงานความร้อนของวัตถุ ในช่วงบ่ายและเวลากลางคืนผิวดินและวัตถุก็จะส่งผ่านความร้อนกลับคืนสู่บรรยากาศจนหมด ทำให้เกิดสมดุลย์ขึ้นหากไม่แล้วโลกจะร้อนขึ้นทุกปี



ภาพที่ 2.6 แสดงการสมดุลย์พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 อุณหภูมิผิวของวัตถุ

อุณหภูมิ ไชลแอร์คือ อุณหภูมิบริเวณผิวของวัตถุด้านนอกซึ่งจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเนื่องจาก ได้รับอิทธิพลของการแผ่รังสีสะท้อนของผิวนอกวัตถุโดยตรง ในคำจำกัดความของ อาชเร่ Ashrae (1989) หมายถึงอุณหภูมิสมมุติของอากาศที่ติดกับผิววัสดุช่วงที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงแดดและการเปลี่ยนแปลงรังสีที่จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน เข้าสู่อาคาร เทียบเท่ากับสถานะที่มีอิทธิพลจริงจากรังสีดวงอาทิตย์ จากการเปลี่ยนแปลงรังสีความร้อนกับห้อง ฟ้าจากสภาพแวดล้อมรอบตัวและจากการถ่ายเทความร้อนกับอากาศ หากอุณหภูมิของ ผิวของวัตถุ สูงมากเท่าไรความแตกต่างอุณหภูมิภายในกับภายนอกก็แตกต่างกันมากขึ้น

สูตรการหา ผิวของวัตถุ

$$T_s = T_o + I \times a$$

เมื่อ T_s = อุณหภูมิไชล - แอร์ องศาเซลเซียส

T_o = อุณหภูมิภายนอก องศาเซลเซียส

I = ความเข้มของการแผ่รังสี วัตต์ต่อตารางเมตร

a = การดูดความร้อนที่ผิว

F_o = การนำความร้อนที่ผิววัสดุ (ด้านนอก) วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส

จากสูตร จะพิจารณาได้ว่า ค่าการนำความร้อนที่ผิววัสดุ มีค่ามากเท่าไร ยิ่งเป็นผลดี เนื่องจากอุณหภูมิที่ผิววัสดุ จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอากาศโดยรอบ ทำให้วัสดุ เร่งการระบายความร้อน ออกสู่อากาศก่อนที่จะถูกนำเข้าสู่ตัววัสดุ แต่ในทางตรงข้ามหากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเป็นอากาศได้หลังคาก็จะทำให้การถ่ายเทความร้อน สู่อากาศได้หลังคาได้รวดเร็วมากขึ้น

2.8 การหน่วงความร้อนของวัตถุ (Time lag)

เมื่อวัตถุสะสมความร้อนไว้ในปริมาณที่ทำให้ตัววัตถุเองมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศรอบข้าง วัตถุนั้นก็จะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับวัตถุหรืออากาศรอบข้างจนกระทั่งวัตถุมีอุณหภูมิต่ำลงเท่ากับอากาศ โดยการถ่ายเทความร้อนของวัตถุจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติการจุความร้อน เราจะเรียกช่วงเวลาที่วัตถุรับพลังงานจากด้านหนึ่งจนกระทั่งส่งผ่านวัตถุไปเพิ่มอุณหภูมิผิววัตถุอีกด้านหนึ่งว่าการหน่วงความร้อนของวัตถุ ใช้สัญลักษณ์ θ

การประมาณค่า หน่วงความร้อนของวัตถุทุกชนิด จากสูตร

$$\theta = 1.38 L \sqrt{1/\alpha}$$

โดย θ = ค่าหน่วงความร้อนของวัตถุ มีหน่วยเป็นชั่วโมง

L = ความหนาวัสดุ มีหน่วยเป็นเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

α = Thermal diffusivity มีหน่วยเป็นตารางเมตรต่อชั่วโมง

$$\alpha = \lambda / \rho c$$

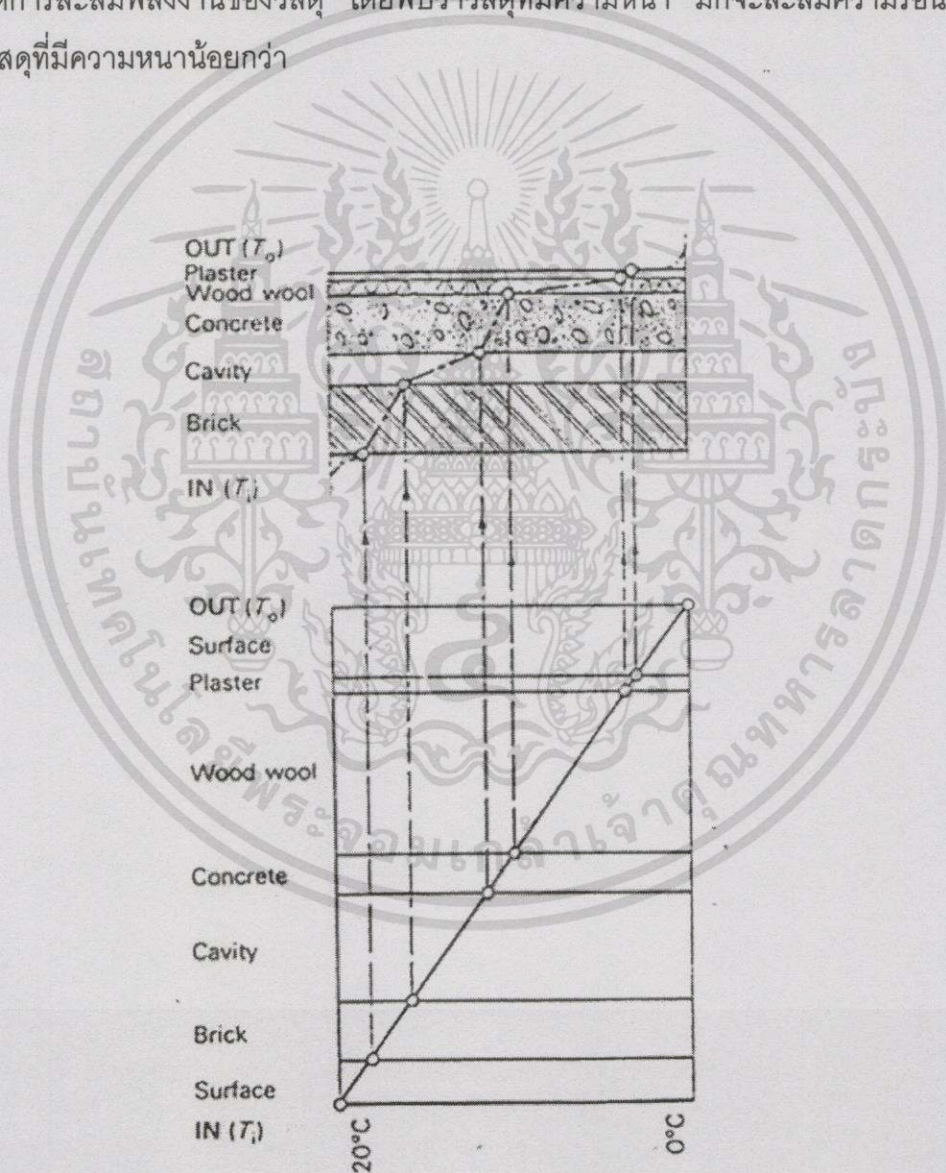
ρ = ความหนาแน่นของวัสดุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

c = ความจุจำเพาะของความร้อน มีหน่วยเป็นเคลวินต่อกิโลกรัมต่อองศา

เซลเซียส

λ = ค่าการนำความร้อน มีหน่วยเป็นเคลวินต่อกิโลกรัมต่อองศาเซลเซียส

หากพิจารณาจากสูตร จะพบว่าปัจจัยที่สำคัญสองปัจจัยคือ ความหนาวัสดุและคุณสมบัติการสะสมพลังงานของวัสดุ โดยพบว่าวัสดุที่มีความหนา มักจะสะสมความร้อนได้ดีมากกว่าวัสดุที่มีความหนาน้อยกว่า



ภาพที่ 2.7 แสดงค่าเปรียบเทียบการหน่วงความร้อนของวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การระบายอากาศ

เมื่อหลังคาร์รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ วัสดุหลังคาจะเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะหลังคาโลหะจะมีอุณหภูมิวัสดุสูงกว่า อากาศโดยรอบหลายเท่าตัว พร้อมกับการเปล่งคลื่นความร้อน ไปสู่ด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยมากจะเป็นอากาศใต้หลังคา เนื่องจากบนผิวหลังคาจะมีอุณหภูมิผิวของวัตถุ ซึ่งสูงกว่า ในการส่งผ่านความร้อนเช่นนี้ส่งผลโดยตรงต่ออุณหภูมิอากาศใต้หลังคา และจะเป็นภาระการปรับอากาศอย่างยิ่ง โดยเฉพาะหากอาคารดังกล่าวไม่มีฝ้าเพดานทำให้ได้รับการส่งผ่านความร้อนสู่พื้นที่ใช้งานได้รวดเร็วขึ้น

ในสภาวะที่อุณหภูมิอากาศนอกอาคารโดยรอบ (Ambient temperature) มีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายในใต้หลังคานำไปสู่แนวคิดการเปลี่ยนอากาศจากภายนอกเข้ามาสู่ภายในใต้หลังคา โดยมีหลักการดังนี้

การป้อนอากาศบริสุทธิ์ (Supply fresh air) เหมาะกับบริเวณที่มีมนุษย์อยู่อาศัย เพื่อเปลี่ยนอากาศที่บริสุทธิ์ เข้ามาแทนที่อากาศเดิมที่มีคุณภาพลดลงตามการใช้งาน

การทำความเย็นโดยการพา (Convection cooling) หลักการคือ การเปลี่ยนอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า อากาศที่ต้องการเปลี่ยน จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการแลกเปลี่ยนอากาศโดยวิธีการพา จะส่งผลในแง่ดี ว่าสามารถลดอุณหภูมิอากาศลงอย่างรวดเร็ว ตามอัตราการเคลื่อนย้ายอากาศ โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$Q_s = 60 q \times P \times c_p \times \Delta T$$

Q_s = ปริมาณความร้อนที่สามารถพาไปได้หน่วยเป็น บีทียูต่อชั่วโมง

q = อัตราการไหลของอากาศ

60 = จำนวนนาที่ใน 1 ชั่วโมง

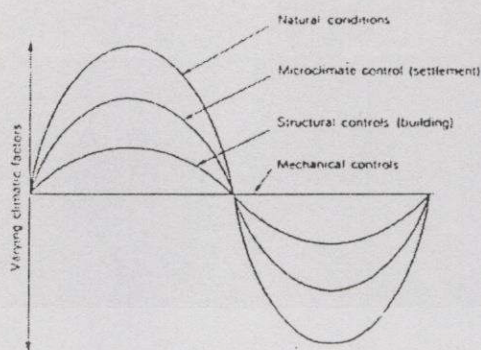
P = ความหนาแน่นของอากาศ 0.075 หน่วยเป็น ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต

c_p = ความร้อนจำเพาะของอากาศ 0.24 หน่วยเป็น ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต

ΔT = ความแตกต่างอุณหภูมิภายใน - ภายนอก หน่วยเป็น องศาฟาเรนไฮต์

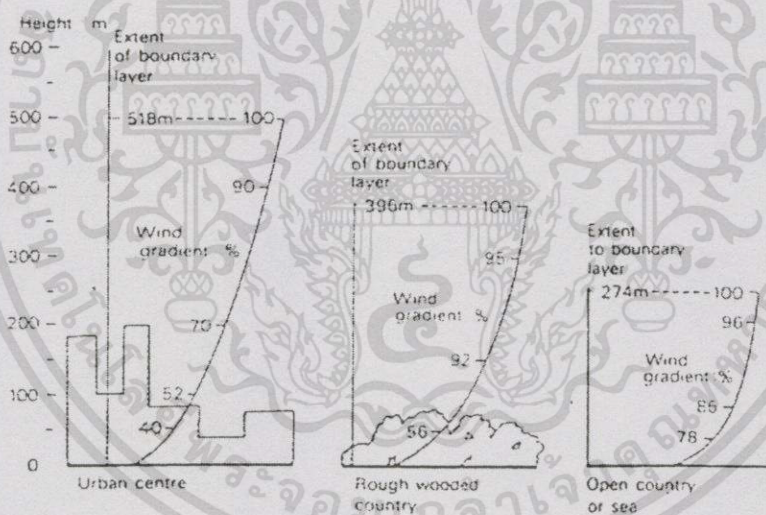
การระบายอากาศของชั้นที่อยู่ซ้อนกัน (Physiological cooling) คือการระบายอากาศโดยอาศัยกฎอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้นอากาศเย็นเข้าไปแทนที่ ซึ่งเป็นลักษณะธรรมชาติ ลักษณะนี้เอื้ออำนวยให้เกิดการเคลื่อนตัวของอากาศ ได้ในกรณีการไหลลง พา ความร้อนโดยวิธี การทำความเย็น ไม่มีผล โดยวิธีนี้สามารถประยุกต์ ใช้งานได้ทั้ง วิธีธรรมชาติ

ในการออกแบบอาคารเพื่อการระบายอากาศ ผู้ออกแบบสามารถพิจารณาได้จากการใช้ "โครงสร้างอาคารเข้าควบคุม" เพราะจะให้ผลดีกว่าที่จะใช้ธรรมชาติเพียงด้านเดียว



ภาพที่ 2.8 แสดงขอบเขตในการควบคุมอากาศในวิธีต่าง ๆ

เรามักเรียกการระบายอากาศ ดังกล่าวว่าการจับลมโดยความเร็วลมในแต่ละสภาพแวดล้อมจะมีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 2.9 แสดง ความเร็วลมเปรียบเทียบ

ความเร็วลมเปรียบเทียบ สามารถหาได้จากสูตร

$$v_2 = v_1 \times (h_2 / h_1)^n$$

v_2 = ความเร็วลมที่ระดับ h_2 มีหน่วยเป็น วินาที

v_1 = ความเร็วลมที่ระดับ h_1 มีหน่วยเป็น วินาที

n = ตัวประกอบ (หาได้จากตาราง)

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าตัวประกอบ n

ลักษณะพื้นผิว	n
เรียบเช่น ทะเล ทะเลทราย	0.10
มีหญ้า เล็กน้อย	0.16
มีหญ้าสูง	0.18
มีพุ่มไม้และหญ้า	0.20
ต้นไม้สูงจำนวนมาก	0.30
เมืองและอาคารสูง	0.40

เมื่อลมพัดมาปะทะอาคารหรือช่องเปิด ถึงแม้ว่าจะเทมากแต่ก็ยัง มีโมเมนต์ลม อันเนื่องมาจากมวลและความเร็วมีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อเมตรต่อวินาที ซึ่งถือเป็นปริมาณ เวกเตอร์ ตามหลัก ฟิสิกส์ สามารถเปลี่ยนทิศทางและขนาดได้ เมื่อลมปะทะช่องเปิดจะสามารถหาแรงกดบริเวณพื้นผิวได้จากสูตร

$$Q = ca \cdot cv \cdot av$$

Q = อัตราการไหลของอากาศ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที.

ca = Unit conversion factor = 88.0

cv = ผลกระทบจากช่องเปิด

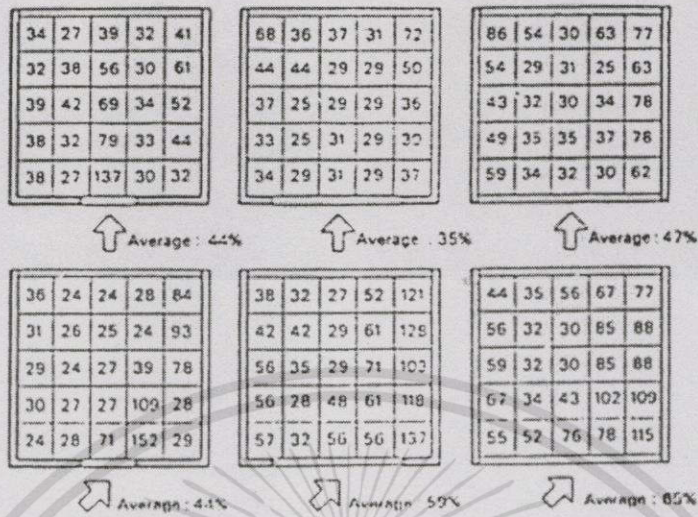
0.5 – 0.6 สำหรับลมพัดตั้งฉาก

0.25 – 0.35 สำหรับลมพัดแนวทแยง

a = พื้นที่ช่องเปิด หน่วยเป็นตารางฟุต

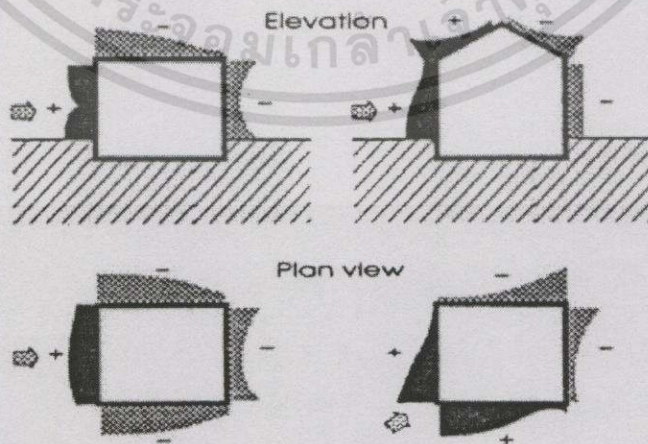
v = ความเร็วลม มีหน่วยเป็นเมตรต่อชั่วโมง

หากกระแสลมปะทะโดยตรงในลักษณะตั้งฉากกับผิวอาคาร แรงกดจะเกิดสูงสุด แต่หากปะทะในแนว เฉียง 45° ความกดตันจะลดลงถึง 50% แต่มีการกระจายลมที่ทั่วถึงของพื้นที่ดีกว่า



ภาพที่ 2.10 แสดงแนวปะทะของลมต่อช่องเปิดที่ทำให้อัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลง

ในขณะที่ลมพัดผ่านหลังคา ก็จะทำให้แรงกดขึ้นบริเวณพื้นผิวที่ลมอัด (ความดันจะเป็นบวก) เป็นลักษณะของลมดูด (ความดันจะเป็นลบ) ซึ่งเรามักเรียกว่าเงาของลม หากหลังคามีความลาดเอียงสูง ก็จะทำให้ลมที่มาปะทะเพิ่มแรงกดกับหลังคา เพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจากลมก็คือ ผลรวมของ น้ำหนักกับความเร็ว หากหลังคามีความลาดเอียงต่ำ ก็จะลดการปะทะได้มาก แต่จะเกิดแรงดูดขึ้นแทน และจะยิ่งเพิ่มแรงดูดมากขึ้น หากทิศทางที่ลมปะทะไม่ได้ตั้งฉากในแนวระนาบกับหลังคา โดยลมในแนว 45° จะให้ประสิทธิภาพของลมดูดมากที่สุด



ภาพที่ 2.11 แสดงแรงกดอากาศที่กระทำต่อหลังคา ต่างความลาดชัน

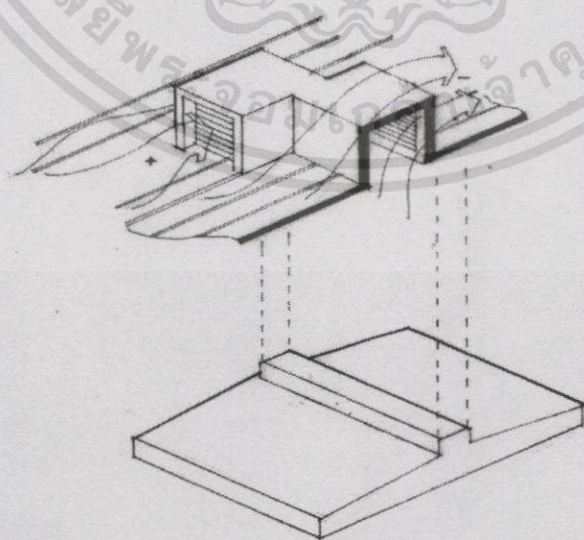
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 วิธีการระบายอากาศใต้หลังคา (Air pocket ventilation)

อากาศที่อยู่ใต้หลังคาจะทำหน้าที่เป็นฉนวนหน่วงความร้อนที่ส่งผ่าน จากหลังคาโดยการนำและพา ในกรณีที่มีฝ้าเพดานเท่ากับการเป็นฉนวนของอากาศ ใต้หลังคา จะยิ่งดีขึ้นเมื่อมีการถ่ายเทอากาศร้อนที่อยู่ใต้หลังคาออกไป แล้วนำอากาศเย็นกว่าเข้ามาแทนที่

วิธีการเปลี่ยนอากาศ นี้มีด้วยกันหลายวิธี ทั้งในกรณีที่เป็น Conventional design และ Passive design หรือในบางกรณีก็มีการใช้งานร่วมกันเป็น ระบบ แต่จากการศึกษาเบื้องต้น พอจะแจ่มแจ้ง วิธีที่มีความน่าจะเป็นในการนำมาใช้ กับหลังคา ขนาดใหญ่ที่ไม่มีชายคากรณีอาคาร ศูนย์รวมสินค้า ได้ดังนี้

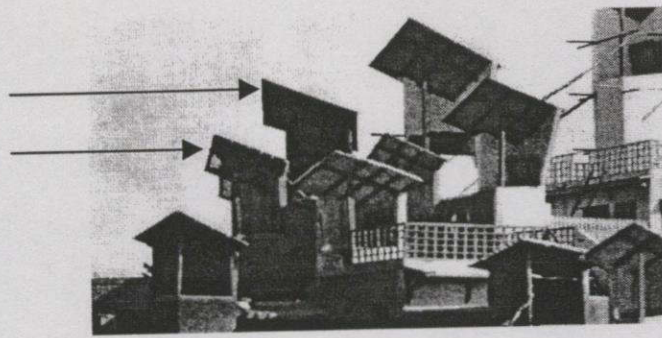
สรุป เวนทีเลชั่น แนวความคิดของการระบายอากาศ วิธีนี้คือการอาศัยความต่างศักย์ของแรงดันอากาศ โดยการออกแบบช่องทางเข้าของอากาศให้อยู่ในแนวทิศทางลม ทำให้เกิดแรงดันที่เป็นบวกบริเวณช่องทางเข้า ในขณะที่ช่องทางลมออกถูกออกแบบให้หันช่องเปิดไปในทิศทางตามลม ทำให้เมื่อลมมาปะทะจะเกิด การยกตัวของอากาศบริเวณช่องเปิดซึ่งเป็นแรงดูด ทำให้ลมจากช่องเปิดในทิศตรงข้ามกับแนวลม สามารถไหลผ่านช่องทางเข้ามาออกในช่องทางหนึ่งได้สะดวก การระบายอากาศวิธีนี้จะยิ่งสัมฤทธิ์ผลมากขึ้น เมื่อบริเวณหลังคาไม่มีสิ่งกีดขวางแนวลมมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิผลของการระบายอากาศในระบบนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วลม และขนาดช่องเปิดและความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศภายนอกและอากาศใต้หลังคาเป็นสำคัญ



ภาพที่ 2.12 แสดงแนวความคิด สรุป เวนทีเลชั่น ต่อหลังคา โลหะที่มีความลาดเอียงต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

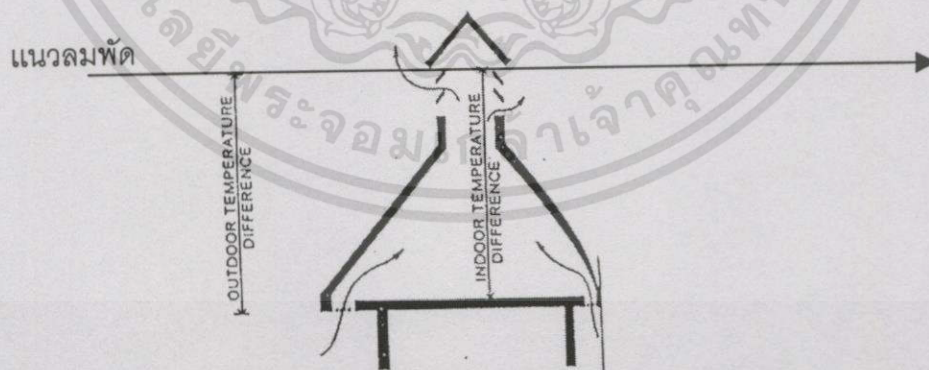
แนวพัดของลม
อุปกรณ์ดักลม



ภาพที่ 2.13 แสดงการใช้ สคูปเวนทิลเลชัน ในอาคารต่างประเทศ

เบอนัวร์ เอฟเฟค คือการออกแบบหลังคาโดยนำหลักการของ เวนทูรี ทิว มาใช้ อาศัยความต่างของความกดอากาศ ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของอาคาร ภายในท่อ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับอาคารได้

ภาพที่ 2.14 แสดงหลักการทำงานการของ เวนทูรี ทิว



ภาพที่ 2.15 แสดงแนวทางการนำ เบอนัวร์ เอฟเฟค มาประยุกต์ใช้กับอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบายอากาศด้วยปล่อง เป็นการเคลื่อนที่ของอากาศโดยการอาศัยความแตกต่างของความกดอากาศ ในแนวดิ่ง โดยมากจะเป็นปล่องจึงเรียกว่าการระบายอากาศด้วยปล่อง หรือ สแตค แอฟเฟค โดยอากาศภายในปล่องตอนล่างจะเป็นอากาศที่มีความหนาแน่นสูง ส่วนตอนบนจะเป็นอากาศที่มีความหนาแน่นน้อย และอุณหภูมิสูงกว่า ดังนั้นเมื่ออากาศร้อนไหลออกจากปล่องอากาศเย็น และมีความหนาแน่นกว่าก็จะมาแทนที่ จึงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ ข้อดีของการระบายอากาศด้วยปล่องที่มีมากกว่า เบนนารี เอฟเฟค คือ จะไม่ขึ้นอยู่กับลมข้อเสีย คือจะมีแรงกระทำน้อยและไม่สามารถระบายอากาศออกไปได้อย่างรวดเร็วนัก ปริมาณการเคลื่อนตัวของอากาศ คำนวณได้จากสูตร

$$Q = 9.4 * a * h * t$$

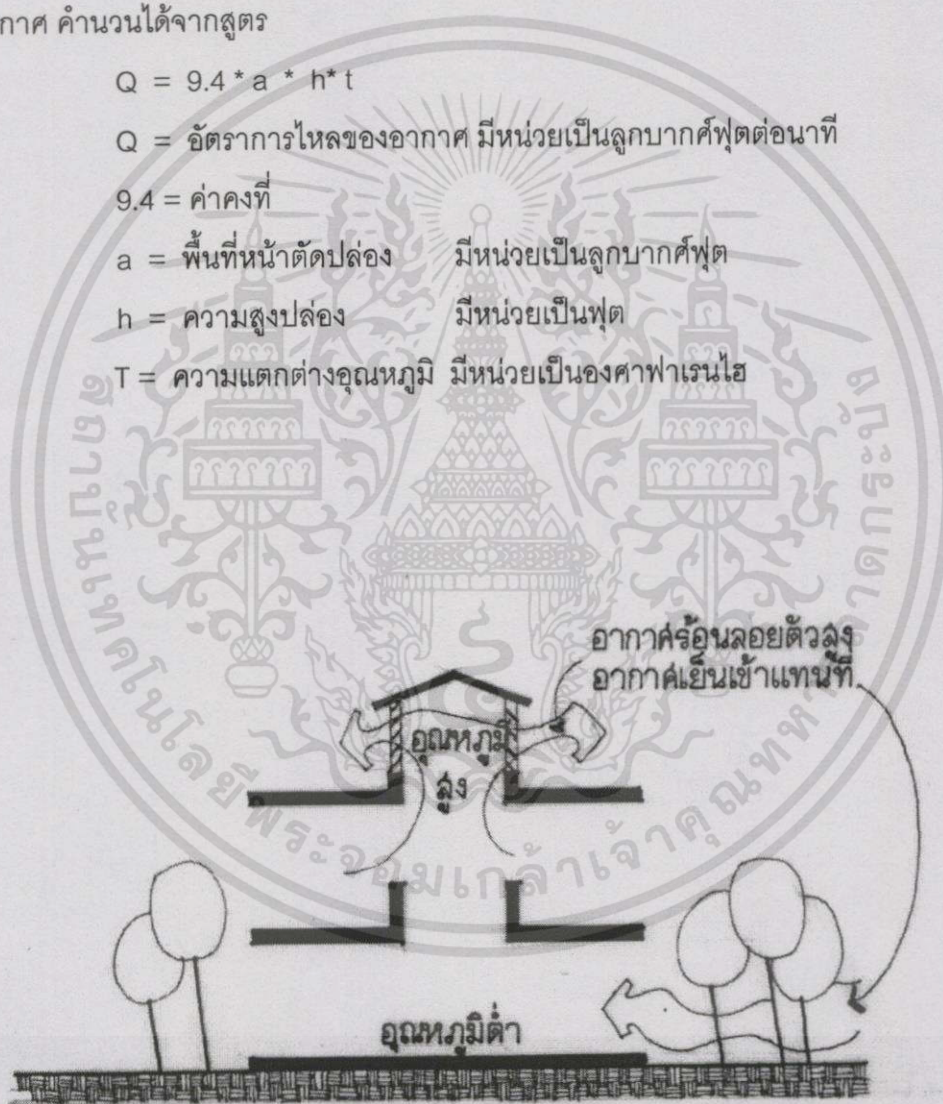
Q = อัตราการไหลของอากาศ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุตต่ออนาที

9.4 = ค่าคงที่

a = พื้นที่หน้าตัดปล่อง มีหน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุต

h = ความสูงปล่อง มีหน่วยเป็นฟุต

T = ความแตกต่างอุณหภูมิ มีหน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮ



ภาพที่ 2.16 แสดงการประยุกต์ การระบายอากาศด้วยปล่อง ใช้กับหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอบาย เวนทิลเดเตอร์ หรือพัดลมระบายอากาศบนหลังคา โดยวิธีธรรมชาติ คือการระบายอากาศ ที่อาศัยความต่างศักย์ของอุณหภูมิอากาศและความเร็วลมที่พัดผ่าน พัดลมลูกทรงกลมทำให้เกิดประสิทธิภาพแรงดูดอากาศภายในออกมาสู่ด้านนอก ซึ่งหมายความว่า การนำอากาศที่มีอุณหภูมิสูงภายในช่องว่างอากาศใต้หลังคา ออกมาแล้วปล่อยให้อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าภายนอกไหลเข้าไปแทนที่ วิธีการนี้จะทำให้การระบายอากาศร้อนจากภายในสามารถเปลี่ยนอากาศได้เร็ว ซึ่งก็เช่นเดียวกับระบบ สตูป เวนทิลเลชั่น ที่ต้องขึ้นอยู่กับความเร็วลม ขนาดใบพัดลม ความแตกต่างอุณหภูมิ



ภาพที่ 2.17 แสดงลักษณะ เทอบาย เวนทิลเลชั่น

2.11 รังสีดวงอาทิตย์ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประเทศไทยมีลักษณะท้องฟ้าแบบ เมฆเต็มท้องฟ้า ทำให้การกระจายของรังสีดวงอาทิตย์ มีลักษณะรังสีอาทิตย์ตรง และรังสีอาทิตย์กระจายโดยจะเป็นอัตราส่วนของรังสีกระจายถึง 60% ของรังสีกระจายในแนวราบทั้งหมดซึ่งดูเหมือนจะมีอัตราสูงขึ้นเนื่องจากผลกระทบของฝุ่นควันที่เพิ่มมากขึ้นในเขตกรุงเทพฯ ยกเว้นในช่วงหลัง ฝนตกรังสีกระจายจะลดน้อยลง เนื่องจากฝนได้ชะล้างฝุ่นตลอดจนเมฆส่งผลให้รังสีตรงสามารถส่องผ่านได้มากในช่วงเวลาดังกล่าว ค่าสูงสุดของการแผ่รังสี ความร้อนสูงสุดจะอยู่ในช่วงเดือน มีนาคม-สิงหาคม และช่วงเวลาที่มิแสงอาทิตย์ส่องแสงมากจะอยู่ในเดือน พฤศจิกายน-เมษายน โดยมีช่วงเวลาระหว่าง 7.5-9 ชั่วโมง

รังสีดวงอาทิตย์ในเขตกรุงเทพฯ ช่วงเดือนเมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิร้อนที่สุดแต่ก็เป็นช่วงเวลาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมดเท่ากับพลังงานแสงอาทิตย์ตกบวกรังสีกระจายจะประมาณ 16,000 – 18,000 กิโลจูล/ตารางเมตร/วัน ซึ่งสามารถจำแนกลักษณะรังสีอาทิตย์ในแต่ละทิศได้ดังนี้

ทิศใต้ ทิศใต้จะเป็นทิศที่มีปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์กระทำต่อหลังคามากที่สุดถึง 74% ของรังสีกระจาย โดยจะมีปริมาณมากที่สุดในเดือนธันวาคม ผลเฉลี่ยของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อหลังคาในด้านทิศใต้ = 74.62 วัตต์ต่อตารางเมตร

ทิศตะวันออก เป็นทิศที่อยู่ในแนวการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ตามธรรมชาติถึงทำให้หลังคาด้านทิศนี้ รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดปี แต่ในเฉพาะช่วงเช้า ถึงเวลาเที่ยง ปริมาณรังสีตรงดวงอาทิตย์ จะมีมากในเดือนธันวาคม สัดส่วนของรังสีตรง = 44% ส่งผลให้การส่งผ่านพลังงานความร้อน จากรังสีตรงต่อหลังคา = 97.76 วัตต์ต่อตารางเมตร

ทิศตะวันตก เป็นทิศที่รับรังสีจากดวงอาทิตย์ ตลอดปีเช่นกับทิศตะวันออกแต่จะเป็นช่วงเวลาเพียงถึงเย็น ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิมักจะสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น. – 16.00 น. โดยเดือนที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์มากที่สุดคือ เดือน มิถุนายน สัดส่วนของรังสีตรง = 45% ส่งผลให้การส่งผ่านพลังงานความร้อนจากรังสีตรงต่อหลังคา = 88.79 วัตต์ต่อตารางเมตร

สภาพภูมิอากาศในเขตกรุงเทพฯ

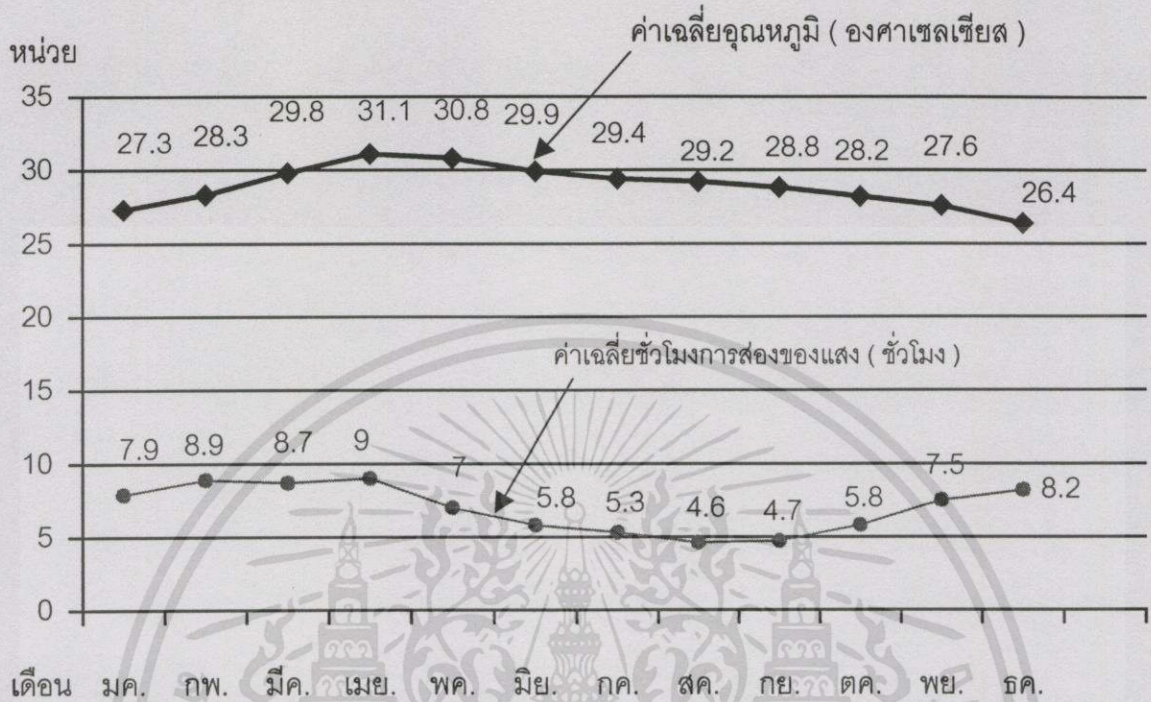
อุณหภูมิ อุณหภูมิในเขตกรุงเทพฯ โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิสูง เกือบตลอดปีและมีความแตกต่างของอุณหภูมิช่วงกลางวันและกลางคืนเพียงเล็กน้อย ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตลอดปีอยู่ที่ 27.8 องศาเซลเซียส สูงสุดที่เดือนเมษายน 29.3 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2.2 แสดงค่า Effect temperature ในรอบปี

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	P
TEMP C°td MAX	32	32.8	33.8	35	34.2	33.1	32.7	32.4	32.1	31.8	31.5	31.2
td MIN	20.9	23.2	24.8	26	25.6	25.3	25	24.8	24.5	24.3	23	20.7
RH % RH MAY	90	92	91	90	92	91	01	02	95	94	92	89
RH MIN	49	53	55	55	60	62	63	63	65	65	58	52
tw MAX	23.5	24.9	26.1	27.2	27.5	26.9	26.7	26.4	26.6	26.3	25	23.3
tw MAY	19.7	22.2	23.8	24.8	24.6	24.3	24	23.8	24	23.8	22.1	19.3
WIND MEAN	1.39	2.16	2.62	2.36	1.9	2	1.85	1.9	1.39	1.23	1.29	1.29
ET MAX	27	27.9	28.8	29.8	29.8	29	26.8	20.6	28.6	28.3	27.6	26.7
ET MIN	20.4	22.8	24.2	25.3	25.1	24.9	24.5	24.2	24.2	24	22.7	20.2

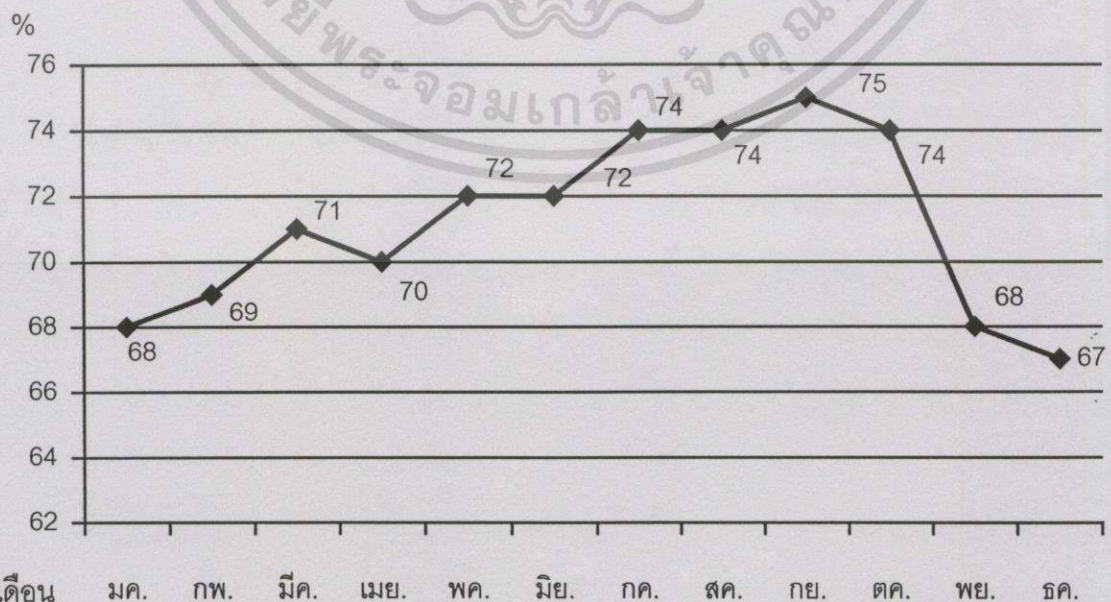
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและชั่วโมงการส่องสว่าง (คศ. 1989-1998)



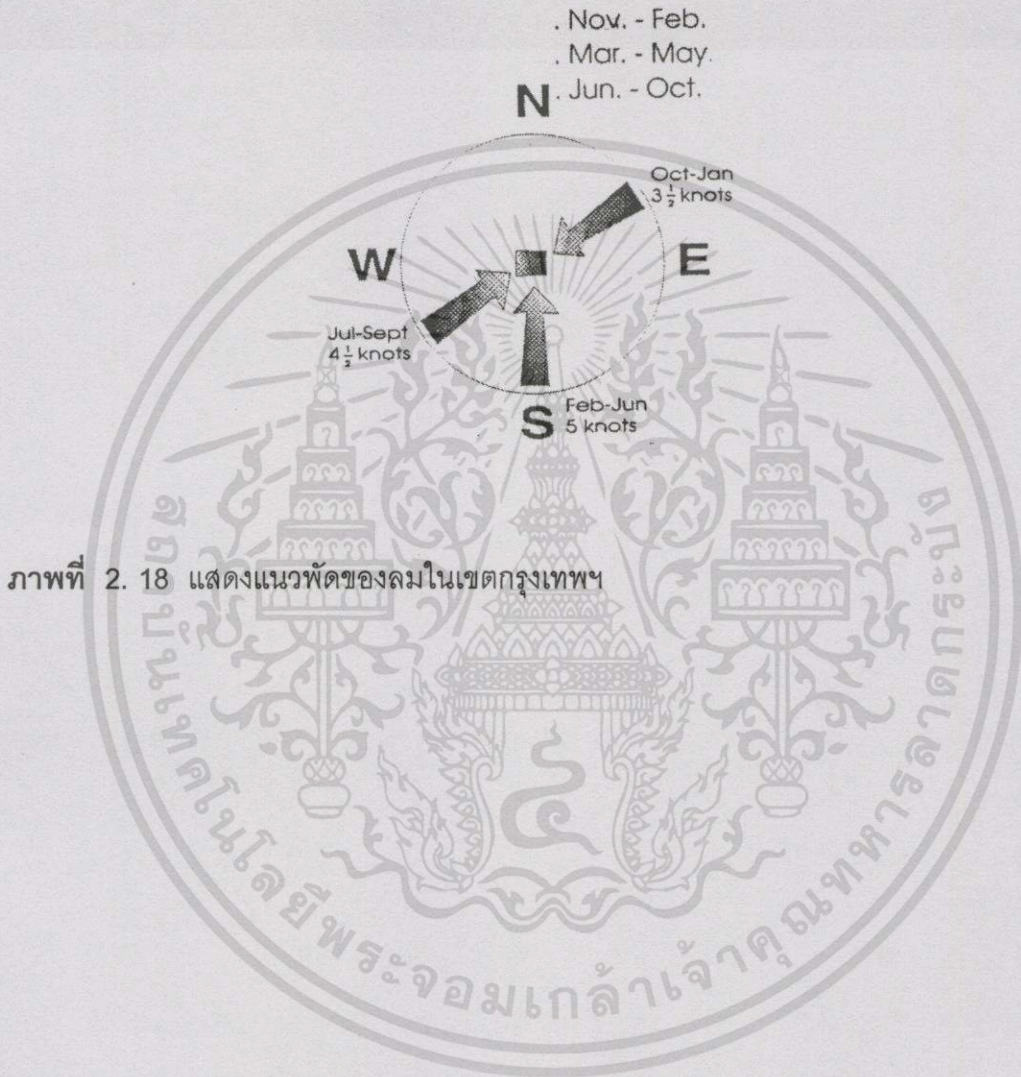
ความชื้น ด้วยลักษณะภูมิประเทศเขตร้อนชื้น ผนวกกับลักษณะที่อุณหภูมิสูงเกือบตลอดปี ส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 48 - 94% มีค่าเฉลี่ยที่มากกว่า 75 % ทำให้สภาพอากาศโดยทั่วไปอยู่นอกเขตสบาย

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าเฉลี่ยความชื้น (คศ. 1989-1998)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลม เช่นเดียวกับประเทศไทยโดยกรุงเทพฯ ได้รับอิทธิพลจากลมใน 2 แนวพัดผ่าน คือ ลมตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือมีความเร็วลมเฉลี่ยตลอดปี 1.66 น็อต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การศึกษาข้อมูลอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา

3.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไป

3.1.1 รูปแบบของอาคารเพื่อจำหน่ายสินค้า

จากการแบ่งประเภทอาคารที่จำหน่ายสินค้า ตามตาราง 3.1 อาคารกรณีศึกษา จัดอยู่ในประเภทที่ 4 ศูนย์รวมสินค้า

ตารางที่ 3.1 แสดงการแบ่งประเภทอาคารจำหน่ายสินค้า

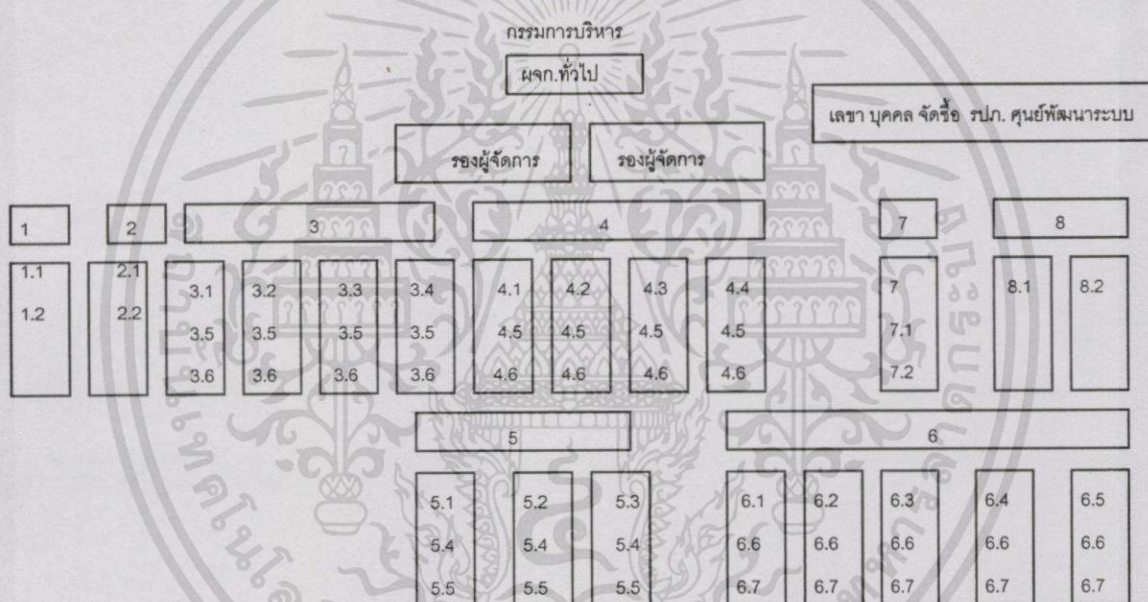
ลำดับ	ชื่อเฉพาะ	ลักษณะอาคาร
1	ร้านสะดวกซื้อ (Convenience store)	คืออาคารที่มีพท. ขยาย 40-100ต.ร.ม. ตั้งอยู่ตามชุมชน เช่น โอเอ็ม-ทีเอ็ม เซเว่นอีเลฟเวลด
2	Super market	คืออาคารที่ขายสินค้าอุปโภค-บริโภค โดยทั่วไป แต่มีการบริหารและการจัดการที่ดี เช่น พุดแลนด์
3	ศูนย์การค้า (Department store)	คืออาคารที่ขายสินค้าที่เน้นตรงผู้ผลิตเป็นสำคัญ (มียี่ห้อเป็นที่รู้จัก) มีการบริหารและการจัดการเป็นระบบ เช่น ห้างโรบินสัน, ห้างเซ็นทรัล
4	ศูนย์รวมสินค้า (Super center)	คือ อาคารที่มีการขายสินค้าทั่วไปที่มีอยู่ในตลาด มีการจัดสัดส่วนขายในลักษณะห้างสรรพสินค้า และร้านค้าปลีก 20% ซูเปอร์มาร์เก็ต 80% ของพื้นที่ขาย เช่น คาร์ฟูร์, บิ๊กซี, แม็คโคร
5	Hyper market	คือ อาคารที่ขายสินค้าที่มีอยู่ทั่วไปในท้องตลาด มีการจัดสัดส่วนขายในลักษณะห้างสรรพสินค้า และร้านค้าปลีก 40% และในลักษณะซูเปอร์มาร์เก็ต 60% เช่น โลตัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การจัดผังการบริหารองค์กรของศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์

จะเป็นการจัดการแบบเป็นระบบ มีการแบ่งสายงานที่ซับซ้อน โดยผู้บริหารสาขาจะเป็นคนต่างชาติ ซึ่งส่วนมากจะเป็น ชาวชาติฝรั่งเศสซึ่งเป็นประเทศที่เป็นจุดเริ่มบริษัทคาร์ฟูร์ ส่วนผู้บริหารและพนักงานในระดับถัดมาจะเป็นคนไทยทั้งหมดโดยบริษัทคาร์ฟูร์ประเทศไทยได้รับการสนับสนุนผู้เชี่ยวชาญ จากบริษัทคาร์ฟูร์ประเทศฝรั่งเศสมากำกับดูแลและให้คำปรึกษาในด้านต่าง ๆ ในทุกสาขา โดยเฉพาะแผนกซ่อมบำรุง ซึ่งทำหน้าที่ดูแลระบบต่าง ๆ ของอาคาร จะต้องส่งรายงานการใช้พลังงานผ่านไปยังวิศวกรรมบริษัทคาร์ฟูร์ฝรั่งเศสอย่างสม่ำเสมอ ลักษณะการจัดผังการบริหารองค์กรจะแยกเป็นแผนกต่าง ๆ ตามลักษณะของงาน โดยส่วนที่ย่อยมาจากแผนก คือฝ่ายดังภาพ

ตาราง 3.2 แสดงผังการบริหารองค์กรศูนย์รวมสินค้า



- | | | |
|---|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. แผนกยา <ul style="list-style-type: none"> 1.1 หัวหน้าแผนก 1.2 พนักงาน 2. แผนกเบเกอรี่ <ul style="list-style-type: none"> 2.1 หัวหน้าแผนก 2.2 พนักงาน 3. แผนกอาหารแห้ง <ul style="list-style-type: none"> 3.1 Grocery 3.2 ฝ่ายเครื่องสำอาง 3.3 ฝ่ายเครื่องดื่ม 3.4 แช่แข็ง(FROZEN) 3.5 หัวหน้าฝ่าย 3.6 พนักงาน | <ol style="list-style-type: none"> 4. แผนกอาหารสด <ul style="list-style-type: none"> 4.1 ฝ่ายกัตตาการ 4.2 ฝ่ายผลไม้ 4.3 ฝ่ายอาหารทะเล 4.4 ฝ่ายเนื้อสัตว์ 4.5 หัวหน้าฝ่าย 4.6 พนักงาน 5. แผนก Hard line <ul style="list-style-type: none"> 5.1 ฝ่ายอุปกรณ์สำนักงาน 5.2 ฝ่ายเครื่องใช้ไฟฟ้า 5.3 ฝ่ายเครื่องเขียน 5.4 หัวหน้าฝ่าย 5.5 พนักงาน | <ol style="list-style-type: none"> 6. แผนก (Soft line) <ul style="list-style-type: none"> 6.1 ฝ่ายผ้า 6.2 ฝ่ายเครื่องแต่งกายชาย 6.3 ฝ่ายเครื่องแต่งกายหญิง 6.4 ฝ่ายสินค้าเด็ก 6.6 หัวหน้าฝ่าย 6.7 พนักงาน 7. แผนกลูกค้าสัมพันธ์ <ul style="list-style-type: none"> 7.1 หัวหน้าฝ่าย 7.2 พนักงาน 8. ฝ่ายต้อนรับ <ul style="list-style-type: none"> 8.1 ส่วนต้อนรับ 8.2 ส่วนส่งกลับ |
|---|---|---|

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การศึกษาข้อมูลทางสถาปัตยกรรมอาคารศูนย์รวมสินค้า

อาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา เป็นอาคารสาธารณะขนาดใหญ่ 2 ชั้น ตั้งอยู่บนถนนรามอินทรา ช่วงกิโลเมตรที่ 3 ในเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร ออกแบบโดย บริษัท ทีเอสโก้ ประเทศไทย มีพื้นที่รวม 16,000 ตร.ม. โดยมีพื้นที่ปรับอากาศในส่วนชั้นล่าง 2,380 ตร.ม. ชั้นสอง 13,600 ตร.ม. เกือบทั้งหมดของพื้นที่ปรับอากาศจะเป็นพื้นที่ขายสินค้า และพื้นที่เช่า

อาคารศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ บริหารและก่อตั้งโดย บริษัท คาร์ฟูร์ประเทศฝรั่งเศส โดยมีความคิดด้านอาคารเพื่อตอบสนองการใช้สอย และกลยุทธ์ทางการตลาด สินค้าอุปโภคบริโภค ประหยัด รูปแบบของศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ ส่วนใหญ่ ถูกกำหนดมาจากบริษัทคาร์ฟูร์ฝรั่งเศส ทำให้รูปแบบออกมาในลักษณะโกดังขายสินค้า ของประเทศแถบตะวันตก เอกลักษณ์ที่เด่นชัดคือ รูปแบบหลังคาที่มีหลังคาแนวราบมีองศาลาดเอียงเพียง 3.5 องศา โดยมีความสูงระหว่างพื้นถึงหลังคาเฉลี่ย 6.00 เมตร ทำให้การใช้งานของพื้นที่แนวตั้งภายในมีพื้นที่ค่อนข้างมาก จากการศึกษาไม่พบการจัดชั้นจำหน่ายสินค้าหรือ เก็บสินค้า ของสูงเกิน 3.00 เมตร ทำให้พื้นที่ใช้งานใต้หลังคาสวนใหญ่จะเป็นพื้นที่โล่ง

3.2.1 การศึกษาการจัดผังศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา

อาคารศูนย์รวมสินค้า สามารถแบ่งพื้นที่ใช้สอยได้ 5 ส่วนใหญ่ตามลักษณะและหน้าที่การใช้สอยดังนี้

ส่วนสำนักงาน จะอยู่ชั้นล่างและชั้นสองของอาคาร โดยชั้นล่างจะเป็นที่ตั้งของ แผนกจัดซื้อและจัดหาซึ่งจะติดต่อกับผู้แทนสินค้า และบุคคลภายนอกอยู่เสมอ ในส่วนชั้นสองจะเป็นส่วนสำนักงาน เพื่อสามารถควบคุมดูแลพื้นที่จำหน่ายสินค้า ซึ่งอยู่ชั้นสองได้โดยง่าย มีพื้นที่รวมกันเท่ากับ 850 ตารางเมตร

ส่วนพื้นที่จำหน่ายสินค้า มี 2 ลักษณะคือ

ส่วนจำหน่ายสินค้าที่ทางห้างเป็นผู้รับผิดชอบ ซึ่งจะเรียกว่า ส่วนพลาซ่า ซึ่งมีพื้นที่ 9,860 ตารางเมตร จะประกอบด้วยพื้นที่จำหน่ายสินค้าในแผนกต่าง ๆ ดังนี้

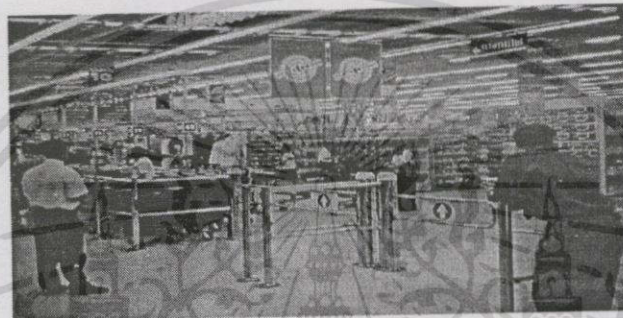
แผนกสินค้าอุปโภค (Hard line department) เป็นแผนกที่จำหน่ายสินค้าประเภทเครื่องใช้สำนักงาน อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องเขียน สินค้าส่วนใหญ่จะตั้งอยู่บนชั้นวางสินค้าซึ่งไม่ต้องการพื้นที่แนวตั้ง ยกเว้นฝ่ายใช้สำนักงานที่ต้องซ่อนสินค้า

แผนกยา (Pharmacy department) เป็นแผนกที่เบ็ดเสร็จโดยลูกค้าต้องชำระวันที่แผนก ลักษณะการใช้พื้นที่ขนาดไม่ใหญ่มาก มีตู้จำหน่ายสินค้า จำหน่ายสินค้า และเก็บสินค้า ล้างรองในชั้นวางสินค้าเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แสดงการใช้งานส่วนร้านอาหารชั้นล่าง



ภาพที่ 3.2 แสดงการใช้งานพื้นที่ขายสินค้าทั่วไปชั้นสอง

แผนกสินค้าสด (Fresh food department) จะประกอบด้วยฝ่ายต่าง ๆ เช่น ฝ่ายอาหารทะเล ฝ่ายเนื้อสัตว์ ฝ่ายผลไม้และฝ่ายดูแลส่วนของภัตตาคารในแต่ละฝ่ายจะมีส่วนขายและส่วนเตรียมสินค้าแยกส่วนกัน โดยเฉพาะในส่วนจำหน่ายอาหารทะเลจะมีบริเวณปรุงอาหารเพื่อทอดปลาให้ลูกค้าด้วย ในแผนกนี้จะเก็บสินค้าไว้ในห้องเย็น ซึ่งจะมีการปรับอุณหภูมิตลอดเวลา

แผนกผ้าและเครื่องแต่งกาย (Soft line department) เป็นส่วนที่ประกอบด้วยฝ่ายสินค้าเครื่องแต่งกายชาย เครื่องแต่งกายหญิง เครื่องแต่งกายเด็กและสินค้าพิเศษ เช่น ขวดนม ผ้าอ้อม โดยจะใช้พื้นที่ในแนวราบ ซึ่งแตกต่างจากสินค้าประเภทอื่นที่สามารถจัดตั้งในชั้นได้

ส่วนพื้นที่ให้ร้านค้าเช่าเพื่อจำหน่ายสินค้า โดยจะมีอยู่ที่ชั้นล่าง 1,360 ตารางเมตร ส่วนภัตตาคาร 1,190 ตารางเมตรและชั้นบน 306 ตารางเมตร ทางศูนย์รวมสินค้าจะทำการเก็บค่าเช่าเป็นรายเดือน แต่ถ้าเป็นร้านค้าที่เป็นแฟรนไชส์ จะเรียกเก็บค่าเช่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของยอดขาย ซึ่งทางศูนย์รวมสินค้าจะมีหน้าที่เตรียมระบบวิศวกรรม และอำนวยความสะดวกให้

ส่วนสนับสนุนการขาย มีพื้นที่ 3,145 ตารางเมตร อยู่บนชั้นสองใกล้กับพื้นที่ขายสินค้า โดยจะเป็นส่วนของการส่งและเก็บสินค้า พื้นที่ใช้สอยหลักในส่วนนี้ได้แก่ ลานรับส่งสินค้า ตลอดจนห้องเย็นและห้องเก็บของ

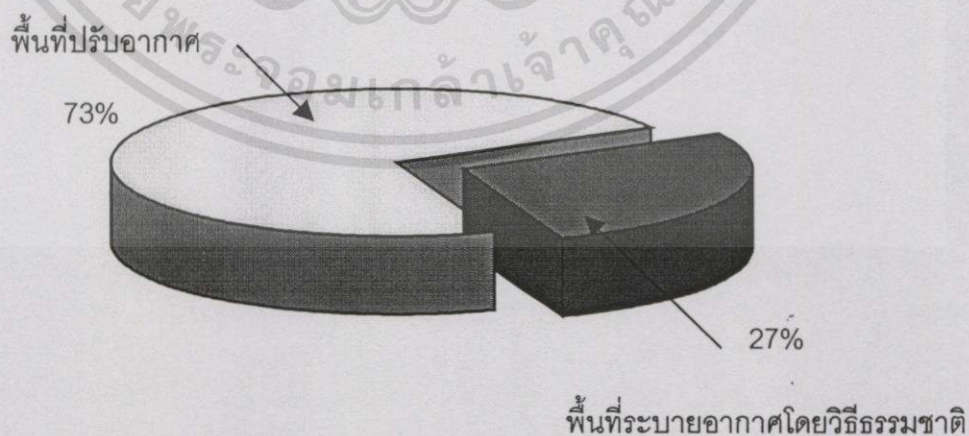
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องช่างและห้องเครื่อง จะอยู่ชั้นล่างของอาคาร มีพื้นที่รวม 1,190 ตารางเมตร และอยู่ห่างจากพื้นที่ใช้สอยส่วนอื่น ๆ เนื่องจากมีเสียงดังพอสมควร

ส่วนจอดรถ มีลานจอดรถในร่ม และกลางแจ้ง 903 คัน

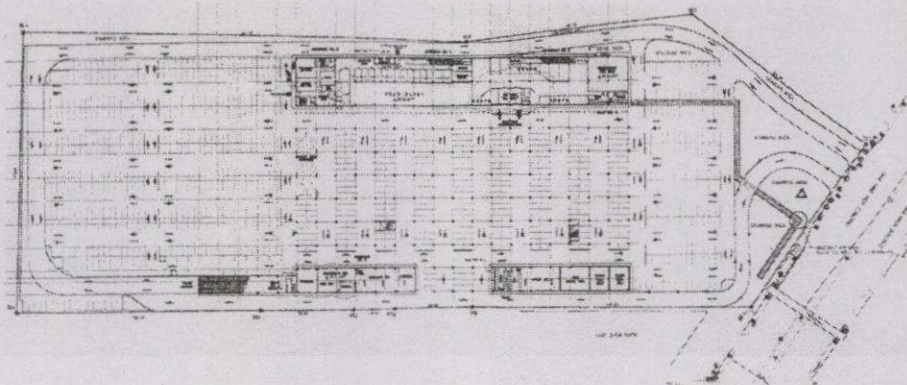
ตารางที่ 3.3 แสดงพื้นที่ของศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ งามอินทรา

ชั้น	ลำดับ	พื้นที่ใช้สอย	พื้นที่ใช้งาน (ตร.ม.)	ความสูงฝ้าเพดาน (เมตร)	พื้นที่ปรับอากาศ
1 ST FL.	1	สำนักงาน	340	3.00	/
	2	ศูนย์อาหาร	1,190	3.50	/
	3	พื้นที่เช่าขายสินค้า	1,360	3.50	/
	4	ห้องเครื่อง ห้องน้ำ-ส้วมและ ทางสัญจร	1,190	V	x
2 ND FL.	1	พื้นที่เช่าขายสินค้า	306	3.10	/
	2	สำนักงาน	425	2.80	/
	3	พื้นที่ขายสินค้า	9,860	5.00	/
	4	พื้นที่สนับสนุนการ จำหน่ายสินค้า	3,145	3.00-5.00	/
	5	พื้นที่สัญจร	714	3.00-5.00	/
รวมพื้นที่ใช้สอย			18,5	3.00-6.00	

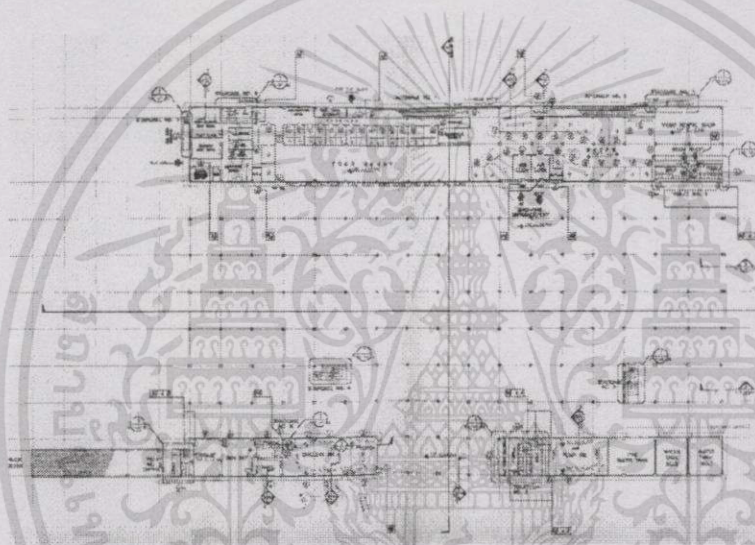


ภาพที่ 3.3 แสดงพื้นที่ของศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ งามอินทรา

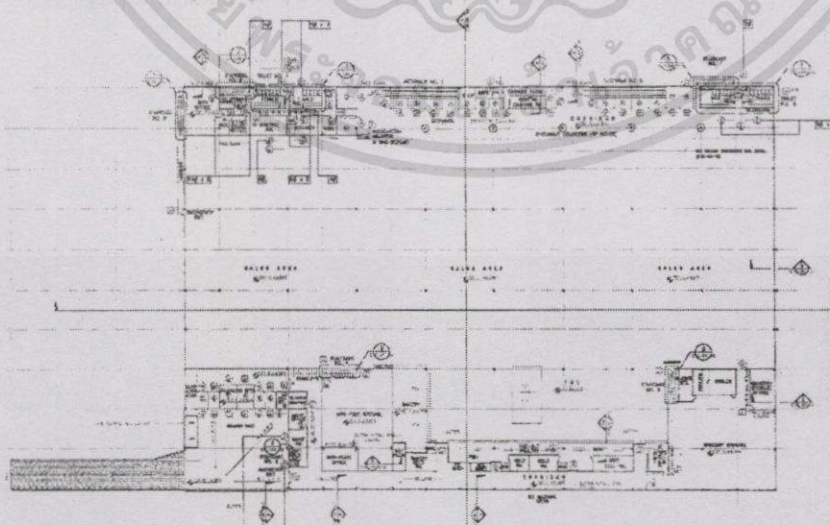
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 แสดงผังบริเวณศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา

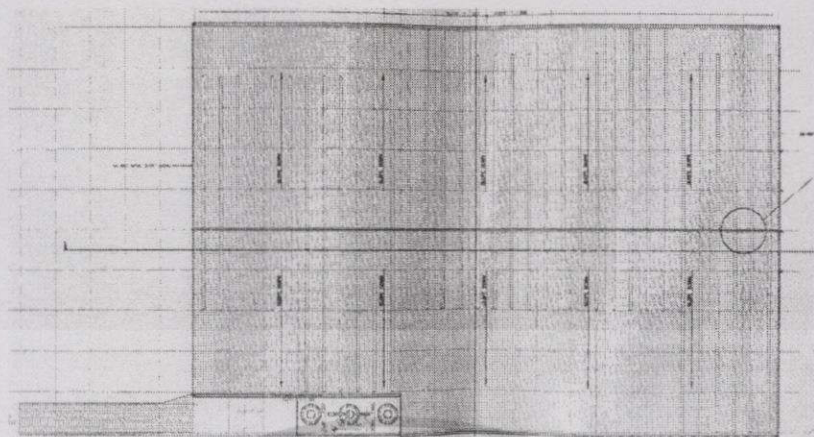


ภาพที่ 3.5 แสดงผังชั้นที่ 1 ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา

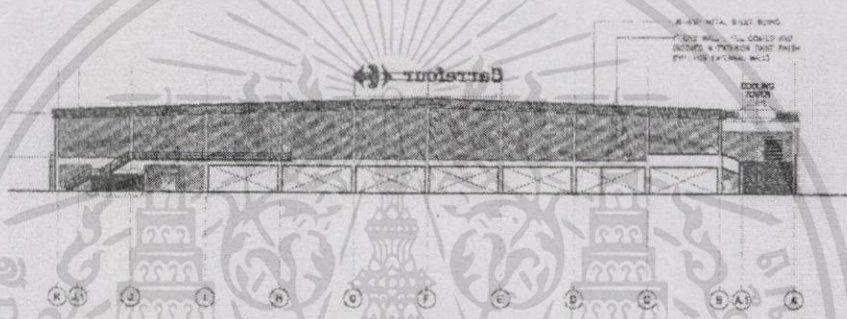


ภาพที่ 3.6 แสดงผังชั้นที่ 2 ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา

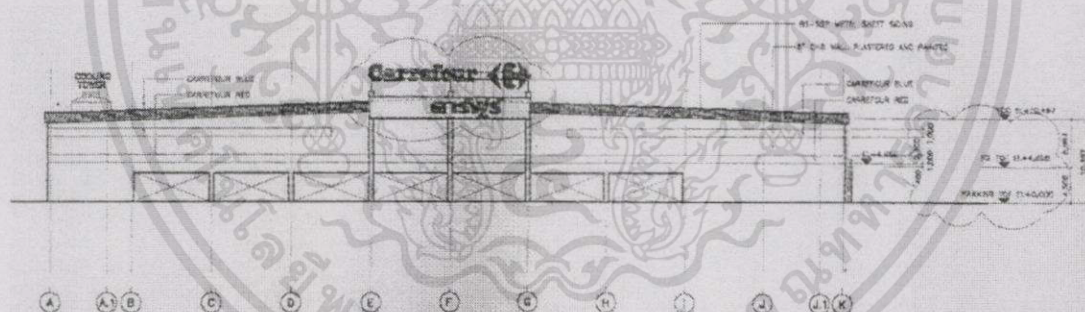
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



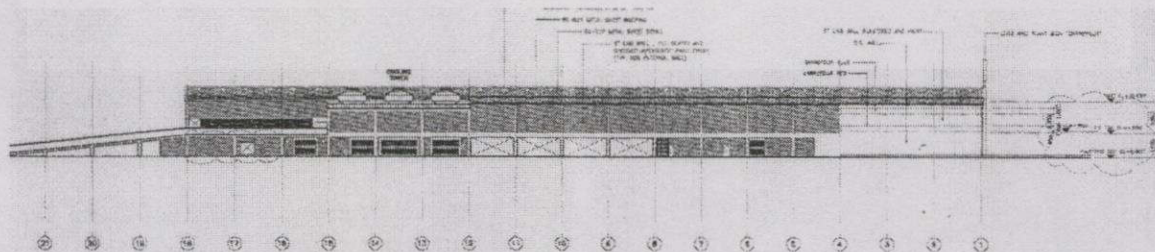
ภาพที่ 3.7 แสดงผังหลังคาศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา



ภาพที่ 3.8 แสดงรูปด้านทิศใต้ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา

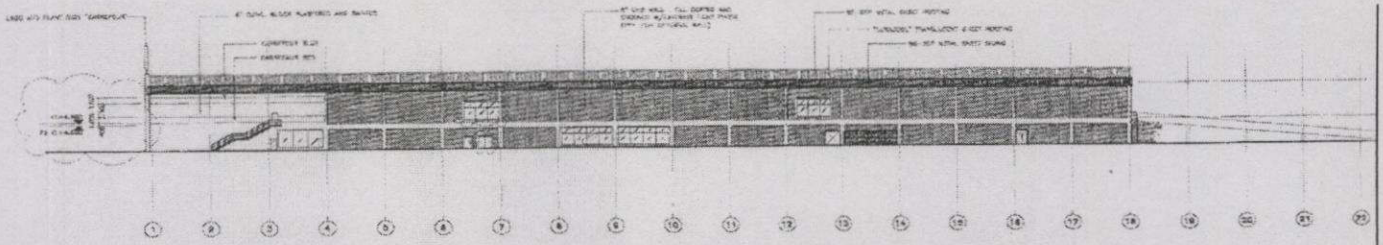


ภาพที่ 3.9 แสดงรูปด้านทิศเหนือศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา

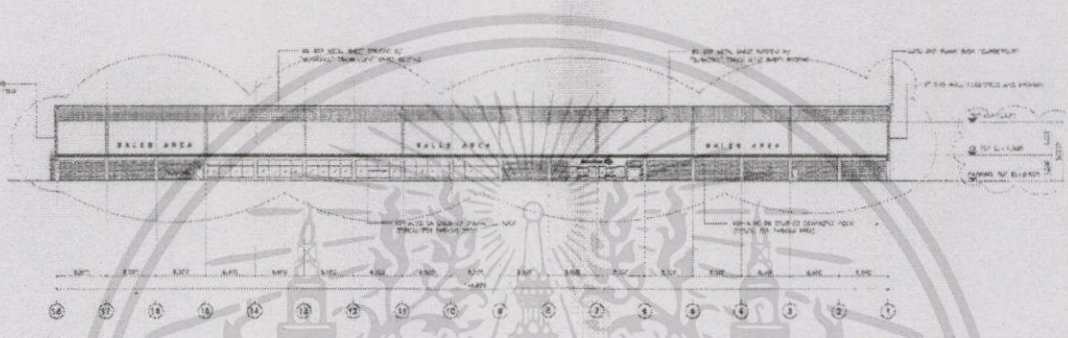


ภาพที่ 3.10 แสดงรูปด้านทิศตะวันออกศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา

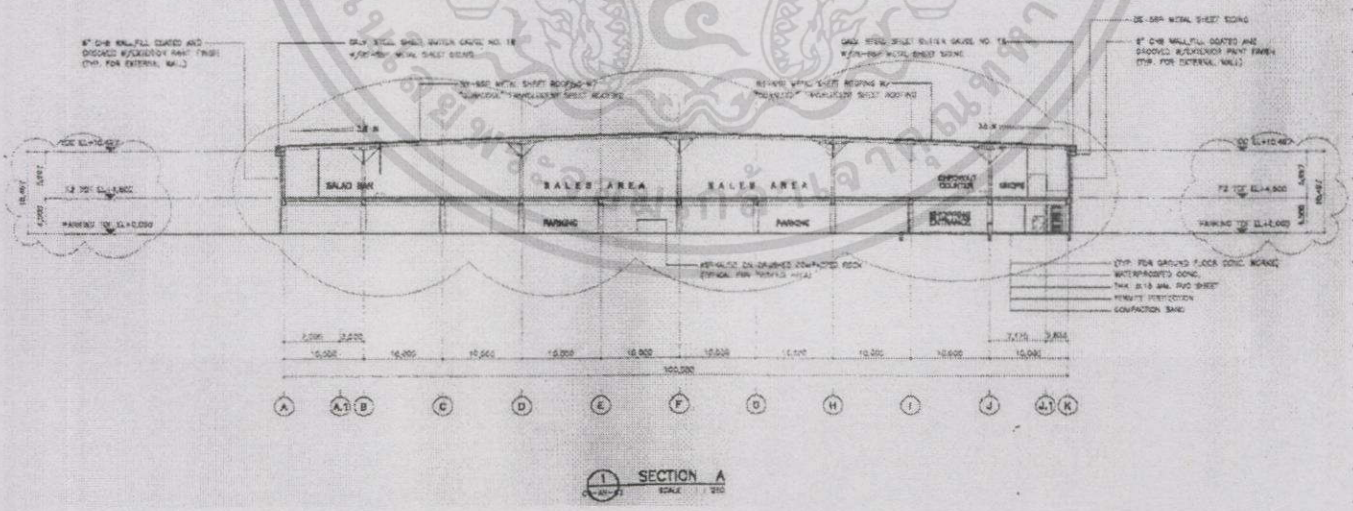
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.11 แสดงรูปด้านทิศตะวันตกศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ งามอินทรา



ภาพที่ 3.12 แสดงรูปตัดตามยาวศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ งามอินทรา



ภาพที่ 3.13 แสดงรูปตัดตามขวางศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ งามอินทรา

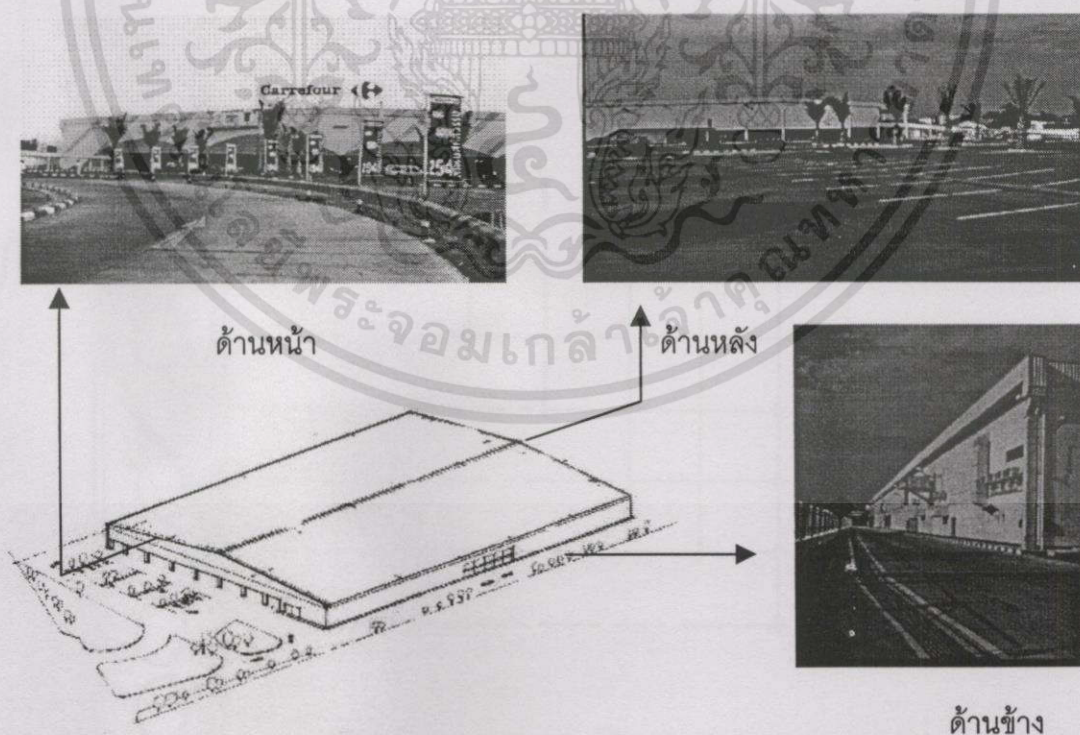
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การศึกษารอบอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา

วัสดุหลักของผนังศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ทุกสาขา คือผนังซีเมนต์บล็อกโดยมีความหนาที่ 0.15 เซนติเมตร โดยผู้ออกแบบให้ความเห็นว่าก่อสร้างได้รวดเร็วและมีราคาที่สมเหตุผล ในส่วนของผนังที่จะเป็นผนังทึบไฟ จะเป็นซีเมนต์บล็อกหนา 0.20 เซนติเมตร ผนังส่วนใหญ่จะไม่ฉาบปูน เพียงแต่ทาสี ยกเว้นด้านหน้าซึ่งเป็นด้านทิศเหนือ จะฉาบปูนหนาประมาณ 2.5 เซนติเมตร เพื่อปกป้องแนวเสาร่อง สีที่ใช้ทาภายนอกจะเป็นสีเหลืองอ่อน เว้นด้านหน้าจะเป็นสีเขียวและน้ำตาลทึบ

ผนังโดยรอบจะไม่มีการขายค้ำยันมาเพื่อกันแดดและฝนดังนั้น แสงอาทิตย์สามารถส่งผ่านพลังงานต่อกรอบอาคารส่วนใหญ่ได้โดยตรงมีเพียงชั้นล้าง บางส่วนที่อยู่ใต้อาคารชั้นที่สอง ซึ่งเป็นบริเวณทางเข้าอาคารจะอยู่ในร่ม (ช่วงเสา 1-18, I) กรอบอาคารในรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 100 เมตร ยาว 140 เมตรรอบอาคาร ประกอบด้วยผนังซึ่งมีวัสดุต่าง ๆ กันดังนี้

1. ผนัง ซีเมนต์บล็อกทาสีทั้งสองด้าน
2. ผนัง ซีเมนต์บล็อกฉาบปูนหนา 0.25 บุกระเบื้องขนาด 0.20*0.20 สูง 2.00 เมตร (ใช้เฉพาะในห้องน้ำ-ส้วมและครัว)
3. ผนังซีเมนต์บล็อกฉาบปูนหนา 0.25 ทาสีทั้งสองด้าน
4. ผนัง เหล็กเคลือบอลูมิเนียมหนา 0.0053
5. หน้าคาน และเสา คสล. ขนาด 0.40 x 0.60



ภาพที่ 3.14 แสดงกรอบอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงความต้านทานความร้อนในผนัง ชนิดที่ 1

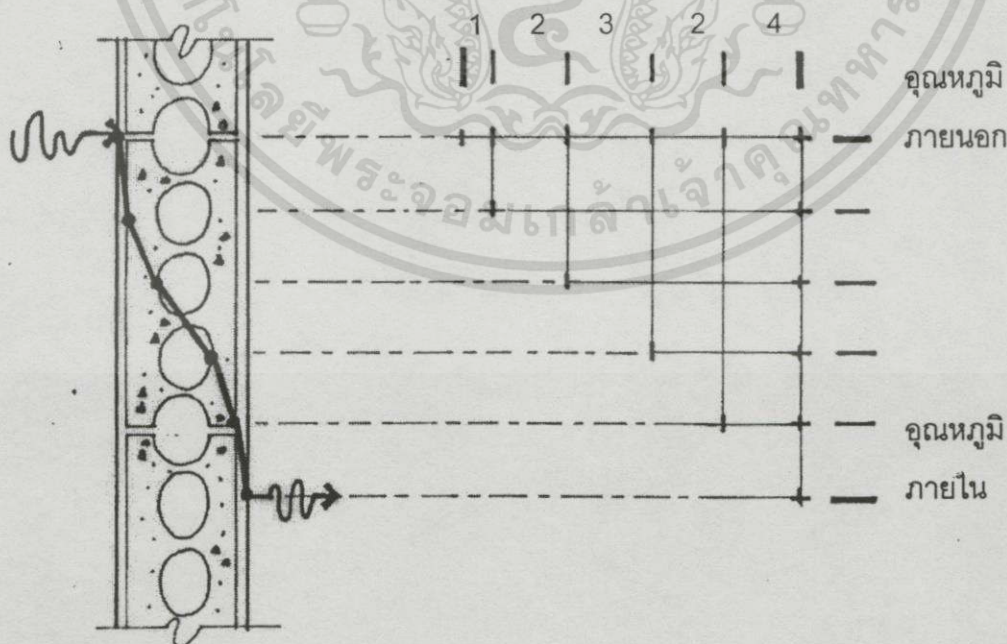
1. ผนังซีเมนต์บล็อกทาสีทั้งสองด้าน

ลำดับ ที่	ส่วนประกอบ	หนา	สัมประสิทธิ์การนำ ความร้อน K	ความต้านทานความร้อน	
				R	R/RTXAT
1	ฟิล์มอากาศภายนอก			0.044	0.42
2	ซีเมนต์บล็อก	0.075	0.346	0.216	2.00
3	ช่องว่างอากาศใน ซีเมนต์บล็อก	0.075		0.148	1.14
4	ฟิล์มอากาศภายใน			0.120	1.10
รวม (RT)		0.15		0.528	T5.00

$$U = \frac{1}{RT} = \frac{1}{0.528} = 1.9 \text{ วัตต์/ตารางเมตร/องศาเซลเซียส}$$

ค่าการหน่วงความร้อนของวัตถุ

$$= 4.3 \text{ ชั่วโมง}$$



ภาพที่ 3.15 แสดงค่าการหน่วงความร้อนในผนังชนิดที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดงความต้านทานความร้อนในผนัง ชนิดที่ 2

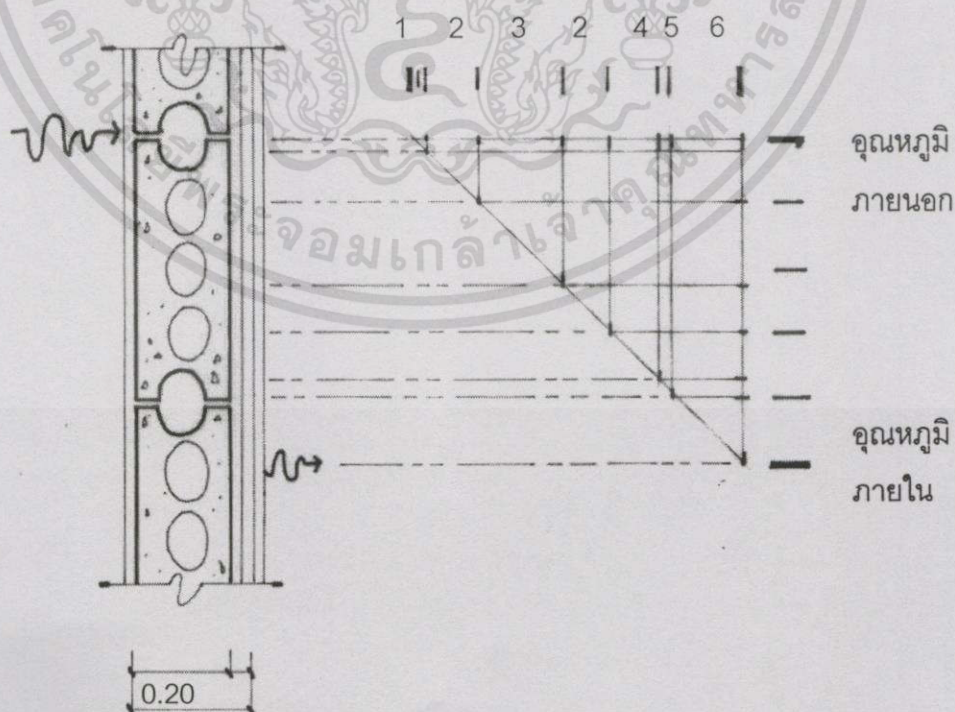
2. ผนังซีเมนต์บล็อก ทาสีภายนอกฉาบปูนกระเบื้อง 8"x8" สูง 2.00 เมตร ภายใน

ลำดับ ที่	ส่วนประกอบ	หนา	สัมประสิทธิ์การนำ ความร้อน K	ความต้านทานความ ร้อน	
				R	R/RTXAT
1	ฟิล์มอากาศภายนอก			0.044	0.42
2	ซีเมนต์บล็อก	0.075	0.346	0.216	2.00
3	ช่องว่างอากาศใน ซีเมนต์บล็อก	0.075		0.148	1.14
4	ปูนฉาบ	0.025	0.533	0.047	
5	กระเบื้อง 8"x8"	0.012	1.298	0.009	
6	ฟิล์มอากาศภายใน			0.120	1.10
	รวม (RT)		0.187	0.548	T=5 C °

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.528} = 1.7 \text{ วัตต์/ตารางเมตร/องศาเซลเซียส}$$

ค่าการนำความร้อนของวัสดุ

= 5 ชั่วโมง 19 นาที

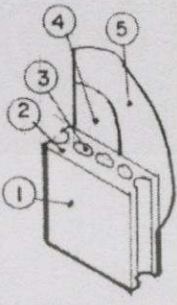


ภาพที่ 3.16 แสดงค่าหน่วยความร้อนในผนังชนิดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 แสดงความต้านทานความร้อนในผนัง ชนิดที่ 3

3. ผนังซีเมนต์บล็อก ฉาบปูนหนา 0.25 ทาสี ทั้งสองด้าน



ลำดับ ที่	ส่วนประกอบ	หนา	สัมประสิทธิ์การ นำความร้อน K	ความต้านทานความร้อน	
				R	R/RTXAT
1	ฟิล์มอากาศภายนอก			0.044	0.38
2	ซีเมนต์บล็อก	0.075	0.346	0.216	1.87
3	ช่องว่างอากาศใน ซีเมนต์บล็อก	0.075		0.148	1.28
4	ปูนฉาบ	0.025		0.047	0.40
5	ฟิล์มอากาศภายใน			0.120	1.10
รวม (RT)		0.187		0.548	T = 5.00°

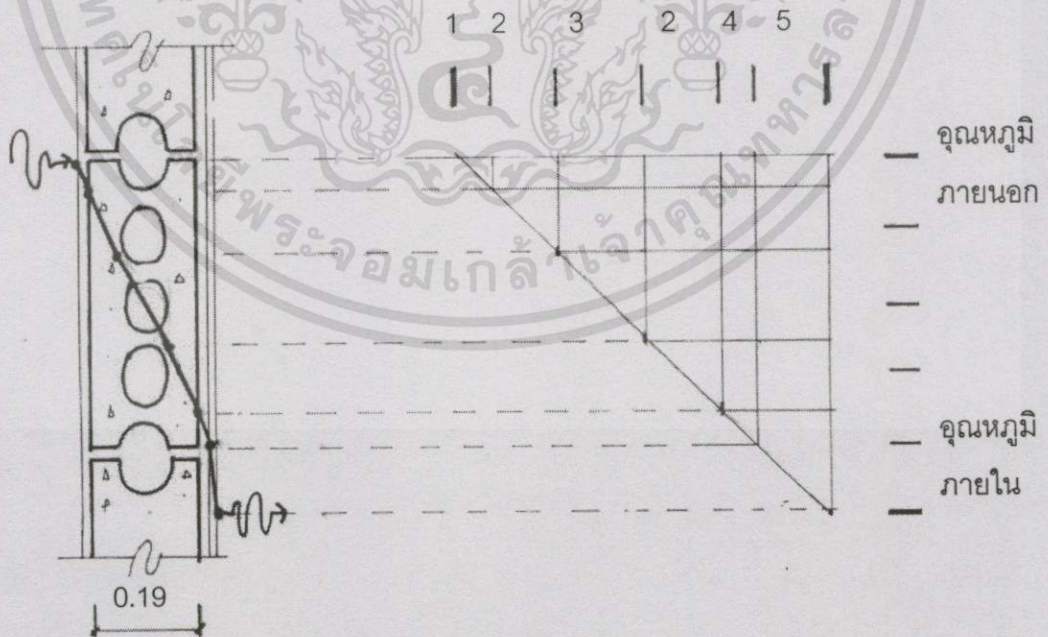
$$U = \frac{1}{0.575} = 1.73 \text{ วัตต์/ตารางเมตร/องศาเซลเซียส}$$

ค่าการหน่วงความร้อนของวัสดุ

$$1.38 L = 1.38 (0.025) \frac{1}{0.00089}$$

$$= 1.156 \text{ ชั่วโมง} + \text{คอนกรีตบล็อก } 0.15 = 4 \text{ ชั่วโมง } 24 \text{ นาที}$$

$$\text{รวม} = 5 \text{ ชั่วโมง } 18 \text{ นาที}$$



ภาพที่ 3.17 แสดงค่าหน่วงความร้อนในผนังชนิดที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 แสดงความต้านทานความร้อนในผนัง ชนิดที่ 4

4. ผนังเหล็กเคลือบอลูมิเนียม

ลำดับ ที่	ส่วนประกอบ	หนา	สัมประสิทธิ์การนำ ความร้อน K	ความต้านทานความร้อน	
				R	R/RTXAT
1	ฟิล์มอากาศภายนอก			0.044	1.34
2	เหล็กเคลือบอลูมิเนียม	0.0053	211	0.000025	0
3	ฟิล์มอากาศภายใน			0.120	3.6
รวม (RT)				0.164	T = 5 C°

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.164} = 6 \text{ วัตต์/ตารางเมตร/องศาเซลเซียส}$$

ค่าการนำความร้อนของวัสดุ

ค่าการนำความร้อนของวัสดุของวัสดุประเภทนี้น้อยมาก



ภาพที่ 3.18 แสดงค่าการนำความร้อนในผนังชนิดที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 แสดงความต้านทานความร้อนในผนัง ชนิดที่ 5

5. ผนัง หน้าเสา และหน้าคาน คสล. ขนาด 0.40 x 0.60 โดยประมาณ

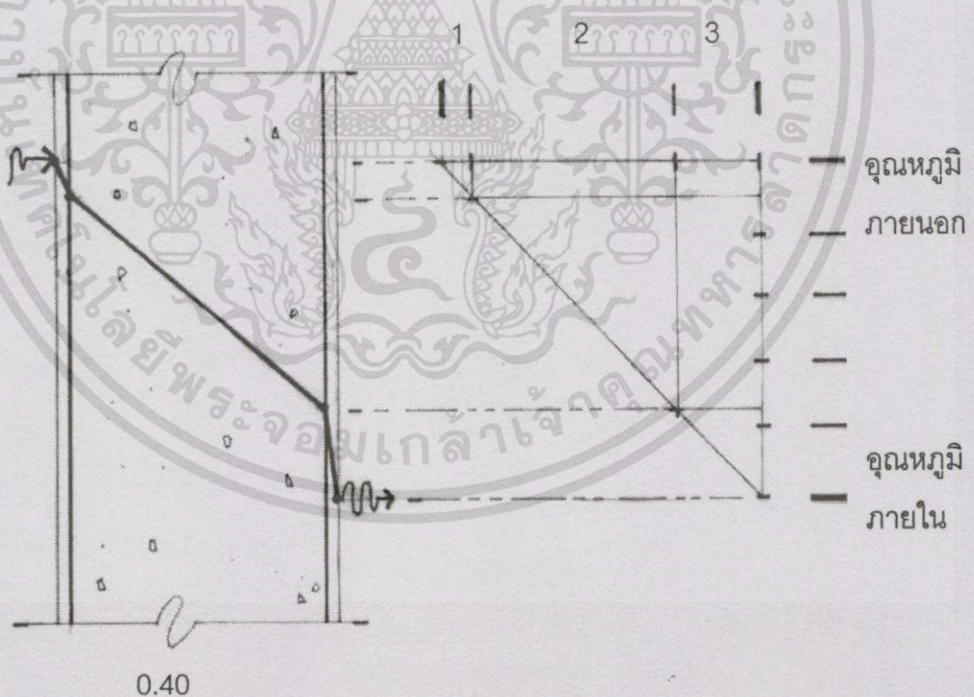
ลำดับ ที่	ส่วนประกอบ	หนา	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน K	ความต้านทานความร้อน	
				R	R/RTXAT
1	ฟิล์มอากาศภายนอก			0.044	0.45
2	คอนกรีตเสริมเหล็ก	0.40	211	0.277	3.14
3	ฟิล์มอากาศภายใน			0.120	1.36
รวม (RT)				0.441	T = 5 C°

$$U = 1/R_T = 1/0.441 = 2.2 \text{ วัตต์/ตารางเมตร/องศาเซลเซียส}$$

ค่าการหน่วงความร้อนของวัสดุ

$$= 1.38 \text{ L } 1/ = 1.38 (0.40) \quad 1/0.00215$$

$$= 12 \text{ ชั่วโมง}$$

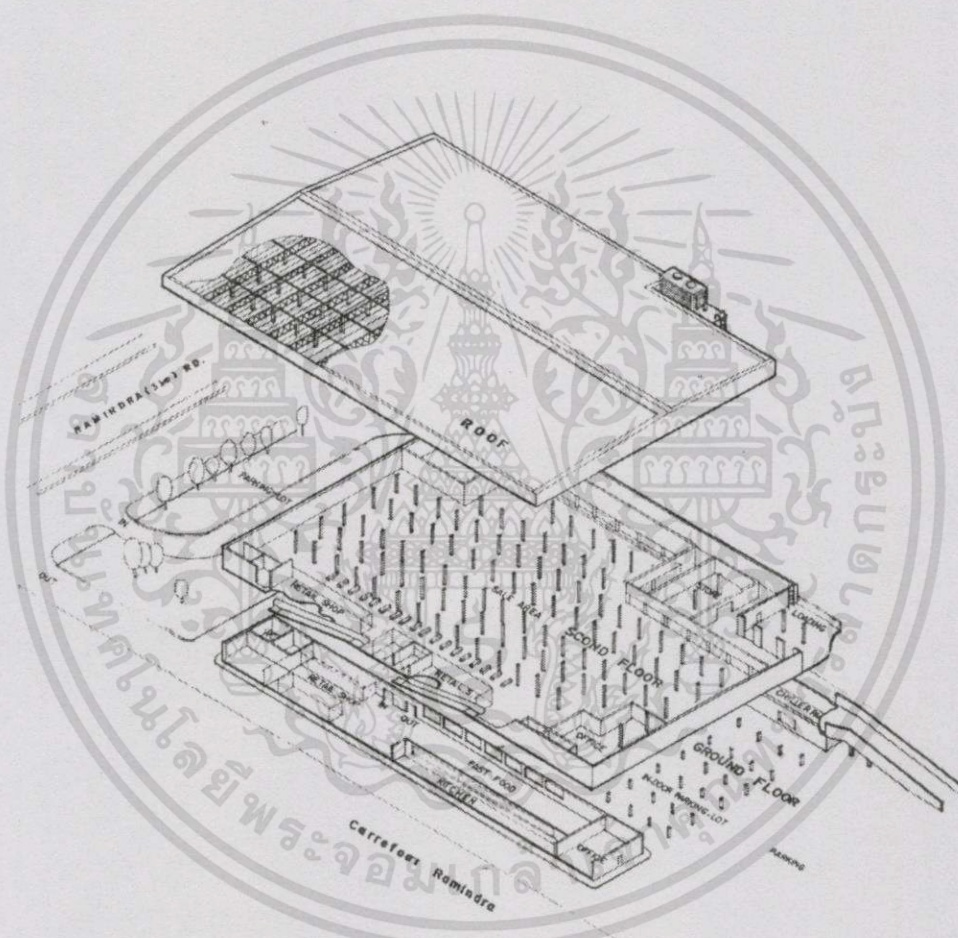


ภาพที่ 3.19 แสดงค่าหน่วงความร้อนในผนังชนิดที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การศึกษาหลังคาศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ รามอินทรา

อาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา มีอัตราส่วนของพื้นที่ผนังต่อหลังคา เท่ากับ 1:5 มีความลาดเอียงหลังคา 3.5 องศา ซึ่งเมื่อพิจารณาพร้อมกับระนาบในการทำมุมของดวงอาทิตย์ต่อวัสดุ จะตั้งสมมุติฐานได้ว่าหลังคาเป็นส่วนสำคัญที่รับการส่งผ่านพลังงานความร้อนสู่อาคาร หลังคาศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทราเป็นหลังคาเหล็กเคลือบสังกะสีมีความหนา 0.53 มิลลิเมตรกันการส่งผ่านความร้อนด้วยฉนวนไฟเบอร์กลาสหุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ ความหนา 5 เซนติเมตรโดยใช้ลวดกักวางไนซ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 มิลลิเมตร เป็นโครงสร้างรองรับวัสดุ



ภาพที่ 3.20 แสดงโครงสร้างอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา

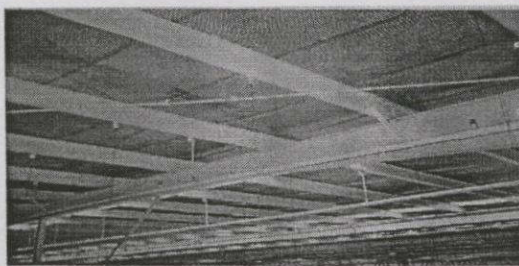
จากการเก็บข้อมูลพบว่าสามารถวัดความแตกต่างของอุณหภูมิของหลังคาได้ 28 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิมิ่วหลังคา 55 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายใต้ฉนวนหลังคาบริเวณฟิล์มอากาศภายในเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส หากพิจารณาจากตัวฉนวนเองจะเห็นว่าผู้ออกแบบได้เลือกใช้ ฉนวนไฟเบอร์กลาสเพื่อลดการนำและพาความร้อนและใช้อลูมิเนียมฟอยล์เพื่อลดการแผ่รังสีความร้อนแต่ในการศึกษาพบว่า เนื่องจากฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งหุ้มฉนวนไฟเบอร์กลาสนั้นกลับเป็นตัวนำความร้อนมาสู่ด้านล่างของหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิจะเห็นได้ว่าได้ฉนวนจะมีอุณหภูมิที่สูง จนสามารถรู้สึกได้ โดยเฉพาะในเวลาที่แสงอาทิตย์มีความเข้มแสงสูง ซึ่งในปัจจุบันทางบริษัท คาร์ฟูร์ประเทศไทยได้แก้ปัญหา โดยการนำสีมาทาบนหลังคาเมื่อเดือน พฤศจิกายน 2542 เพื่อวัตถุประสงค์ในการสะท้อนความร้อน กลับสู่บรรยากาศ แต่ก็ยังคงไม่ได้ผลที่ดีนักเนื่องจากในเขตถนนรามอินทราที่มีฝุ่นละอองมากจึงทำให้ฝุ่น มาจับตัวบริเวณผิวหลังคาจำนวนมากจนสีขาวที่ทาไว้เกือบจะออกเป็นสีเทา ทั้งความลาดของหลังคาเองทำให้กระแสลมที่พัดผ่านหลังคา ปรับสภาพเป็นลมหวน จึงยิ่งทำให้ฝุ่นละอองมาตกสะสมมากขึ้น

จากรูปทรงหลังคาที่มีลักษณะเกือบแบนราบโดยมีความลาดเอียงเพียง 3.5 องศา จากแนวระนาบในทิศตะวันออก และตะวันตกทำให้แสงอาทิตย์ทำมุมตกกระทบกับหลังคาในมุมต่าง ๆ ได้เกือบตลอดวันทั้งผืนหลังคา จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การส่งผ่านพลังงานความร้อนมีมากขึ้น จนสามารถรู้สึกได้ ทั้งที่ความสูงเฉลี่ยของหลังคาสูงถึง 6.00 เมตร โดยเฉลี่ยจากพื้นชั้นสอง ทำให้พื้นที่ใต้หลังคา ในระดับ 2.00 เมตร จากแนวตั้งเป็นพื้นที่ซึ่งไม่มีการใช้งาน แต่กลับเป็นภาระในการปรับอากาศโดยในปัจจุบันทางศูนย์รวมสินค้าได้แก้ไขโดยการถอดแผงหน้ากักกระจายลมของช่องจ่ายลมเย็น ตามจุดต่าง ๆ ออกเพื่อให้ลมเย็นส่งมายังบริเวณพื้นที่ให้มากที่สุด ก่อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และลอยตัวไปอยู่ใต้หลังคา จากการเก็บตัวอย่างอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ทั่วบริเวณพื้นที่ที่ชายพบว่าบริเวณกลางอาคารเป็นบริเวณปรับอากาศที่มีอุณหภูมิภายใน สูงถึง 26.5 องศาเซลเซียส โดยบริเวณดังกล่าวจะเป็นบริเวณที่มีระยะแนวตั้งสูงที่สุดถึง 6.50 เมตร ในขณะที่บริเวณริมกรอบอาคาร จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 25.00 องศา ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ตั้งไว้สำหรับการปรับอากาศ โดยบริเวณดังกล่าวมีความสูงจากพื้นถึงใต้หลังคา 6.00 เมตร

เสียงรบกวน ก็ยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่งของหลังคา เหล็กเคลือบอลูมิเนียม โดยในสภาวะปรกติหลังคามีการขยายตัวและหดตัวตามสภาวะแวดล้อมทำให้เกิดเสียงเล็ก ๆ น้อย ๆ ทั่วผืนหลังคาอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะหากเวลาใดที่ฝนตกก็จะได้ยินเสียงฝนกระทบแผ่นเหล็ก ที่มีความหนาเพียง 0.0053 เมตร จึงเกิดเสียงแหลมก้องอยู่ภายในอาคาร โดยตัวฉนวนความร้อนในลักษณะที่ใช้ในปัจจุบันก็ไม่มีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงได้มากนัก เพียงแต่ช่วยทำให้ฝนกระทบแผ่นหลังคาฟุ้งหุ้มขึ้น



ภาพที่ 3. 21 แสดงรูปแบบโครงหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การคำนวณค่าภาระการปรับอากาศ

ภาระการทำความเย็นจากหลังคา

หลังคากระจก (Sky light)

$$Q_2 = Z(a \times sc \times shgf \times clf) + (u \times a \times etd)$$

Q_2 = ค่าภาระการทำความเย็นของกระจกเนื่องจากแสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็นวัตต์

a = พื้นที่ของกระจกถูกแสงอาทิตย์มีหน่วยเป็นตารางเมตร

sc = Shading coefficient สำหรับกระจกชนิดต่าง ๆ

$shgf$ = ตัวประกอบความร้อนเพิ่มจากดวงอาทิตย์

หาได้จากตารางภาคผนวกมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

clf = ตัวประกอบภาระความเย็น

u = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตรต่อองศาเซลเซียส

etd = ค่าแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

หลังคาทึบ

$$Q_4 = u \times a \times etdc$$

Q_4 = ค่าภาระความเย็นของหลังคาทึบ

u = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคา

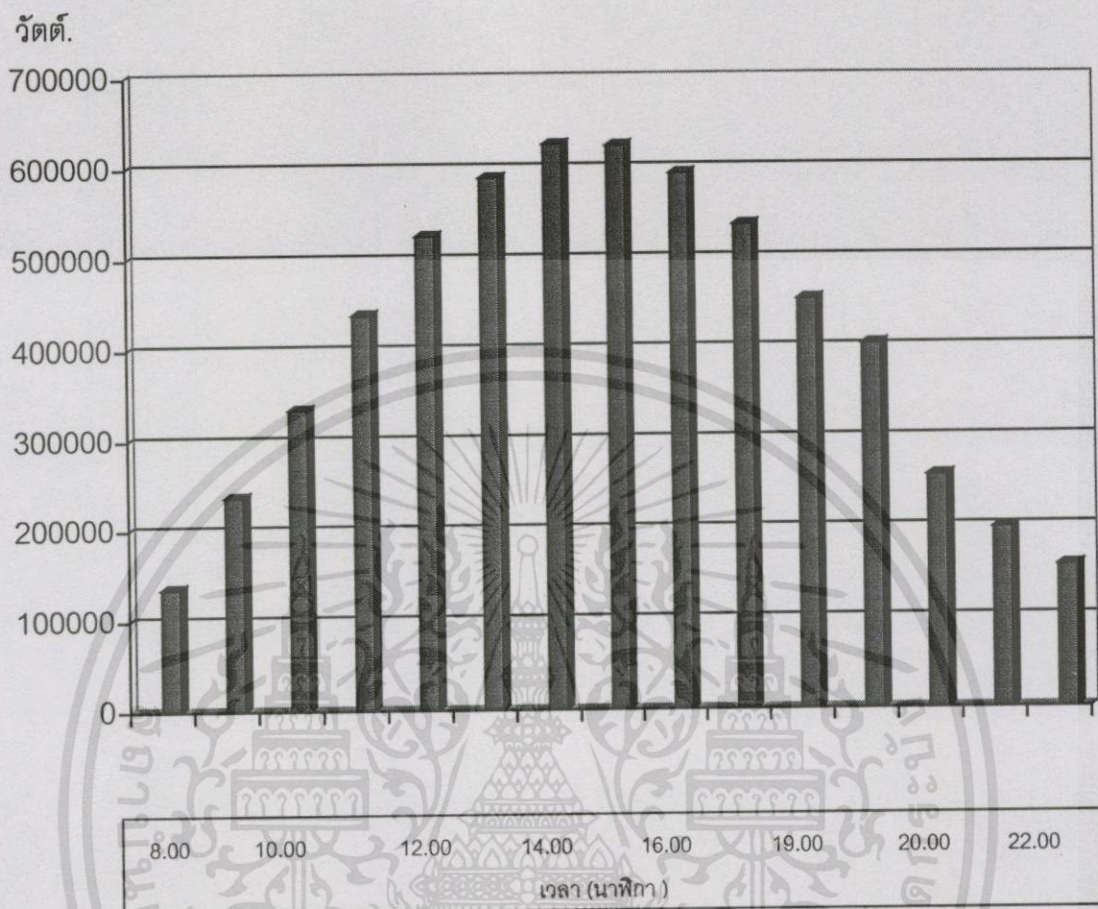
a = พื้นที่ของหลังคา ตารางเมตร

$etdc$ = ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าที่ได้ปรับปรุงค่าแล้ว

ตารางที่ 3.9 แสดงค่าภาระการปรับอากาศจากหลังคาอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ งามอินทรา

ด้าน	เวลา														
	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00
ทิศ ตะวันตก	66567	11615	163315	213722	255705	286743	364385	303476	288263	266470	220008	195343	125193	96699	76512
ทิศ ตะวันออก	68754	121204	170955	224377	269562	362724	321868	321276	305595	276560	234002	206488	133160	102616	81002
รวม Q	135320	237358	334270	438099	525266	589467	626253	624752	593857	537030	454011	403831	258353	199314	157514

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3. 22 แสดงค่าภาระการปรับอากาศจากหลังคาอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ สาขารามอินทรา

3.2.5 ผลการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนสู่กรอบอาคาร (OTTV.)

วัสดุผนัง	วัสดุหลังคา
W 01 ซีเมนต์บล็อกทาสี	R 01 หลังคาเหล็กเคลือบสังกะสีหนา 0.0053
W 02 ซีเมนต์บล็อกฉาบปูน	R 02 หลังคาคอนกรีต หนา 0.25
W 03 ซีเมนต์บล็อกฉาบปูน 0.025 ทาสีทั้งสองด้าน	R 03 หลังคาพลาสติกโปร่งแสง
W 04 ผนังเหล็กเคลือบอลูมิเนียมหนา 0.0053	
W 05 หน้าคาน, เสาคสล. ขนาด 0.40x 0.60	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 แสดงผลการคำนวณ OTTV. อาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา

ทิศ	วัสดุ	พื้นที่	U	Tdiff	SC	Sf	Q	OTTV.
เหนือ	02	662.0	1.71	15			17,003.4	33.7
	03	18.0	1.69	11			333.8	
	04	100.0	6.10	16			9,756.1	
	05	92.0	2.27	11			2,294.7	
ตอ.	01	1,309.0	1.86	14			34,126.6	32.6
	04	144.5	6.10	16			14,097.5	
	05	100.0	2.27	11			2,494.3	
ใต้	01	680.0	16.00	16			20,260.7	36.93
	04	100.0	6.10	11			9,146.3	
	05	50.0	2.27	15			1,247.1	
ตต.	01	1,410.0	1.86	16			42,011.1	42.91
	03	30.0	1.70	13			663.2	
	04	144.5	6.10	16			14,097.5	
	05	100.0	2.27	11			2,494.3	
	06	94.5	5.80	5	0.920	164.8	17,074.8	

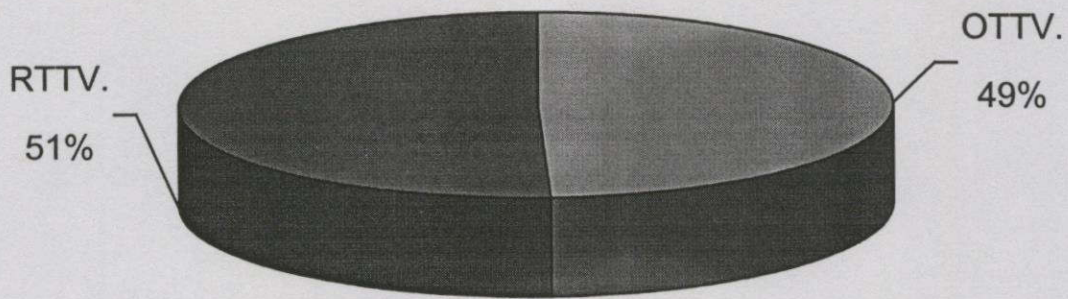
ค่า OTTV. ของอาคาร = 37.16 วัตต์ต่อตารางเมตร

ตารางที่ 3.11 แสดงผลการคำนวณ RTTV. อาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา
ผลการส่งผ่านความร้อนสู่หลังคา (RTTV.)

ทิศ	วัสดุ	พื้นที่	U	Tdiff	SC	Sf	Q	RTTV.
	RD1	6525	0.395	24			61920.9	36.06
	RD2	255	0.309	16	0.79	366.3	1260.8	
	RD3	700	1.157	5			206614.8	
	RO1	6020	0.436	24	0.79	370	62953.4	40.41
	RO3	700	1.158	5			208662.7	

ค่า RTTV. ของอาคาร = 38.12 วัตต์ต่อตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.23 แสดงสัดส่วน OTTV และ RTTV ของอาคารศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์

3.2 การศึกษาช่องแสง หลังคาศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา

ข้อดีของการมีช่องแสงบนหลังคา คือ สามารถให้ลำแสงที่ลึกและกระจายแสงสู่พื้นที่ใช้งานได้มากขึ้น อีกทั้งแสงธรรมชาติจะเป็นสิ่งที่ช่วยบอกสภาพภายนอกอาคารได้ว่าอยู่ในช่วงเวลาใด หรือสภาพอากาศภายนอกเป็นอย่างไร

อาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา มีขนาดความกว้างช่องแสง 0.50 ความยาวของช่องแสง เฉลี่ย 70 เมตร จากความยาวหลังคา 100.00 เมตร มีพื้นที่ช่องแสงต่อพื้นที่หลังคา เท่ากับ 1,310 ตารางเมตร ต่อ 14,500 ตารางเมตร หรือมีประมาณเกือบ 10% ของพื้นที่ทั้งหมด ดังรูป

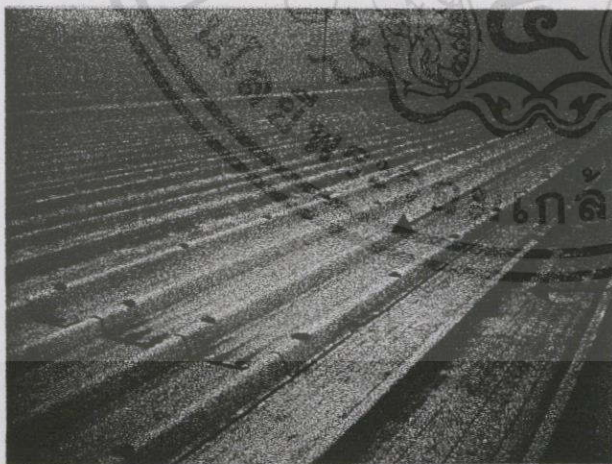


ภาพที่ 3.24 แสดงพื้นที่ช่องแสงของหลังคา อาคารศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ รามอินทรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยช่องแสงดังกล่าวจะมีความลาดเอียง เช่นเดียวกับหลังคาคือ 3.5 องศา ทำมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์ มีมุมเดียวกับหลังคา เนื่องจากช่องแสงวางในแนวตะวันออก-ตะวันตก จึงทำให้มุมตกกระทบของแสงเปลี่ยนไปตามเวลา แสงภายในจึงมีการเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา คุณภาพของแสงจึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นค่าความสว่างมาตรฐาน ภายในจึงต้องติดตั้งโคมเป็นจำนวนมาก โดยหากพิจารณาในส่วนพื้นที่ชายซึ่งเป็นส่วนที่มีช่องเปิดรับแสงธรรมชาติมากที่สุด แต่ต้องเปิดดวงโคมไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ โดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 32 วัตต์ต่อหลอดส่งผลให้ผลเฉลี่ยพื้นที่ใช้พลังงานเพื่อแสงสว่างต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ต่อตารางเมตร ซึ่งสูงกว่าค่าที่กฎหมายกำหนดไว้ 16 วัตต์ต่อตารางเมตร และจากการที่วางช่องแสงในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก นอกจากจะทำให้สามารถรับแสงอาทิตย์ในช่วงมุมกระทำต่อดวงอาทิตย์ ไม่มากนักแล้ว การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งถึงแม้จะใช้วัสดุ เพื่อลดการแผ่รังสีแล้วก็ตาม เนื่องจากมุมตกกระทบช่องแสงต่อหลังคานั้นเป็นการรับแบบรังสีตรงดวงอาทิตย์ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดดป้องกันทำให้อุณหภูมิร้อน ซึ่งรังสีที่มีความยาวคลื่นในช่วง ประมาณ 300 นาโนเมตรสามารถผ่านเข้ามาสู่ภายในอาคาร ทำให้สินค้าบางชนิดอาจได้รับผลกระทบจากแสงในช่วงคลื่นดังกล่าว

จากการเก็บข้อมูลผู้วิจัยพบว่าเนื่องจากตัวอาคารอยู่ห่างจากถนนประมาณ 60 เมตร ทำให้ฝุ่นจากรถยนต์ที่มีมลพิษจำนวนมากกระจายไปเกาะอยู่บริเวณช่องแสงหลังคา ซึ่งอาจเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพการกระจายแสงลดลง



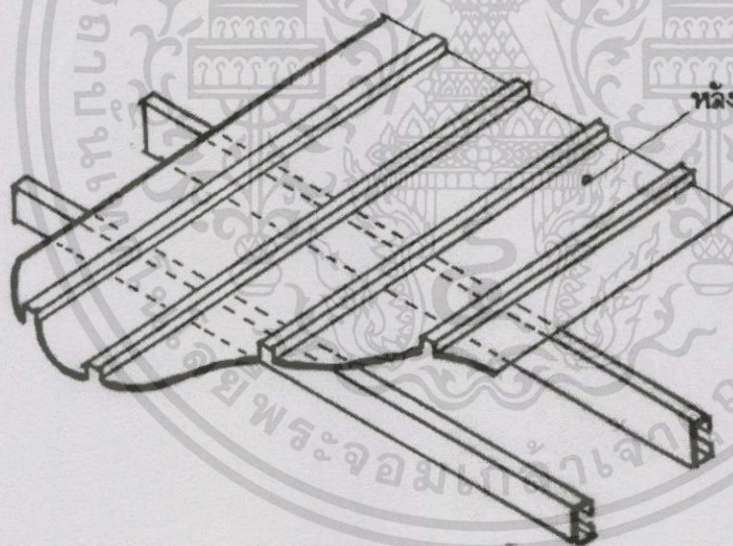
ช่องแสงที่ได้รับการทาสีน้ำมันเพื่อลดการส่งผ่านความร้อน

ผงฝุ่นสีดำจากถนนรามอินทรา

ภาพที่ 3.25 แสดงช่องแสงของหลังคา อาคารศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ รามอินทรา

ตารางที่ 3.12 แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวมช่องแสงหลังคา

รายละเอียด	X/K	R	หมายเหตุ
1. ฟิล์มลึ้อากาศภายนอก		0.055	
2. หลังคา ไปรงแสง	0.006/10.53	0.0056	
3. ฟิล์มลึ้อากาศภายใน		0.162	การแผรงสีต้า
ค่าต้านทานความร้อนรวม RT		2.971	



หลังคาไปรงแสง KL.406 (AMPELITE ,BHP)

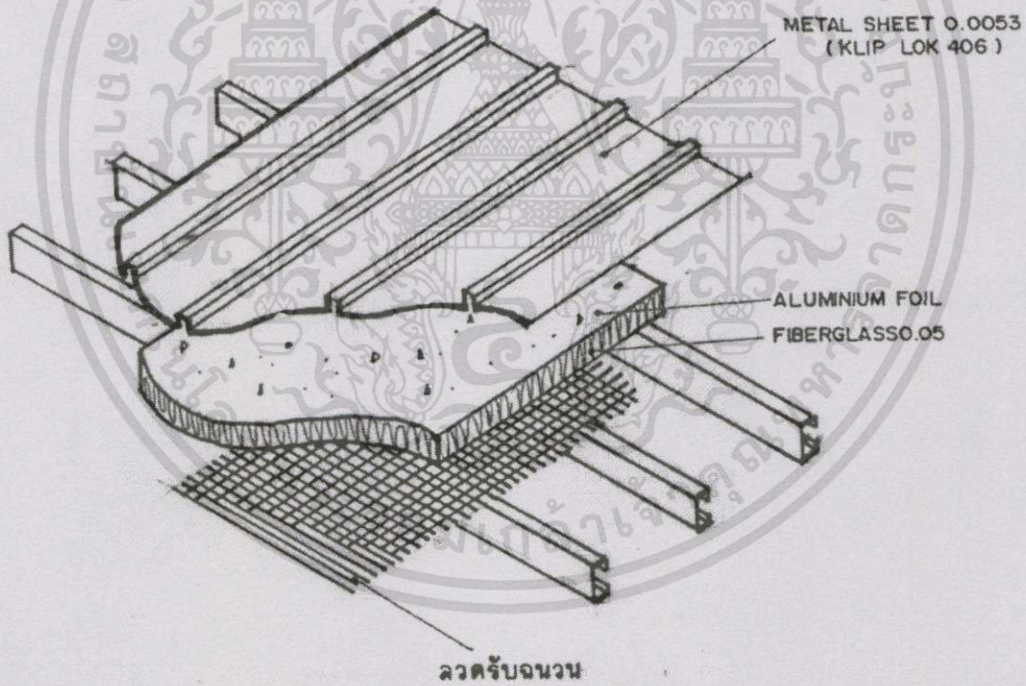
ภาพที่ 3.26 แสดงช่องแสงหลังคาศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.13 แสดงวัสดุหลังคาที่บแสงศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ งามอินทรา

รายละเอียด	X/k	R	หมายเหตุ
1. ฟิมล์อากาศภายนอก		0.055	
2. หลังคาเหล็กเคลือบอลูมิเนียม	0.053/47.6	0.001	
3. ช่องว่างอากาศ		1.423	การแผ่รังสีต่ำ
4. ฉนวนใยแก้วหนา 0.05 เมตร	0.05/0.038	1.31	
5. ฟิมล์อากาศภายใน		0.162	
ค่าความต้านทานความร้อนรวม RT		2.971	

$$U = 1/2.971 = 0.336 \text{ w/m}^2 - \text{C}^\circ$$



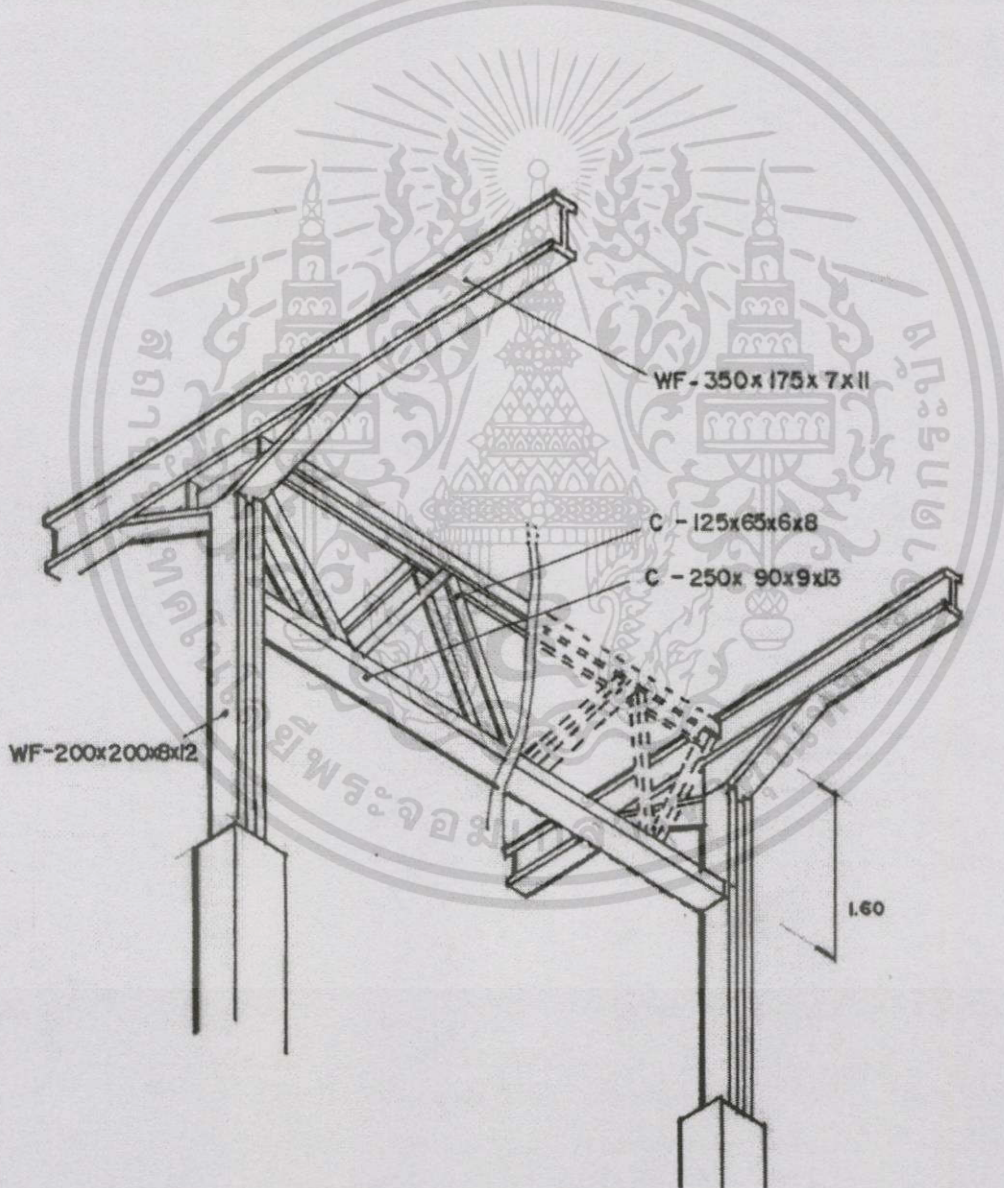
ภาพที่ 3.27 แสดงวัสดุหลังคาที่บแสงศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ งามอินทรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาโครงสร้างศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ รามอินทรา

อาคารศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ รามอินทรา เป็นอาคารค.ส.ล. มีความกว้างและยาวของช่วงเสาทั่วไป 10.00 x 8.50 เมตร ซึ่งตามกฎหมายกำหนดว่า อาคารใดมีช่วงพาดเกิน 10.00 เมตร ถือเป็นอาคารช่วงกว้าง

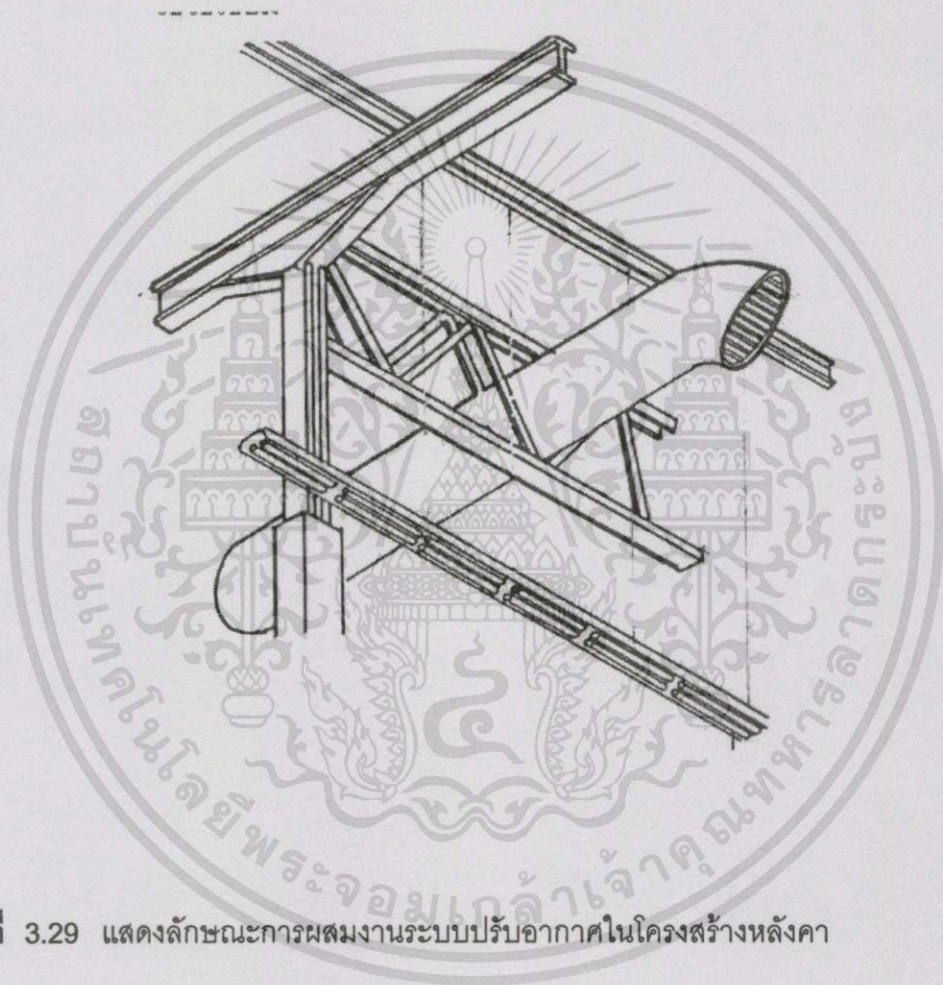
เนื่องจากอาคารได้เลือกช่วงเสาที่กว้างเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้พื้นที่ใช้งานได้ มากและมีความยืดหยุ่นผู้ออกแบบจึงเลือกระบบโครงสร้างพื้นแบบ เพลตสแลป และโครงสร้างหลังคาเหล็กทาสีในลักษณะ เวกเตอร์แอกทิฟ ซิสเต็ม มีส่วนประกอบด้วยโครงสร้างขนาดใหญ่ และคานเหล็ก



ภาพที่ 3.28 แสดงโครงสร้างเหล็กรัดหัวเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยโครงทรัสจะอยู่ในแนวความกว้างเสา 8.50 เมตร เพื่อรัดหัวเสา และรับจันทันเหล็ก โครงทรัสจะเป็นลักษณะวอร์เรนทรัส โดยใช้เหล็กรูปตัว ซี แชลเนลเป็นส่วนประกอบของทรัสรวมแล้วมีความลึก 1.60 เมตร และมีช่องว่างระหว่างโครงถักหรือ เมมเบอร์ มากพอที่จะสอดงานระบบต่าง ๆ ผ่านโครงสร้างได้แม้กระทั่งท่อจ่ายลมเย็น ก็สามารถลอดผ่านได้โดยสะดวก ส่งผลให้พื้นที่รวมในแนวตั้งของโครงสร้างหลังคาและงานระบบรวมกันแล้วไม่เกิน 2.00 เมตร การยึดติดโครงสร้างหลังคากับเสาจะใช้วิธีร้อยน๊อตในส่วน เมมเบอร์ ใช้วิธีเชื่อม



ภาพที่ 3.29 แสดงลักษณะการผสมงานระบบปรับอากาศในโครงสร้างหลังคา

ตารางที่ 3.14 สรุปข้อดีข้อเสียของระบบโครงสร้างอาคารศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ งามอินทรา

ลำดับ	รายการ	ข้อดี	ข้อเสีย
1	โครงทรัส (วอร์เรนทรัส)	- พาดได้ช่วงยาว 15-30 เมตร - สอดงานระบบได้สะดวก - ระยะเวลาก่อสร้างเร็ว	- ความลาดเอียงของหลังคาน้อย - รูปทรงไม่เน้นสายตา
2	คานเหล็ก (แซนเนล)	- พาดได้ช่วงยาว 6-18 เมตร - ก่อสร้างได้รวดเร็ว	- การโก่งตัวที่กลางคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากพิจารณาจากตัวหลังคา และวัสดุเองจะเห็นว่ามี การคำนึงถึงการลดการส่งผ่านความร้อน โดยการใช้วัสดุเป็นหลัก แต่จากการศึกษาพบว่าหลังคามีรูปทรงที่ไม่สอดคล้องกับการลดการส่งผ่านความร้อน เนื่องจากหลังคาทรงแบน จะสามารถรับพลังงานความร้อนผ่านกรอบหลังคาได้มาก เมื่อเทียบพื้นที่ต่อตารางเมตร กับหลังคารูปทรงอื่นโดยเฉพาะ เมื่อหลังคามีเนื้อที่ขนาดใหญ่ ก็จะสามารถส่งผ่านความร้อนได้มากขึ้น

3.4 การศึกษาและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานอาคารศูนย์รวมสินค้า

คาร์ฟูร์ รามอินทรา

อาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา ตั้งอยู่ที่ 59 หมู่ที่ 1 ถนน รามอินทรา แขวงอนุสาวรีย์ บางเขน กทม. 10220 มีหม้อแปลงไฟขนาด 1,600 กิโลโวลต์แอมแปร์ จำนวน 2 ลูก จ่ายไฟให้แก่ระบบปรับอากาศ, ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง, ปลั๊ก, อุปกรณ์ประกอบอาคารและอื่น ๆ การใช้พลังงานไฟฟ้า จัดอยู่ในประเภท 4 กิจการขนาดใหญ่ ที่ขนาดแรงดัน 12 – 24 กิโลโวลต์ ซึ่งมีการคิดค่าไฟฟ้าแบบ TOU. Rate (Time of use) โดยคิดค่าไฟฟ้าดังนี้

ตารางที่ 3.15 แสดงอัตราค่าไฟฟ้า

กิโลโวลต์	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าบาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้าบาท/หน่วย			ค่าบริการ/เดือน
		1"	2"	3"	
12 – 24	200.93	1.773 6	0.688 1	0.623 6	850

หมายเหตุ	1" วันจันทร์ – เสาร์	9.00 – 22.00 น.	On Peak
	2" วันจันทร์ – เสาร์	22.00 – 09.00 น.	Off Peak
	3" วันอาทิตย์	00.00 – 24.00 น.	Off Peak

จากการคิดค่าไฟฟ้าในลักษณะ TOU. Rate ส่งผลให้อาคารต้องเปิดอุปกรณ์ชนิดมอเตอร์ไฟฟ้าในอาคารก่อนเวลา 9.00 น. เพื่อหลีกเลี่ยง Demand peak ระบบเครื่องปรับอากาศซึ่งมีมอเตอร์เป็นส่วนประกอบและมีอัตราบริโภคไฟฟ้ามากที่สุดในอาคาร ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเย็นแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำจำนวน 2 เครื่อง ขนาด 500 ตัน และ 300 ตันตามลำดับ โดยเครื่องขนาด 500 ตัน จะเริ่มเดินเครื่องก่อนเวลา 9.00 น. จนกระทั่งเวลา 12.00 น. เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 380 ตัน จึงจะเดินเครื่องเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้คงที่ 25 องศาเซลเซียส จนกระทั่งในเวลา 18.00 น. ค่าภาระการปรับอากาศจะลดลงจึงสามารถเดินเครื่องขนาด 500 ตัน เพียงตัวเดียวได้ เป็นที่น่าสังเกตว่าในเวลา 9.00 น. จนถึง 12.00 น. ภาระการปรับอากาศเนื่องจากความร้อนในตัวคนจะยังคงที่โดยเฉลี่ยจะมีคนอยู่ ประมาณ 6 คน/85 ตร.ม. และความร้อนจากกรอบอาคารก็ยังไม่สามารถผ่านมาสู่อากาศภายในได้ เนื่องจากค่า ผนวกรวมความร้อนของวัตถุถึง 3-5 ชั่วโมง ซึ่งจะส่งผลในช่วงบ่าย ดังนั้นภาระความร้อนที่ต้องเดินเครื่องปรับอากาศอีก 380 ตัน ต่ำจะมาจากหลังคาเป็นหลัก ทั้งนี้ จากการเก็บข้อมูลพบว่าในขณะที่อุณหภูมิเหนือหลังคาสูง อุณหภูมิที่ส่งผ่านพลังงานความร้อนจะส่งมายังพื้นที่ใช้งานโดยตรง จนรู้สึกได้ ส่งผลให้ระบบปรับอากาศต้องบริโภคไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก เพื่อปรับอุณหภูมิช่วงเวลา 12.00 น. - 18.00 น. ให้คงที่

ตารางที่ 3.16 แสดงการใช้ไฟฟ้าศูนย์รวมสินค้า คาร์ฟูร์ รามอินทรา

เดือน/ปี	พลังงานไฟฟ้าคาร์ฟูร์ (กิโลวัตต์/ชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	ราคาค่าไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
พ.ค./42	600,000	1,427,807	2.37
มิ.ย./42	706,000	1,397,685	1.979
ก.ค./42	648,000	1,321,015	2.03
ส.ค./42	591,000	1,327,117	2.07
ก.ย./42	628,000	1,208,936	2.04
ต.ค./42	580,000	1,505,990	2.39
พ.ย./42	600,000	1,369,956	2.36
ธ.ค./42		1,400,000	
ม.ค./43		1,400,000	
ก.พ./43		1,400,000	
มี.ค./43		1,400,000	

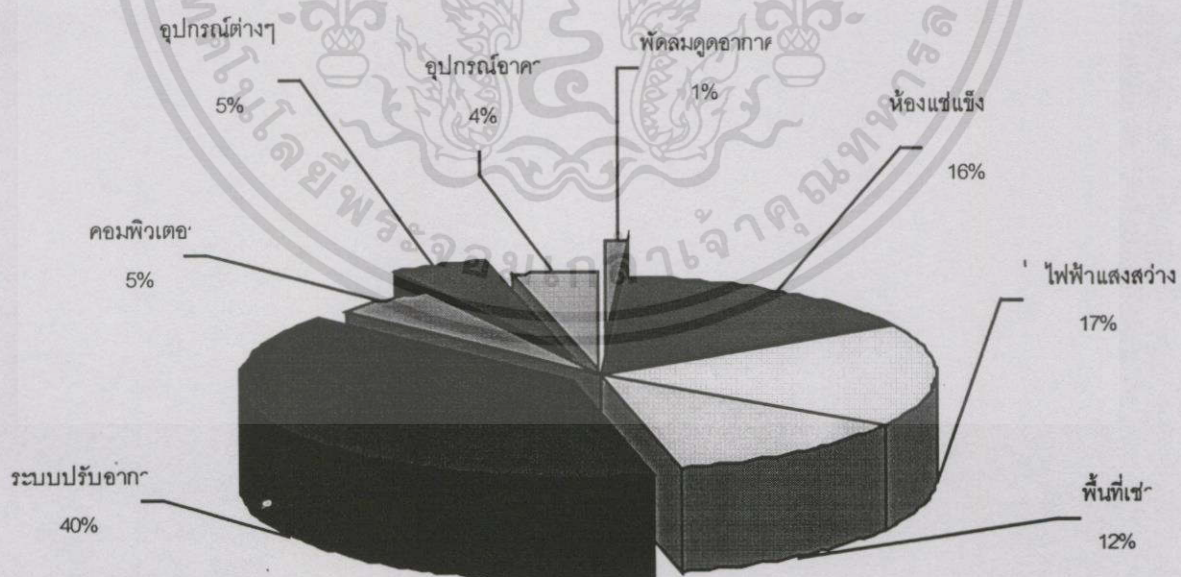
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 การสำรวจการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร

จากการศึกษาพบว่าอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา ใช้พลังงานโดยเฉลี่ย 2,594.78 กิโลวัตต์ต่อวัน คิดเป็นค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 47,593.57 บาทต่อวัน ดังตาราง

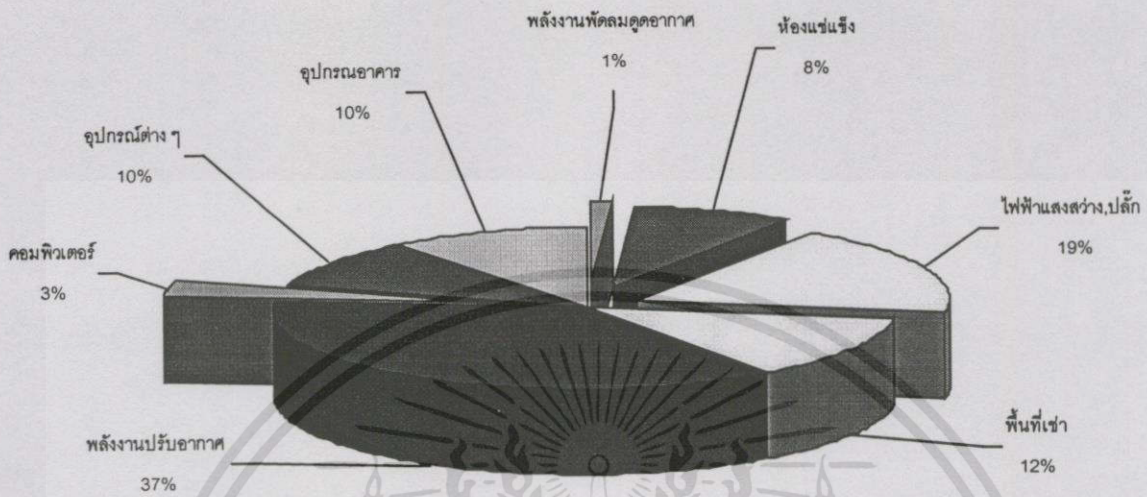
ตารางที่ 3.18 แสดงประมาณการใช้ไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา

No.	แผนก	ชม.ใช้ งาน	SUPPLY %	LOAD DEMAND (KW)	ค่าไฟฟ้า/วัน	ค่าไฟฟ้า/เดือน	คิด เป็น %
1	พื้นที่เช่า	13	85	319.30	5,813.07	174,392.10	12.2
2	ไฟฟ้าแสงสว่าง และปลั๊กไฟ	14	75	480.99	8,098.06	242,942.05	17
3	ระบบปรับอากาศ	14	80	947.52	19,091.39	572,741.73	40
4	ระบบพัดลม	13	50	27.50	514.51	15,435.42	1
5	อุปกรณ์อาคาร	13	75	267.47	2,032.46	60,973.80	4.2
6	ห้องแช่แข็ง	24	66	219.54	7,583.17	227,495.10	16
7	อุปกรณ์ต่าง ๆ	16		257.75	2,225.70	66,771.00	4.6
8	คอมพิวเตอร์	14-24	70	74.73	2,318.73	69,561.90	5
	รวม	24	100	2,594.80	47,593.50	1,427,807.00	100



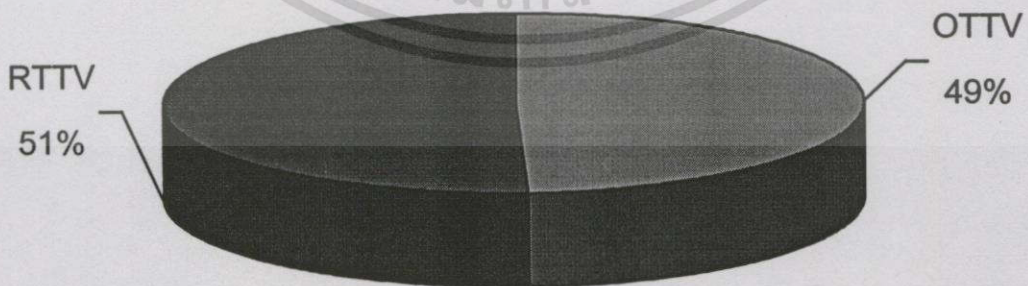
ภาพที่ 3.30 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนค่าไฟฟ้า ในแต่ละประเภทศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าการอื่นใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.31 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนการบริโภคไฟฟ้าของศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา

จากรูปจะสังเกตเห็นได้ว่า สัดส่วนการบริโภคพลังงานไฟฟ้าของศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา จะเป็นของระบบปรับอากาศ ถึง 40% ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มากที่สุดโดยมากกว่าระบบไฟฟ้าแสงสว่างและปลั๊กถึง 1 เท่าโดยพลังงาน



ภาพที่ 3.32 แสดงสัดส่วน OTTV และ RTTV ของอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ฉนวนความร้อนและการระบายอากาศใต้หลังคา

4.1 หลักการของฉนวนความร้อน

จากการส่งผ่านความร้อนสู่อาคารด้วย 3 วิธีการหลักๆ คือการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน ฉนวนจึงมีหน้าที่หลักในการต้านทานความร้อนมิให้ผ่านจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งได้สะดวก ซึ่งสามารถทำได้สองลักษณะคือ การใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการหน่วงความร้อน และ การใช้วัสดุเพื่อเป็นตัวต้านทานความร้อน

วัสดุที่มีคุณสมบัติในการหน่วงความร้อน โดยส่วนใหญ่ของวัสดุประเภทนี้มีวัสดุประสงค์เพื่อลดการนำและพาความร้อน มักเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีความหนาแน่นน้อย ประกอบด้วยฟองอากาศ หรือในบางครั้งก็จะเป็นแก๊สเฉื่อยเพื่อต้านทานการนำความร้อน

วัสดุที่เป็นตัวต้านทานความร้อนมักจะเป็นวัสดุที่ใช้เพื่อสะท้อนคลื่นรังสีความร้อน เป็นวัสดุฉนวนวาว ซึ่งส่วนใหญ่วัสดุที่ต้านทานความร้อนมักไม่เป็นฉนวนความร้อน

4.2 การแบ่งลักษณะฉนวนตามกายภาพ

จากคุณสมบัติทั้งสองข้อทำให้สามารถแยกลักษณะของฉนวนความร้อนออกได้ 3 ชนิด คือ

4.2.1 ชนิดเป็นแผ่นและแท่ง (Rigid or semi-rigid blocks or boards)

มีอยู่ด้วยกันหลายชนิดโดยที่แพร่หลายในท้องตลาดคือ

- แผ่นแก้วบาดเป็นก้อนหรือแผ่น
- แผ่นฝ้ายปัมพ์บอร์ด
- แผ่นใยแร่
- แผ่นโฟมยูรีเทน / โพลีไอโซไซยานูเรต
- แผ่นใยธรรมชาติ
- แผ่นโฟมหลอสไตรีน
- อลูมิเนียมฟลอยด์

4.2.2 ชนิดเป็นแผ่นยืดหยุ่น (Flexible or blanket type Insulation)

ฉนวนชนิดนี้ไม่มีมากนักตามท้องตลาด เนื่องจากคุณสมบัติวัสดุจำเป็นต้องมีความยืดหยุ่นได้แก่

- ฉนวนใยแก้ว
- ฉนวนใยหิน
- แผ่นโฟมยืดหยุ่น
- วัสดุ

4.2.3 ใช้ฉัดพ่นหรือฉาบเสริม (Loose fills)

ส่วนมากจะเป็นฉนวนประเภทที่ประกอบด้วยเมล็ดหรือเซลล์เล็ก เช่น

- ฉนวนใยธรรมชาติ
- ฉนวนฉาบเพอร์ไลต์
- ฉนวนโฟมฉัดพ่นโพลียูรีเทน/โพลีไอโซไซยาเนต
- ฉนวนฉัดพ่นโพลีสไตรีน
- ฉนวนฉัดพ่นเซรามิก

4.3 คุณสมบัติของฉนวนสำหรับหลังคาเพื่อลดการนำและพาความร้อน

4.3.1 ใยปัมบอร์ต

เป็นแผ่นวัสดุที่ประกอบด้วยกระดาษและใยปัมบอร์ตอยู่ใน นิยมใช้เป็นวัสดุฝ้าเพดานมีขนาดตั้งแต่ 6-12 มิลลิเมตร บางประเภทจะกรุด้วยอลูมิเนียมพอยล์ด้านหนึ่ง ฝ้าใยปัมบอร์ตเป็นวัสดุที่แพร่หลายและราคาไม่แพงมีข้อเสียด้านน้ำหนักเนื่องจากเป็นวัสดุที่เน้นความแข็งแรงจึงทำให้วัสดุมีน้ำหนักมากกว่าฉนวนชนิดอื่น



ภาพที่ 4.1 แสดงแผ่นใยปัมบอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ฉนวนใยแก้ว (Fiberglass)

เป็นผลผลิตมาจาก เส้นใยแก้วซึ่งมีส่วนประกอบของทราย โขดหิน หินปูน เป็นวัสดุหลักโดยเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางใยแก้วแต่ละเส้นเท่ากับ 7 ไมครอน (1ไมครอนเท่ากับ1/ล้านเมตร) ได้มาจากการใช้เปลวเพลิงที่ 2,500 องศาฟาเรนไฮ เป่าเส้นแก้วให้เป็นใยและใช้กาบ (เรซิน) ยึดติดเพื่อประกอบให้เป็นรูปแบบต่าง ๆ กัน

หลักการกันความร้อนของวัสดุประเภทนี้ ประกอบด้วยคุณสมบัติหลัก ๆ ของวัสดุ คือ คุณสมบัติแรก อากาศอากาศซึ่งเป็นตัวต้านทานที่ดี ซึ่งมีอยู่มากตามโพรงเส้นใยของวัสดุชนิดนี้ หนองและลดการนำและพาความร้อนทำให้การพาความร้อนของอากาศร้อนมีปริมาณลดลง

คุณสมบัติที่สอง จากเส้นใยแก้วที่มีการต้านทานความร้อนที่ดีอยู่แล้ว โดยใยแก้ว หนึ่งเส้นมีความยาวมากกว่า สองนิ้วและไม่ได้ตั้งฉากกับวัสดุแต่กลับสวนในแนวทแยงจึงทำให้การนำความร้อนจากด้านหนึ่งของใยแก้วไปสู่อีกด้านหนึ่งไม่ทะลุความหนาของวัสดุแม้จะมีความหนาของวัสดุเพียงหนึ่งนิ้วก็ตามและหากความหนาแน่นของเส้นใยมากขึ้นก็จะยิ่งทำให้ความร้อนผ่านได้ช้าลง

ข้อควรระวังสำหรับวัสดุประเภทฉนวนใยแก้วก็คือฉนวนมีการยึดเกาะกันอย่างหลวม ๆ วัสดุไม่สามารถรับน้ำหนักอื่นใดได้ นอกจากตัววัสดุเอง การติดตั้งจึงต้องมีวัสดุรองรับไม่ว่าจะเป็นการใช้งานในรูปแบบใด โดยเฉพาะหากใช้งานภายนอกหรือติดตั้งบนพื้นหลังคาซึ่งต้องทนต่อความเปลี่ยนแปลงของความร้อนความเย็นตลอดจนความชื้นหากฉนวนจำเป็นต้องมีวัสดุห่อหุ้มหรือทับด้านบนของฉนวนโดยเฉพาะหากต้องรองรับน้ำหนักกดทับเช่นการเดินทางควรมีวัสดุแข็งปิดทับฉนวนอีกทั้งตัววัสดุเองจะมีน้ำหนักเบา หากผู้ผลิตนำไปเป็นฝ้าเพดานโดยตรงอาจทำให้วัสดุปลิวหรือเปลี่ยนรูปได้เมื่อมีลมพัดหรือเกิดแรงอัดของลมในการเปิดปิดประตู ถึงแม้ตัววัสดุใยแก้วจะไม่ดูดความชื้นแต่ก็ควรระวังมิให้อยู่ใกล้น้ำหรือความชื้นเนื่องจากวัสดุยึดติดเส้นใยแก้ว มักจะไม่ทนน้ำและความชื้นหากฉนวนใยแก้วถูกน้ำหรือความชื้นที่อาจเกิดจากการรั่วซึมของหลังคาอย่างต่อเนื่องก็จะเป็นสาเหตุให้วัสดุลดประสิทธิภาพการกันความร้อนตลอดจนเสื่อมอย่างรวดเร็ว ซึ่งจากการศึกษาพบว่าวัสดุใยแก้วหากทรุดตัวแล้วไม่ได้รับการแก้ไข (โดยการตัดส่วนที่ชำรุดออกแล้วแทนที่ด้วยใยแก้วใหม่) การทรุดตัวอาจลามไปยังส่วนอื่นๆและหากเส้นใยแก้วหลุดจากวัสดุยึดประสานแล้วจะทำให้เส้นใยแตกเป็นเส้นเล็กๆซึ่งมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นและเป็นพิษต่อร่างกายดังนั้น ในปัจจุบันเราจะพบฉนวนกันความร้อนใยแก้วจะถูกห่อหุ้มหรือปิดทับไว้ด้วยวัสดุอย่างอื่นอีกครั้งหนึ่ง โดยมาตรฐาน ASTM. ได้ให้ความสำคัญกำหนดมาตรฐานวัสดุยึดประสานไว้ที่ ASTM. E- 84 โดยมีคุณสมบัติการลามไฟ 15-20 การเกิดควัน 0-20

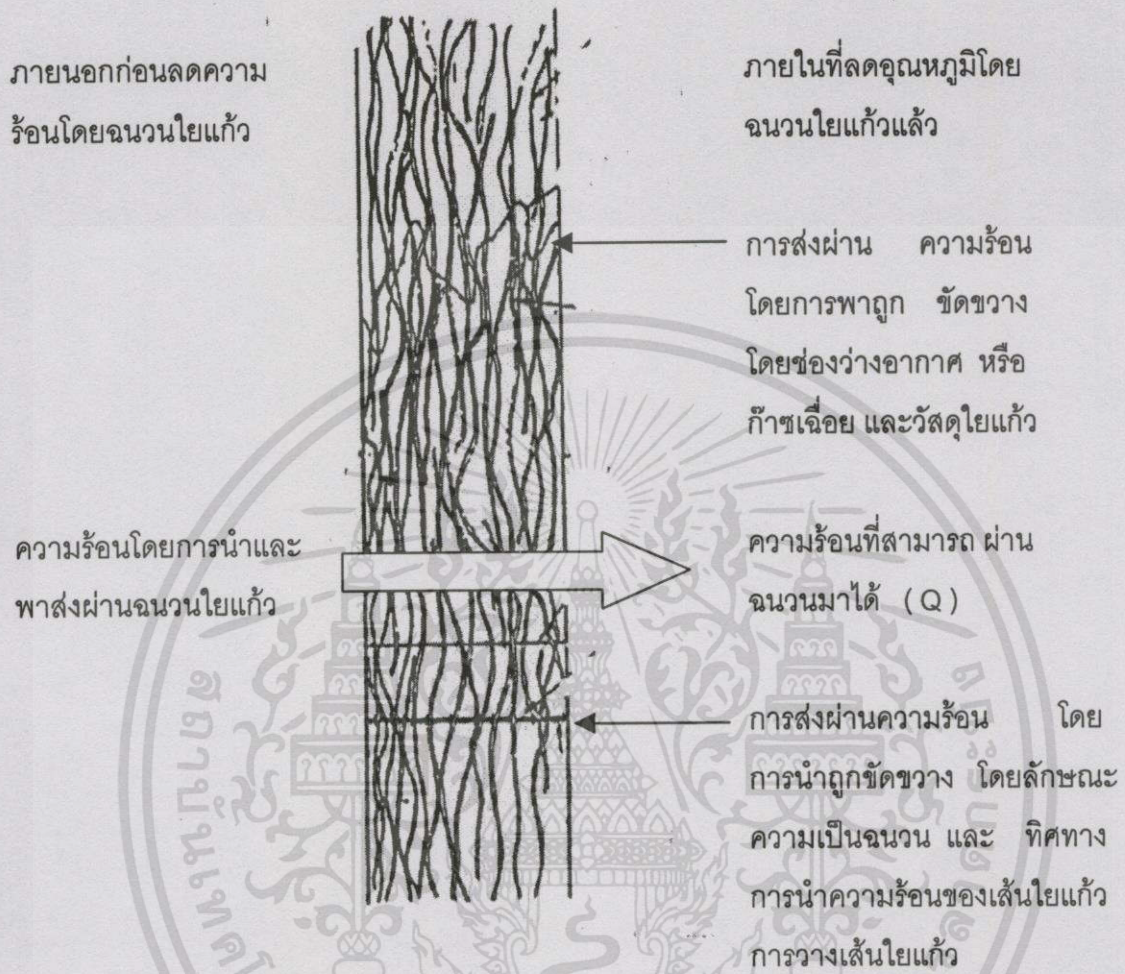
ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติจนวนโยแก้ว

คุณสมบัติ	เส้นใย อัดแผ่น	แบบลูสฟิลล์	แผ่นหนา
การนำความร้อน .w/mk	0.045	0.05	0.036
การต้านทานความร้อน m. k/w	22.4	20	27.78
ความหนาแน่นของวัสดุ	16.02	16.02	64.0
ค่าแทรกซึมความชื้น perm-cm.	180	180	180
ค่าดูดซึมน้ำ % โดยน้ำหนัก	1	1	1
การติดไฟ			
การกระจายของเปลวไฟ	0-20	0-20	0-20
การกระจายของเปลวไฟ	15-20	15-20	15-20
ปัจจัยที่กระทบต่อคน			
การเป็นพิษ	-	-	-
กลิ่น	-	-	-
การดูดซับเสียง	ดี	ดี	ดี
น้ำหนัก/ตรม./หนา 0.20			



ภาพที่ 4.2 แสดงจนวนโยแก้วชนิดแผ่นยัดหุยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านเส้นใยฉนวนใยแก้ว

4.3.3 โฟมชนิดสารยืดหยุ่น (Elastomeric Foam)

โฟมชนิดสารยืดหยุ่น หรือโฟมยางแพขยาย (Expanded rubber foam) เป็นโฟมที่มีความจุของเซลล์ชิดกันมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ฉะนั้นค่าแทรกซึมของไอน้ำจึงต่ำมาก และเปอร์เซ็นต์ของการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่าง 3 – 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเนื่องจากฉนวนประเภทนี้จะเกิดการหดตัวในอุณหภูมิที่สูง ดังนั้นโฟมสารชนิดยืดหยุ่นจึงเหมาะใช้งานที่อุณหภูมิต่ำเป็นส่วนใหญ่ รูปแบบของฉนวนที่ผลิตออกมาจะมีทั้งรูปแบบฉนวนท่อหรือแผ่น โดยอายุการใช้งานจะไม่มีผลต่อคุณสมบัติของฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงคุณสมบัติฉนวนโฟมสารยึดหยุ่น

คุณสมบัติ	โฟมสารชนิดยึดหยุ่น
การนำความร้อน w/mk	0.037
การต้านทานความร้อน m.k/w	27.03
ความหนาแน่นของวัสดุ	64.0
ค่าแทรกซึมความชื้น perm-cm.	0.18-0.25
ค่าดูดซึมน้ำ % โดยน้ำหนัก	3-6
การติดไฟ	
การกระจายของเปลวไฟ	100-150
การกระจายของเปลวไฟ	25
ปัจจัยที่กระทบต่อคน	
การเป็นพิษ	
กลิ่น	กลิ่นยางเล็กน้อย
การดูดซับเสียง	ดี
น้ำหนัก/ตรม./หนา 0. 20	

4.3.4 ฉนวนใยแร่ (Mineral fiber)

ฉนวนใยแร่หรือใยหินเป็นฉนวนที่ได้รับความนิยมมากในอดีตเนื่องจากมีลักษณะแผ่นและมีความสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่นมีราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับฉนวนชนิดอื่น ฉนวนใยแร่หรือหินแร่ หรือฝอยซีโลหะ โดยผลิตมาจาก ซีโลหะจากการผลิตเหล็กกล้า ทองแดง ตะกั่ว เป่าให้เป็นเส้นเล็กๆแล้วจึงนำวางลงในแบบและยึดติดกันด้วยวัสดุประสานบางชนิดอาจเทแอสฟัลท์เคลือบเพื่อใช้งานเหนือหลังคา

จากการขึ้นรูปจะทำให้เกิดโพรงอากาศและเส้นใยซึ่งจะคล้ายคลึงกับวิธีการของฉนวนใยแก้ว จึงทำให้คุณสมบัติในการใช้โพรงอากาศหน่วงการพาความร้อนและการใช้ความยาวของเส้นใยที่ทแยงกันไปมาลดการนำความร้อนเช่นเดียวกับฉนวนใยแก้ว แต่จะแตกต่างกันในรายละเอียดคือ ฉนวนใยแร่จะมีเสถียรภาพในรูปแบบฉนวนแผ่นมีความแข็งแรงมากกว่า เนื่องจากตัววัสดุเป็นสารอนินทรีย์จึงไม่ติดไฟหากแต่ตัวประสานอาจเป็นวัสดุติดไฟอยู่ ดังนั้นหากวัสดุที่นำมาติดหรือวัสดุห่อหุ้มเป็นวัสดุทนหรือหน่วงไฟ ก็จะทำให้ฉนวนนี้ไม่ติดไฟ การดูดซึมน้ำน้อยมาก เพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก ฉนวนใยแร่ไม่มีความยืดหยุ่น จึงไม่สามารถปรับความหนาได้ และเมื่อเกิดความชื้นในฉนวน สภาพการนำความร้อนจะลดลง ใยแร่อาจมีสะเก็ดเกิดขึ้นในเนื้อฉนวน ทั้งนี้เกิดจากซีโลหะ

ตารางที่ 4.3 แสดงคุณสมบัติฉนวนใยแร่

คุณสมบัติ	เส้นใยอัดแน่น	แบบลูสฟิลล์	แผ่นหนา
การนำความร้อน w/mk	0.045	0.046	0.04
การต้านทานความร้อน m./kw	22.4	21.7	24.8
ความหนาแน่นของวัสดุ	32.4	27.23	176.2
ค่าแทรกซึมความชื้น perm-cm.	สูง	สูง	สูง
ค่าดูดซึมน้ำ % โดยน้ำหนัก	2	2	2
การติดไฟ			
การกระจายของเปลวไฟ	0	0	0
การกระจายของเปลวไฟ	15	0	15
ปัจจัยที่กระทบต่อคน			
การเป็นพิษ	-	-	-
กลิ่น	-	-	-
การดูดซับเสียง	ดี	ปานกลาง	ดี
น้ำหนัก/ตรม./หนา 0. 20			

4.3.5 ฉนวนเพอร์ไลท์ (Perlite) หรือ ซิลิกาโฟม (Expanded silica)

ฉนวนเพอร์ไลท์หรือซิลิกาโฟมผลิตจากแร่เพอร์ไลท์ ซึ่งเป็นเมล็ดแก้วภูเขาไฟ โดยจะมีน้ำเป็นส่วนผสมในแร่อยู่ 2-6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาผ่านความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 1,700 องศาฟาเรนไฮท์ ก็จะทำให้แร่เพอร์ไลท์แตกตัว คล้ายเมล็ดข้าวโพดคั่วขยายตัวจากเดิม 4 ถึง 10 เท่า จากนั้นจึงเคลือบภายนอกด้วย ซิลิโคน, แอสฟัลต์, เซลลูโลสหรือแม้กระทั่งด้วยใยแก้วเพื่อกันความชื้น และช่วยพยุงฉนวนให้คงรูปทรง เพอร์ไลท์แบบลูสฟิลล์ มีอุณหภูมิใช้งานสูงสุดในราว 980 องศาเซลเซียส ขณะที่หลังคามีอุณหภูมิใช้งานสูงสุดราว 93 องศาเซลเซียส ฉนวนแร่เพอร์ไลท์ที่อยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแผ่นจะมีความแข็งแรงและมีความสม่ำเสมอในขนาดเป็นฉนวนที่ทนต่อความเปียกชื้น เว้นแต่จะโดนความเปียกชื้นในปริมาณที่มากหรือยาวนานน้ำอาจซึมเข้าฉนวนทำให้ฉนวนเสียความแข็งแรงได้ และเนื่องจากมีความแข็งแรงและความหนาแน่นสูงจึงสามารถใช้งานในบริเวณที่ต้องรับน้ำหนักหรือที่มีอุณหภูมิสูงได้แต่ต้องระวังในกรณีที่มีวัสดุอื่นมาเคลือบผิวบนเช่นแอสฟัลท์เนื่องจากฉนวนเพอร์ไลท์จะให้ฟองอากาศเล็กๆที่เกิดจากความชื้นในแผ่นฉนวนทำให้เป็นจุดอ่อนของวัสดุยึดและแผ่นฉนวนในระยะแรกเมื่อใช้งานไปนานๆฟองอากาศดังกล่าวจะซึมหายไปเองในบางครั้ง น้ำแร่เพอร์ไลท์มาผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะได้รูปแบบคอนกรีตที่เป็นฉนวนที่มีน้ำหนักเบา

ตารางที่ 4.4 แสดงคุณสมบัติฉนวนเพอร์ไลท์

คุณสมบัติ	แบบลูสฟิลล์	แผ่นหลังคา
การนำความร้อน w/mk	0.04	0.055
การต้านทานความร้อน m.k/w	25	18.2
ความหนาแน่นของวัสดุ	80	160
ค่าแทรกซึมความชื้น Perm-cm.	สูง	45
ค่าดูดซึมน้ำ % โดยน้ำหนัก	สูง	105
การติดไฟ		
การกระจายของเปลวไฟ	0	0
การกระจายของเปลวไฟ	0	0
ปัจจัยที่กระทบต่อคน		
การเป็นพิษ	-	-
กลิ่น	-	-
การดูดซับเสียง	ปานกลาง	ดี
น้ำหนัก/ตรม./หนา 0. 20		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 ฉนวนเวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite)

ฉนวนเวอร์มิคูไลท์ทำจากไมกาซึ่งเป็นแร่ ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นเกล็ด ๆ คล้ายกระจก เหมือนอนุภาคซิลิเกต ซึ่งมีน้ำเป็นส่วนประกอบในการผลิต ความหนาแน่นของวัสดุอยู่ในช่วง 64 – 160 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีอนุภาคเฉลี่ย 6.5 มิลลิเมตร

เวอร์มิคูไลท์มีอุณหภูมิสูงสุด 405 องศาเซลเซียส เป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟ ไม่มีผลกระทบต่อทาง อุณหภูมิ , ความชื้น ทั้งยังเฉื่อยทางเคมีทำให้ไม่มีคุณสมบัติการกัดกร่อนการใช้งานจะเป็นลักษณะ ของฉนวนป้องกันความร้อนแบบเทอร์รจู่เข้าไปในปล็อค หรือโพรงผนัง ถ้านำไปผสมกับปูนซีเมนต์ หรือทราย จะได้เป็นคอนกรีตเวอร์มิคูไลท์ ที่มีสภาพการนำความร้อน ต่ำกว่าคอนกรีตปกติถึง 10 เท่า

ตารางที่ 4.5 แสดงคุณสมบัติฉนวนเวอร์มิคูไลท์

คุณสมบัติ	เวอร์มิคูไลท์
การนำความร้อน w/mk	0.066
การต้านทานความร้อน m.k/w	15.1
ความหนาแน่นของวัสดุ	64-150
ค่าแทรกซึมความชื้น perm-cm.	-
ค่าดูดซึมน้ำ % โดยน้ำหนัก	300
การติดไฟ	
การกระจายของเปลวไฟ	0
การกระจายของเปลวไฟ	0
ปัจจัยที่กระทบต่อคน	
การเป็นพิษ	-
กลิ่น	-
การดูดซับเสียง	ปานกลาง
น้ำหนัก/ตรม./หนา 0. 20	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

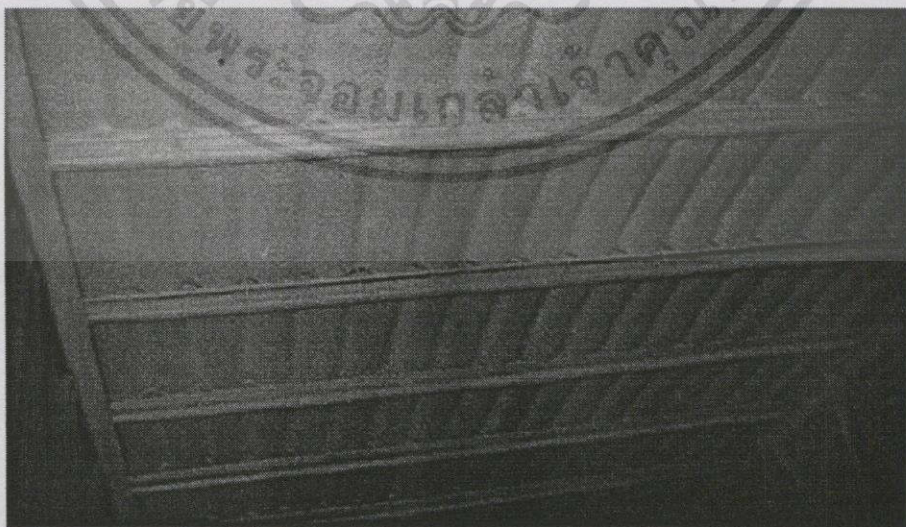
4.3.7 ฉนวนโพลียูรีเทน/โพลีไอโซไซยานูเรตโฟม (Polyurethane/ polyisocyanurate foam)

เป็นหนึ่งในฉนวนที่ได้รับความนิยม มีทั้งการหล่อเป็นรูปแบบฐานแผ่นแข็ง และรูปแบบโฟมฉีดบนชิ้นงาน วัสดุหลักในฉนวนชนิดนี้ประกอบด้วย โพลียูรีเทนและ ไอโซไซยานูเรต ซึ่งเราจะเรียกรวมว่าฉนวนยูรีเทน ซึ่งแต่เดิมขบวนการผลิตฉนวนชนิดนี้จะให้สารยูโรฟลูออโรคาร์บอน ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม จนปัจจุบัน มีการเพิ่มน้ำเข้าไปในการผลิตซึ่งให้พันธะทางเคมีในรูป Hcfc จึงเป็นที่ยอมรับมากขึ้น

ฉนวนประเภทนี้หากเป็นวัสดุแผ่น มักจะมีวัสดุทับหน้า โดยส่วนใหญ่จะเป็น แอสฟัลท์ หรือ โยแก้ว ทั้งนี้จะให้ผลดีในแง่การกันความร้อน กว่าที่เป็นฉนวนโฟมเพียงอย่างเดียว มีฉนวนบางบริษัทได้บรรจุแถบระบายอากาศไว้ในฉนวนเพื่อระบายความร้อน

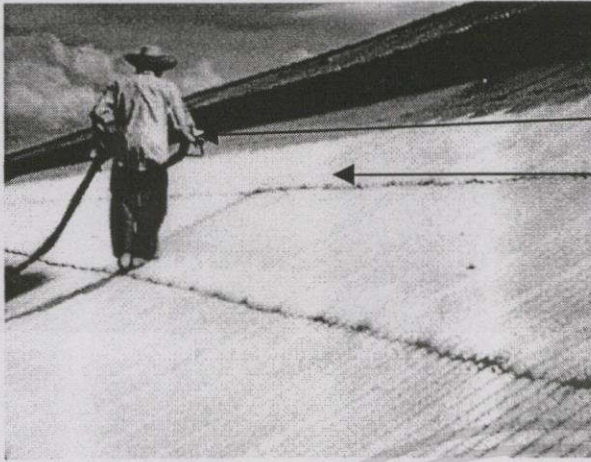
ในการผลิตจะผสมโพลีไอโซไซยานูเรต เข้าด้วยกัน ทำให้เกิดความร้อนและแก๊สดันให้วัสดุเป็นรูปเซลล์เล็ก ๆ จำนวนล้าน ๆ เซลล์ โดยภายในเซลล์อาจบรรจุก๊าซเฉื่อย เพื่อเพิ่มความต้านทานความร้อน จึงเป็นเหตุผลว่า ทำไมค่า การนำความร้อน ของวัสดุชนิดเดียวกันจึงแตกต่างกัน ฉนวนจะมีค่าการนำความร้อน เพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มและจุดที่เมื่อประมาณ 300 วัน เนื่องจากการเปลี่ยนของขนาดโพลียูรีเทน และ โพลีไอโซไซยานูเรตโฟม ขึ้นอยู่กับการบ่มและอายุและการขยายตัวจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้น

เมื่อวัสดุฉนวนประเภทนี้ถูกไฟไหม้จะไหม้ด้วยตนเองเฉพาะจุด จะไม่ลามไฟ แต่ในขณะที่เผาไหม้จะให้ควันพิษ จำพวกแก๊สไซยาไนต์ ดังนั้น จึงมักพบว่าวัสดุชนิดนี้จะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุฉนวนเพื่อหน่วงเวลาการเผาไหม้



ภาพที่ 4.4 แสดงฉนวนโพลียูรีเทนชนิดฉีดพันได้หลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อุปกรณ์ฉีดพ่นฉนวน

วัสดุฉนวนต้องทาทับด้วยสีกันรังสี ยูวี ซึ่ง
มีผลต่อการเสื่อมสภาพของฉนวน

ภาพที่ 4.5 แสดงฉนวนโพลียูรีเทนชนิดฉีดพ่นบนหลังคา

ตารางที่ 4.6 แสดงคุณสมบัติฉนวนโพลียูรีเทน

คุณสมบัติ	Pu โฟม	Pi โฟม
การนำความร้อน w/mk	0.023	0.036
การต้านทานความร้อน m.k/w	43.48	27.78
ความหนาแน่นของวัสดุ	32.04	64.0
ค่าแทรกซึมความชื้น perm-cm.	3.6-5.4	180
ค่าดูดซึมน้ำ % โดยน้ำหนัก	1.3	1
การติดไฟ		
การกระจายของเปลวไฟ	155-500	0-20
การกระจายของเปลวไฟ	25-75	15-20
ปัจจัยที่กระทบต่อคน		
การเป็นพิษ	เกิดก๊าซเมื่อลุกไหม้	เกิดก๊าซเมื่อลุกไหม้
กลิ่น	-	-
การดูดซับเสียง	ปานกลาง	ปานกลาง
น้ำหนัก/ตรม./หนา 0. 20		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.8 ฉนวนใยธรรมชาติ (Cellulose fiber)

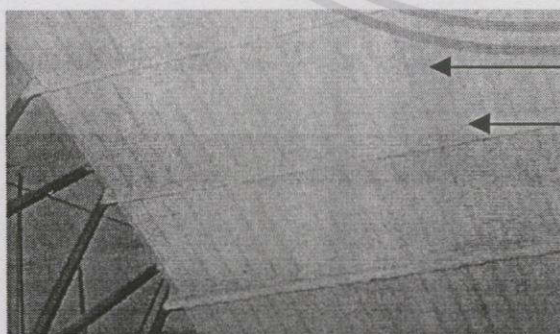
มักจะเป็นวัสดุที่ใช้แล้ว นำกลับมาใช้ซ้ำ เช่น เยื่อไม้หรือแผ่นกระดาษ นำมาปั่นจนย่อยแล้ว ประสานกันด้วย กรดบอแรกซ์หรือบอแรกซ์ 5 โมล ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันมิให้มด มอด ปลวก กัดกิน และ ช่วยชะลอการเผาไหม้ จากนั้นจึงนำไปอัดแน่นในรูปแผ่นหรือฟองในรูปทรงอิสระ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน แต่ทั้งนี้ ความหนาแน่นของฉนวนต้องไม่น้อยกว่า 41.65 กิโลกรัม/ลบ.ม. เนื่องจากอาจเกิดปัญหาการยุบตัวของวัสดุจากการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิ, ความชื้น ตลอดจนการลั่นสะเทือน ซึ่งการยุบตัวนี้ก็จะเกิดเป็นปัญหาหลักที่ทำให้การต้านทานความร้อนลดลง

ในคุณสมบัติของผู้ผลิตจะมีความแตกต่างกันในเรื่องส่วนผสมทางเคมีของฉนวนชนิดนี้ โดยจะให้คุณสมบัติในการหน่วงเพลิงไหม้, สี, และการยึดติดกับพื้นผิววัสดุฟองที่แตกต่างกัน โดยธรรมดา ส่วนผสมของวัสดุประเภทนี้ต้องมีส่วนผสมของกรดบอแรกซ์ ซึ่งจะส่งผลข้างเคียงต่อวัสดุประเภทเหล็กเนื่องจากจะเกิดการกัดกร่อน หรือแม้แต่ใยเซลลูโลส ที่ไม่มีส่วนผสมของสารบอแรกซ์จะเป็นตัวสะสมความชื้น ซึ่งสุดท้ายก็จะเกิดปัญหาการกัดกร่อนขึ้นได้และเป็นปัญหาเรื่องความชื้นจะยังมีมากขึ้น การใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง เนื่องจากวัสดุชนิดนี้สามารถดูดซึมน้ำได้ถึง 98 เปอร์เซ็นต์ในน้ำหนักของฉนวนลูสฟิลล์



แผ่นอลูมิเนียมพอลิปิดทับฉนวน
ฉนวนประสานกับแผ่นผ้าโดยกาวย

ภาพที่ 4.6 แสดงฉนวนใยธรรมชาติชนิดแผ่นเนื้อผ้าเพดาน



วัสดุที่ฟองจะประสานกับฉนวนโดยกาวย
อุปกรณ์ฟองฉนวนใยธรรมชาติ
เมื่อฟองเสร็จจะต้องทำความสะอาด
บริเวณโดยรอบโดยเร็ว

ภาพที่ 4.7 แสดงฉนวนใยธรรมชาติชนิดฉีดฟองยึดติดกับวัสดุผนังหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงคุณสมบัติฉนวนใยธรรมชาติ

คุณสมบัติ	ลูสฟิลล์	แผ่นหนา
การนำความร้อน w/mk	0.0-0.045	0.0-0.045
การต้านทานความร้อน m./ kw	25-22.5	25-22.5
ความหนาแน่นของวัสดุ	41-48.06	41-48.06
ค่าแทรกซึมความชื้น perm-cm.	สูง	สูง
ค่าดูดซึมน้ำ % โดยน้ำหนัก	98	98
การติดไฟ		
การกระจายของเปลวไฟ	0-45	0-45
การกระจายของเปลวไฟ	15-40	15-40
ปัจจัยที่กระทบต่อคน		
การเป็นพิษ	-	-
กลิ่น	-	-
การดูดซับเสียง	ดี	ดี
น้ำหนัก/ตรม./หนา 0. 20		

4.3.9 ฉนวนโพลีสไตรีน (Polystyrene insulation)

ฉนวนในลักษณะนี้ สามารถแยกได้ สองประเภทย่อย ตามกรรมวิธีการผลิต ดังนี้ โฟมหล่อ จะประกอบด้วย เมล็ดโฟมเล็ก ๆ ที่ถูกทำให้ขยายตัว 40 เท่าจากขนาดเดิมด้วยไอน้ำ ภายใน เม็ดโฟมเล็กเหล่านี้จะมีอากาศซึ่งมีสถานะฉนวนเช่นเดียวกัน แทรกอยู่ตรงกลางและระหว่าง เมล็ด ซึ่งช่องว่างจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ จุดประสงค์ของการนำไปใช้งาน หากใช้เป็นฉนวน ในส่วนผนัง เอ็กซ์ทีเรีย อินซูเลชั่น แอนด์ ฟินิชซิสเต็ม (eifs) ความหนาแน่นของโฟมหล่อจะน้อยกว่า การนำไปเป็นฉนวนในส่วนหลังคา ซึ่งมี ค่าความต้านทานแรงอัด มากกว่า และ ใช้ต้นทุนในการผลิตสูงกว่าเนื่องจากโฟมอัดจะมีอากาศแทรกอยู่ดังนั้นในตัวฉนวนก็จะมี ความชื้น ซึ่งรวมกับ อากาศแทรกอยู่ด้วย ในภูมิอากาศที่อุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนแตกต่างกัน อาจมี ปัญหาเรื่องไอน้ำที่จะเกิดขึ้นกับฉนวนประเภทนี้ได้

โฟมอัด จะมีรูปแบบและขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างจากโฟมหล่อโดยโฟมอัดจะประกอบไปด้วยวัสดุที่เป็นทั้งสถานะของแข็งและของเหลว มาผสมรวมกันเพื่อให้ได้คุณสมบัติของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุตามที่ต้องการ เช่น อัตรากาบทนไฟ ความยืดหยุ่น การขยายตัว สี จากนั้นจึงนำเข้าสู่กระบวนการอัดความดัน ก่อนที่จะนำมาฉีดยึด เพื่อให้ฉนวนขยายตัวเกาะติดกับวัสดุไม่ว่าจะเป็นผนังหรือหลังคา โดยขณะที่วัสดุฉนวนถูกพ่นออกมาจะมีลักษณะคล้ายครีมโกนหนวดจะไม่เหมือนโฟมหลอที่จะเป็นเม็ดเล็ก ๆ ประกอบกัน หากแต่โฟมอัดจะไม่มีลักษณะเมล็ดแต่จะเป็นเซลล์ประกอบกันจนเป็นแผ่น

โดยปกติโฟมอัดจะมีความต้านทาน มากกว่าโฟมหลอ เนื่องจากเป็นวัสดุปิดไม่มีโพรงอากาศ และมีความหนาแน่นที่มากกว่า การใช้งานโฟมอัดจะสามารถใช้ในรูปแบบที่หลากหลายตามรูปลักษณะหลังคา อีกทั้งวิธีการพ่นโฟมอัดบนวัสดุโดยเฉพาะหลังคาจะสามารถพ่นได้ทั้งบน (Protected roof membrane) และได้ผืนหลังคา (Inverted roof membrane assembly) โดยมีชื่อย่อเรียกว่า วิธีการ PRM. และ IRMS ตามลำดับข้อระวังของการใช้ฉนวนชนิดนี้คือ เนื่องจากตัวฉนวนมีส่วนประกอบทางเคมีที่ไม่สามารถยึดติดกับวัสดุทางชนิดได้ ด้วยวิธีปกติ และไม่สามารถใช้สารยึดติดชนิดน้ำมัน (Petroleum Solvents) และเมื่อเกิดเพลิงไหม้ วัสดุในลักษณะนี้จะไม่ทนไฟ และจะให้ควันพิษมากกว่าควันที่เกิดจากไม้ธรรมชาติถึง 500 เท่า

ตารางที่ 4.8 แสดงคุณสมบัติฉนวนโพลีสไตรีนโฟม

คุณสมบัติ	โฟมอัดรีด	โฟมหลอ
การนำความร้อน w/mk	0.029	0.036
การต้านทานความร้อน m./kw	34.48	27.78
ความหนาแน่นของวัสดุ	28.84-41.65	24.03
ค่าแทรกซึมความชื้น perm-cm.	1.08-1.62	2.16-5.4
ค่าดูดซึมน้ำ % โดยน้ำหนัก	0.5-0.7	3.4-4.0
การติดไฟ		
การกระจายของเปลวไฟ	10-400	10-400
การกระจายของเปลวไฟ	5-25	5-25
ปัจจัยที่กระทบต่อคน		
การเป็นพิษ	ควัน	ควัน
กลิ่น	-	-
การดูดซับเสียง	ปานกลาง	ปานกลาง
น้ำหนัก/ตรม./หนา 0. 20		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจนวนความร้อนหลังคา อาคารศูนย์รวมสินค้า

4.4.1 การวิเคราะห์จนวนการนำและพาความร้อนหลังคาอาคารศูนย์รวมสินค้า

ตารางที่ 4.9 แสดงคุณสมบัติของวัสดุจนวนกันการนำและพาความร้อน

จนวน	ข้อดี	ข้อเสีย	ความเหมาะสมสำหรับอาคารกรณีศึกษา
ใยแก้ว Fiberglass	<ul style="list-style-type: none"> - มีสภาพการนำความร้อนต่ำ - การดูดความชื้นน้อย - อายุการใช้งานนาน - ยึดหยุ่นต่อรูปร่างต่าง ๆ - มีรูปแบบการประกอบกับจนวนอื่นให้เลือก - เป็นจนวนเสียง 	<ul style="list-style-type: none"> - เมื่อเสื่อมสภาพอาจเป็นพิษต่อระบบหายใจ - วัสดุยึดติดใยแก้วมักให้ควันพิษเมื่อเผาไหม้ - มีความหนาไม่น้อยกว่า 0.05 	<ul style="list-style-type: none"> - ต้องมีวัสดุอื่นห่อหุ้มเพื่อ - กันความชื้นและการเสื่อมสภาพและหนองความร้อนเมื่อเกิดอัคคีภัย
จนวนใยธรรมชาติ	<ul style="list-style-type: none"> - สภาพการนำความร้อนต่ำ - ราคาถูก - ไม่เป็นพิษ - เป็นจนวนเสียง 	<ul style="list-style-type: none"> - อาจมีการยุบตัวหากกรรมวิธีไม่ถูกต้อง - ติดไฟแต่ไม่ลามไฟ - ความชื้นสามารถแทรกไปในเนื้อวัสดุได้ 	<ul style="list-style-type: none"> - วัสดุยึดติดอาจก่อให้เกิดการรุกร่อน ต่อหลังคาเหล็ก
จนวนโฟมโพลีสไตรีน (PU)	<ul style="list-style-type: none"> - สภาพการนำความร้อนต่ำ - ไม่ซึมความชื้น - น้ำหนักเบา - เป็นจนวนเสียง - ราคาปานกลาง 	<ul style="list-style-type: none"> - ติดไฟ - ให้ควันพิษ - มีความหนาไม่น้อยกว่า 0.05 	<ul style="list-style-type: none"> - อุณหภูมิใช้งานสูงสุดไม่เกิน 82 °C
โพลียูรีเทน/โพลีไอโซไซยาเนต โฟม (Ps)	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่มีส่วนประกอบของ CFC - สภาพการนำความร้อนต่ำ - ใช้เป็นวัสดุกันซึมได้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ติดไฟ - ให้ควันพิษประเภทไฮยาไนต์ - ราคาปานกลางถึงสูง 	<ul style="list-style-type: none"> - ควรมีวัสดุห่อหุ้มเพื่อเป็นจนวนกันไฟ
โฟมแบบยึดหยุ่น	<ul style="list-style-type: none"> - สภาพการนำความร้อนต่ำ - ราคาถูก - ไม่เป็นพิษ - เปอร์เซนต์การอมความชื้นต่ำ 	<ul style="list-style-type: none"> - ติดไฟได้ - ให้ควันหนาแน่น - เกิดการหดตัวในอุณหภูมิสูง 	<ul style="list-style-type: none"> - เนื่องจากเป็นวัสดุติดไฟ จึงควรใช้อย่างระมัดระวัง

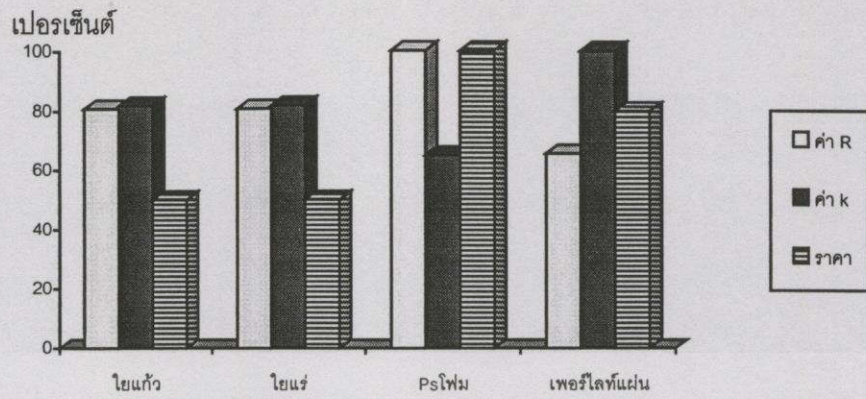
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉนวนใยแร่	- สภาพการนำความร้อนต่ำ - ราคาถูก	- ไม่มีความยืดหยุ่น - อาจเกิดสะเก็ดจากซี โลหะ	
ฉนวนเพอร์ ไลท์	- สภาพการนำความร้อนต่ำ - ไม่เป็นพิษ - ไม่ติดไฟ - ใช้ผสมได้หลายรูปแบบ	- ราคาปานกลาง - การดูดซึมน้ำสูง	- ต้องใช้วัสดุห่อหุ้ม เนื่อง จากสามารถซึม ความชื้น ได้สูง
ฉนวนเวอร์มิ คูไลท์	- ไม่ติดไฟ - ไม่เป็นพิษ - อุณหภูมิการใช้งานสูง	- สภาพการนำความร้อน สูง - การดูดซึมน้ำสูง - ราคาปานกลาง - ไม่เป็นที่แพร่หลายใน ท้อง ตลาด	- ต้องการอุปกรณ์บรรจุ ทางกายภาพ

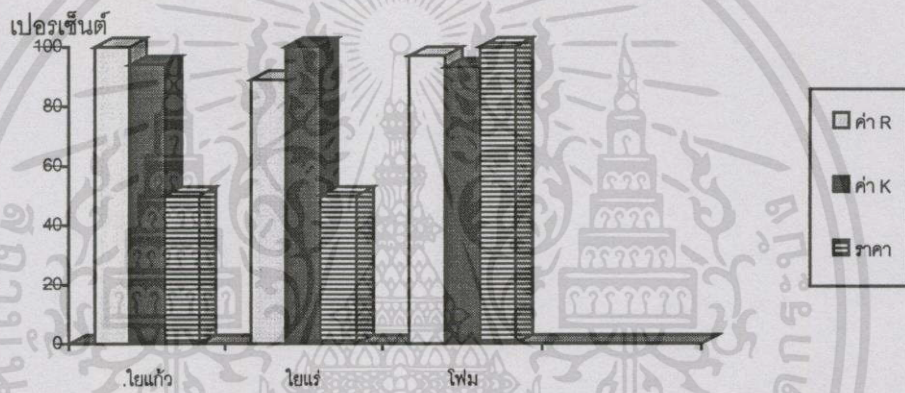
ตารางที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะวัสดุฉนวนที่ความหนา 0.05 ต่อ 1.00 ซม.

ฉนวน	ค่า R	ค่า K	การซึม ความชื้น %	อัตราลาม ไฟ	ระดับการ กระจาย ควัน	ราคา (บาท)	อุณหภูมิ สูงสุด (C)
ชนิดแผ่น							
- ใยแก้วแผ่น	1.31	0.038	10	15-20	0-20	100	190
- ใยแร่แผ่น	1.47	0.038	สูง	15	0	100	205
แผ่นยืดหยุ่น							
- Ps โฟมยืดหยุ่น	1.43	0.036	1-4	10	15-75	200	80
- ใยแก้วยืดหยุ่น	1.31	0.038	10	15-20	0-20	100	205
- ใยแร่ยืดหยุ่น	1.47	0.038	สูง	15	0	100	260
- โฟมยืดหยุ่น	1.35	0.037	0.18-0.25	25-70	100-450	200	104
ชนิดฉีดยาน							
- เวอร์มิคูไลท์	0.77	0.253	-	0	0	150	405
- Pu โฟมพ่น	2.08	0.024	1	25	155-500	200	120
- ใยธรรมชาติ	1.37	0.035	2	25	-	200	92
- เพอร์ไลท์	0.43	0.011	1.5-3.5	40	40	150	93

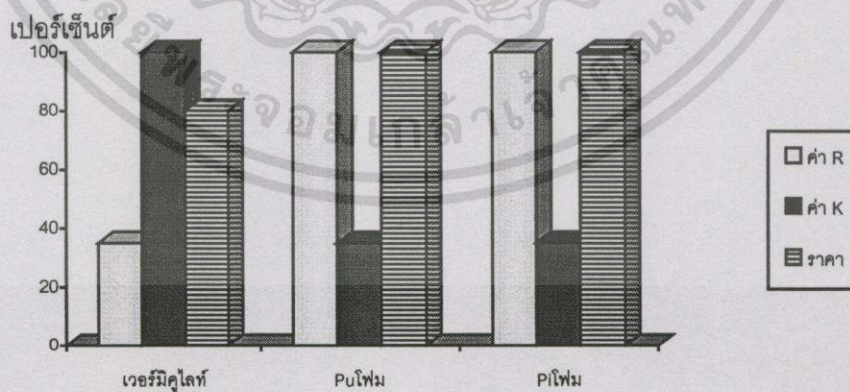
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะวัสดุฉนวนชนิดแผ่น



ภาพที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะฉนวนแผ่นยืดหยุ่น



ภาพที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะฉนวนประเภทฉาบเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากอาคารศูนย์รวมสินค้าเป็นอาคารขนาดใหญ่มีพื้นที่ใช้งานส่วนใหญ่อยู่บนชั้นสองซึ่งเป็นโครงสร้างหลังคาเหล็ก และกรอบอาคารโดยรอบเป็นผนังทึบช่องแสงบางส่วน ผู้ใช้อาคารมีทุกเพศทุกวัย ทำให้ความสำคัญอันดับต้น ๆ ในการพิจารณาเลือกวัสดุจะพิจารณาถึงความปลอดภัยเป็นสำคัญรองลงมาคือ สมรรถนะของฉนวน ความเหมาะสมสำหรับใช้กับหลังคา คุณสมบัติทั่วไป และราคาตามลำดับ ซึ่งหากจะแจกแจงในคะแนน สามารถเฉลี่ยเกณฑ์ได้ดังนี้

ความปลอดภัย		3	คะแนน
ความเหมาะสม (สำหรับศูนย์รวมสินค้า)		2	คะแนน
สมรรถนะ (ค่าความเป็นฉนวน)		2	คะแนน
คุณสมบัติ (ข้อดี/ข้อเสีย)		2	คะแนน
ราคา		2	คะแนน
รวม		10	คะแนน

ฉนวนชนิดแผ่น แท่ง ก้อน

ตารางที่ 4.11 แสดงการพิจารณาเลือกฉนวนชนิดแผ่น

ฉนวน	ความปลอดภัย (3)	สมรรถนะ (2)	ความเหมาะสม (2)	คุณสมบัติ (2)	ราคา (1)	รวม (10)
ใยแก้ว	2	1	2	2	1	8
ใยแร่	2	1	2	2	1	8
ใยธรรมชาติ	2	2	2	1	0	7
เพอร์ไลต์	3	1	1	1	0	6
โฟม (Ps)	0	2	2	2	0	6

ฉนวนชนิดแผ่นทั้ง 5 ชนิด ล้วนมีข้อเด่นข้อด้อยแตกต่างกัน โดยจากการพิจารณาเห็นควรเลือกใช้ ฉนวนใยแก้ว หรือฉนวนใยแร่ ตามความเหมาะสมต่อไป

ฉนวนชนิดแผ่นยัดหุ้ม

ตารางที่ 4.12 แสดงการพิจารณาเลือกฉนวนชนิดแผ่นยัดหุ้ม

ฉนวน	ความปลอดภัย (3)	สมรรถนะ (2)	ความเหมาะสม (2)	คุณสมบัติ (2)	ราคา (1)	รวม (10)
ใยแก้ว	2	2	2	2	1	9
ใยแร่	2	1	2	2	1	8
โฟม ยัดหุ้ม	0	2	2	2	0	6

จากการพิจารณาพบว่าฉนวนใยแก้วจะให้ผลดีในด้านสมรรถนะ การเป็นฉนวนความร้อนได้ดีกว่าใยแร่ ในขณะที่โฟมยัดหุ้มจะให้คว้นมากที่สุด จึงพิจารณาเห็นควรเลือกฉนวนใยแก้วเป็นฉนวนชนิดแผ่นยัดหุ้มสำหรับใช้งานเหนือฝ้าหรือใต้หลังคา ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา

ฉนวนชนิด ฟัน ฉาบเสริม

ตารางที่ 4.13 แสดงการพิจารณาเลือกฉนวนชนิดฉีดฟัน

ฉนวน	ความปลอดภัย (3)	สมรรถนะ (2)	ความเหมาะสม (2)	คุณสมบัติ (2)	ราคา (1)	รวม (10)
โฟม Pu	0	2	2	2	0	6
โฟม Pi	1	2	2	2	0	7
ใยธรรมชาติ	2	1	2	1	0	6

โดยแท้จริงแล้วฉนวนชนิดฟันทั้งสามนี้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันเพียงแต่ โฟม Pu จะให้ผลเสียด้านการกระจายคว้นมากกว่า ใยธรรมชาติและ Pi ส่วนใยธรรมชาติมีข้อเสียเรื่อง การใช้งานในช่วงอุณหภูมิได้สูงไม่มากนัก และเกิดการทรุดตัวในกรณีโดนน้ำและความชื้น จึงพิจารณาเลือกฉนวนโพลีไอโซไซยานูเรทโฟมเป็นฉนวนชนิดฟันกับอาคารศูนย์รวมสินค้าส่งคาร์ฟูร์ รามอินทรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การวิเคราะห์ฉนวนสะท้อนแสงอาทิตย์

เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนสู่หลังคาเป็นภาระการปรับอากาศที่สำคัญ โดยพบว่าหากใช้ระบบป้องกันรังสีความร้อน จะสามารถลดความร้อนถ่ายลงสู่เพดานถึง 40 เปอร์เซ็นต์¹ ในวันที่มีรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิสูง

4.5.1 ฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์

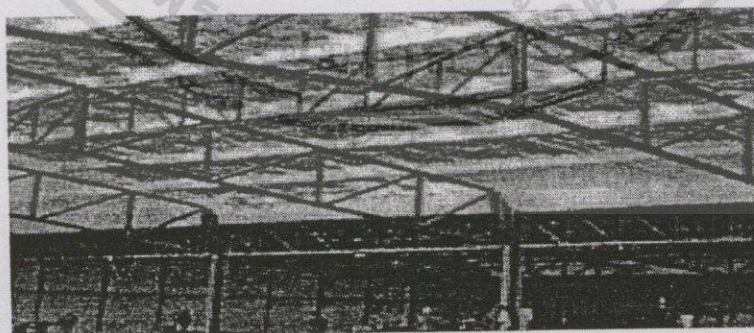
วัสดุที่สกัดกั้นรังสีความร้อนที่ใช้อยู่ในท้องตลาดโดยทั่วไป คือ อลูมิเนียมฟอยล์ เป็นฉนวนที่ได้รับคามนิยมใช้อย่างกว้างขวางทั้งนี้เนื่องจาก ให้ประสิทธิภาพการสะท้อน รังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ได้ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าวัสดุอื่นในท้องตลาด ในราคาที่ไมสูง อายุการใช้งานหากความหนาแน่นมากกว่า 0.005 เมตร ก็จะไม่หลุดร่อน ยกเว้นหากสัมผัสกับหลังคาหรือโลหะอื่นก็จะเกิดปฏิกิริยาประจุไฟฟ้าจะทำให้อลูมิเนียมผุกร่อนได้ ตัววัสดุเองจะไม่ดูดและเก็บความชื้น ในการติดตั้งต้องรองรับฉนวน เนื่องจากฉนวนชนิดนี้จะไม่คงรูป ดังนั้นผู้ผลิตในหลายบริษัทจะนิยมนำวัสดุอื่นมาติดประกบเพื่อมิให้ฟอยล์ฉีกขาดง่ายโดยลักษณะการติดจะสามารถจำแนกได้ 3 รูปแบบคือ

Single – sided foil เป็นอลูมิเนียมคอยล์ด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งจะเป็นกระดาษเหนียว หรือ โพลีโพลีลีน เสริมด้วยใยไฟเบอร์ระหว่างฟอยล์และวัสดุเสริมด้านหลังผนังด้วยยางมะตอย

Double – side foil เป็นแผ่นวัสดุที่มีอลูมิเนียมฟอยล์ทั้งสองเสริมด้วยกระดาษเหนียวและใยไฟเบอร์ ผนังด้วยยางมะตอย

Foil – faced insulation เป็นฉนวนกันรังสีที่ด้านหนึ่งเป็นฟอยล์ อีกด้านหนึ่งมักเป็นฉนวนการนำและพาความร้อน ยึดติดกันโดยวัสดุยึดติด

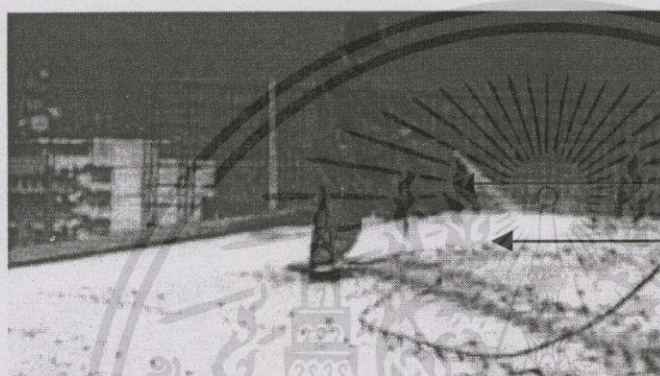
ในบางครั้งการใช้ฉนวนชนิดนี้ต้องระมัดระวังเรื่อง ของสื่อไฟฟ้าโดยเฉพาะการเดินลอยไฟฟ้าเหนือฝ้าเพดานที่ใช้ฉนวนประเภทอลูมิเนียมฟอยล์



ภาพที่ 4.11 แสดงฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์

4.5.2 ฉนวนเซรามิก

เป็นฉนวนที่ประกอบด้วยอนุภาคเซรามิกซึ่งให้ความมั่นวาระสะท้อนความร้อน ได้มากกว่า 90 % ในเนื้อเซรามิก ฉนวนชนิดนี้จะมีทั้งประเภทพ่นบนหลังคาโลหะ เหล็ก สังกะสี และกระเบื้องคอนกรีต โดยฉนวนชนิดนี้จะมีส่วนผสมของน้ำ ดังนั้น จึงต้องมีความลาดเอียงของหลังคา มิให้เกิดการสะสมน้ำบนผิวฉนวน ซึ่งจะส่งผลต่อการหลุดร่อนของวัสดุประเภทนี้จะไม่ติดไฟ และสะดวกในการติดตั้ง เนื่องจากอยู่ภายนอกอาคาร แต่หากพิจารณาจากราคาแล้วจะอยู่ในเกณฑ์ที่สูง



อุปกรณ์พ่นฉนวน

ฉนวนเซรามิกเคลือบวัสดุหลังคา

หลังคาต้องมีความลาดเอียง

ภาพที่ 4.12 แสดงการฉีดพ่นฉนวนเซรามิก

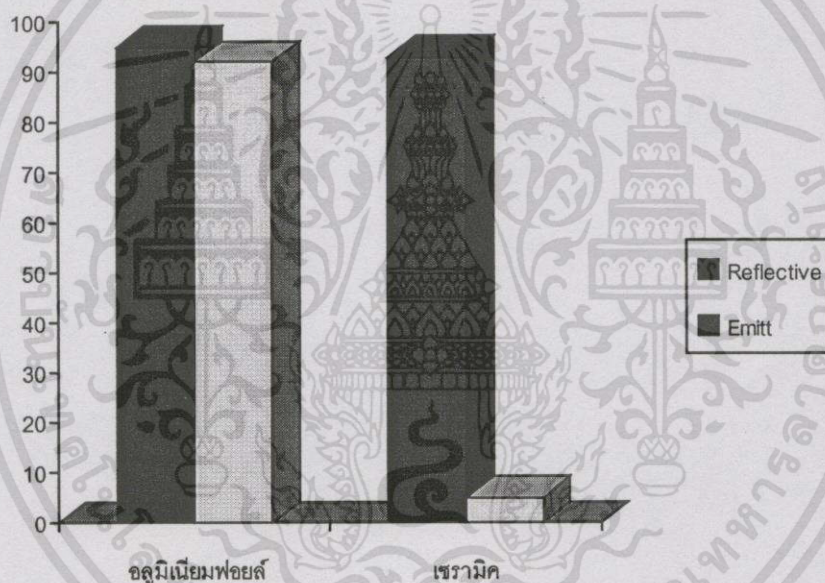
ตารางที่ 4.14 แสดงคุณสมบัติ ฉนวนสะท้อนรังสีอาทิตย์

ฉนวน	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัดการใช้งานกับหลังคากรณีศึกษา
อลูมิเนียมฟอยล์	<ul style="list-style-type: none"> - สะท้อนความร้อนได้สูง - ราคาถูก 100บาทต่อตาราง เมตร - อายุการใช้งานนาน - กันความชื้นได้ดี 	<ul style="list-style-type: none"> - อาจฉุดร่อนจากการแลกประจุไฟฟ้ากับหลังคาโลหะ - เป็นสื่อไฟฟ้า - หากฝุ่นจับประสิทธิภาพลดลง 	-
เซรามิก	<ul style="list-style-type: none"> - สะท้อนความร้อนได้ดี - กรรมวิธีการทำงานรวดเร็ว - ไม่เป็นพิษเพราะอยู่ข้างนอกอาคาร 	<ul style="list-style-type: none"> - ราคาสูง 250 บาทต่อตารางเมตร - ไม่ทนน้ำขัง - ไม่ทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 แสดงสมรรถนะจนวนสะท้อนรังสีอาทิตย์

จนวน	การสะท้อน ความร้อน	การต้านทาน ความร้อน	การคาย ความร้อน	การลาม ไฟ	การลาม ควัน	ความขึ้น perm.	ราคา
อลูมิเนียมพอยล์	95		0.05	0	0	0.018	100
เซรามิค	93	3.7	0.92	5	0	0.1	250



ภาพที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะจนวนสะท้อนรังสีอาทิตย์

จากตารางแสดงสมรรถนะวัสดุจนวนสะท้อนรังสีจะพิจารณาได้ว่า จนวนอลูมิเนียมพอยล์จะให้ข้อดีในเรื่องการสะท้อนรังสี ค่าการดูดซึม ความร้อนและราคาถูก กว่าจนวนเซรามิค ในขณะที่จนวนเซรามิคจะให้ผลข้างเคียงด้านการเป็นจนวนการนำความร้อนโดยมีค่า การต้านทานความร้อน = 3.7 วัตต์ต่อตารางเมตร แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติแล้วจะเห็นได้ว่า จนวนเซรามิคจะมีโอกาสหลุดร่อน จากหลังคาได้ หากมีน้ำท่วมขัง จึงพิจารณาในหลายด้าน สามารถสรุปได้ว่า จนวนอลูมิเนียมพอยล์ มีข้อเด่นในการเป็นจนวนต้านทานการแผ่รังสีความร้อนอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รัมอินทรา

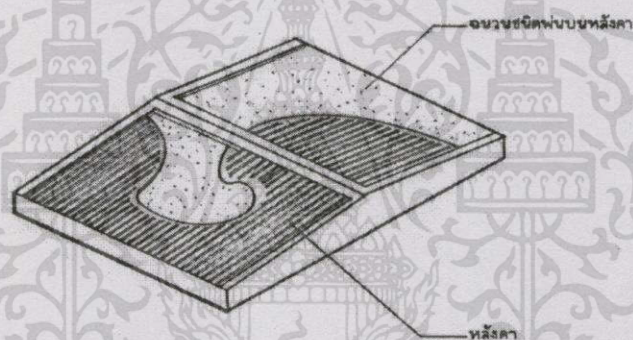
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การวิเคราะห์การจัดลำดับชั้นฉนวน

การพิจารณาติดตั้งฉนวนโดยทั่วไปมี 4 วิธี คือ

4.6.1 การติดตั้งฉนวนบนวัสดุผนังหลังคา

การติดตั้งในลักษณะนี้มักจะเป็นฉนวนที่สามารถติดตั้งได้รวดเร็วเหมาะกับอาคารที่ต้องการความเร่งรีบในการก่อสร้างหรืออาคารที่มีพื้นที่หลังคาใหญ่และมีความลาดชันของหลังคาไม่มากนักแล้วนิยมใช้กันมากในประเทศภูมิอากาศหนาวโดยเฉพาะฉนวนประเภทแอสฟัลท์สำหรับประเทศไทยปัจจุบันมีฉนวนที่ติดตั้งเหนือวัสดุผนังหลังคาไม่มากนักโดยเฉพาหากเป็นหลังคาโลหะซึ่งมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวันมากด้วยแล้วจะพบวัสดุฉนวนตามท้องตลาดเพียงสองชนิดคือ โพลียูรีเทนโฟม และ ฉนวนเซรามิค ส่วนฉนวนแอสฟัลท์จะพบในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุจะไม่สามารถยึดติดกับวัสดุที่มีอุณหภูมิสูงได้ดีนักแต่จะให้ผลข้างเคียงในการกันซึม



ภาพที่ 4.14 แสดงการติดตั้งฉนวนเหนือวัสดุผนังหลังคา

ตารางที่ 4.16 แสดงค่า ความต้านทานความร้อน ตามประเภทลำดับชั้นฉนวน

ลำดับ	องค์ประกอบ	ชนิดฉนวน		หมายเหตุ
		ก	ข	
ชั้นที่ 1	ฟิล์มอากาศภายนอก	0.162	0.162	โพลียูรีเทนโฟม
ชั้นที่ 2	ฉนวน	8.00	3.7	ชนิดพ่นภายนอก
ชั้นที่ 3	หลังคาเหล็ก	-	-	หนาตามมาตรฐาน
ชั้นที่ 4	ช่องว่างอากาศ 0.05	0.606	0.606	0.20 และ ต้องทาสี
ชั้นที่ 5	อลูมิเนียมฟอยล์	0	0	เคลือบผิวกันรังสี
ชั้นที่ 6	ฟิล์มอากาศภายใน	0.801	0.801	อัลตราไวโอเล็ต
	รวมค่า ความต้านทานความร้อน	9.569	5.269	

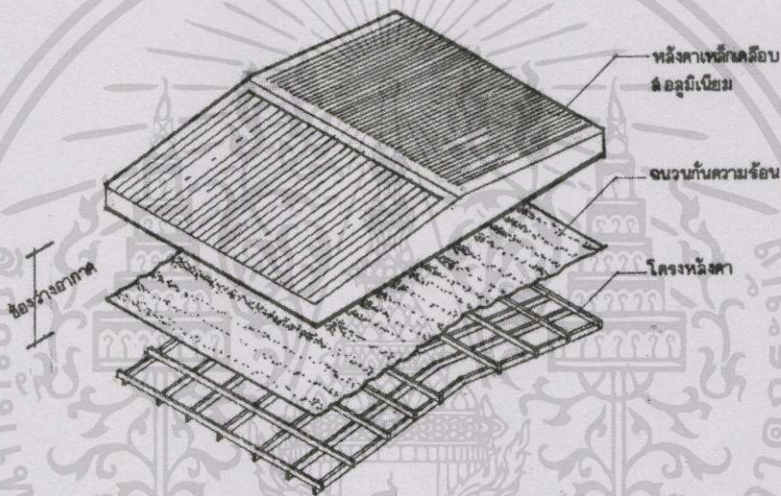
ฉนวน ก. โพลียูรีเทนโฟม ชนิดฉีดพ่นเหนือวัสดุหลังคาหนา 0.20

ฉนวน ข. เซรามิคชนิดพ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 การติดตั้งฉนวนใต้หลังคา / บนแป

การติดตั้งในลักษณะนี้เหมาะกับอาคารที่ก่อสร้างหรือมุงหลังคาไปพร้อมกับการติดตั้งฉนวน เนื่องจากสามารถติดตั้งได้สะดวกและไม่กระทบต่อการก่อสร้างในส่วนอื่นโดยฉนวนจะอยู่ระหว่างวัสดุหลังคาและแปนับว่าเป็นปราการในลำดับแรกๆ ในการกันความร้อนรองจากหลังคาในลำดับขั้นนี้หากเป็นอาคารที่ไม่มีฝ้าเพดานนิยมใช้กับฉนวนประเภทกันการแผ่รังสีที่หุ้มวัสดุฉนวนกันการนำและพาความร้อนแต่หากเป็นอาคารที่มีฝ้าเพดานและช่องว่างอากาศมักจะทำให้ฉนวนกันการแผ่รังสีในลำดับขั้นนี้เนื่องจากอยู่ส่วนบนสุดของการจัดลำดับฉนวน ในฉนวนชนิดชนิดพันดูเหมือนจะติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็วหากสามารถยึดประสานกับใต้หลังคาซึ่งเป็นฐานยึดติดได้

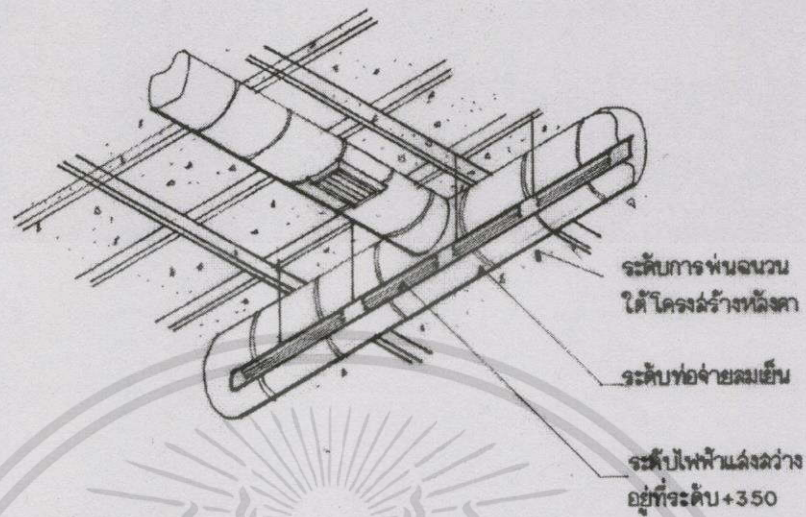


ภาพที่ 4.15 แสดงการติดตั้งฉนวนเหนือแป

ตารางที่ 4.17 แสดงค่า ความต้านทานความร้อน ตามประเภทลำดับชั้นฉนวน

ลำดับ	องค์ประกอบ	ชนิดฉนวน			หมายเหตุ
		ก	ข	ค	
ชั้นที่ 1	ฟิล์มอากาศภายนอก	0.162	0.162	0.162	
ชั้นที่ 2	หลังคาเหล็ก	0	0	0	
ชั้นที่ 3	ช่องว่างอากาศ (0.05)	0.606	0.606	0.606	
ชั้นที่ 4	อลูมิเนียมฟอยล์	0	0	0	
ชั้นที่ 5	ฉนวน (0.05)	2.08	1.37	1.31	
ชั้นที่ 6	ฟิล์มอากาศภายใน	0.801	0.801	0.801	
	รวมค่าต้านทานความร้อน	3.649	2.939	2.879	

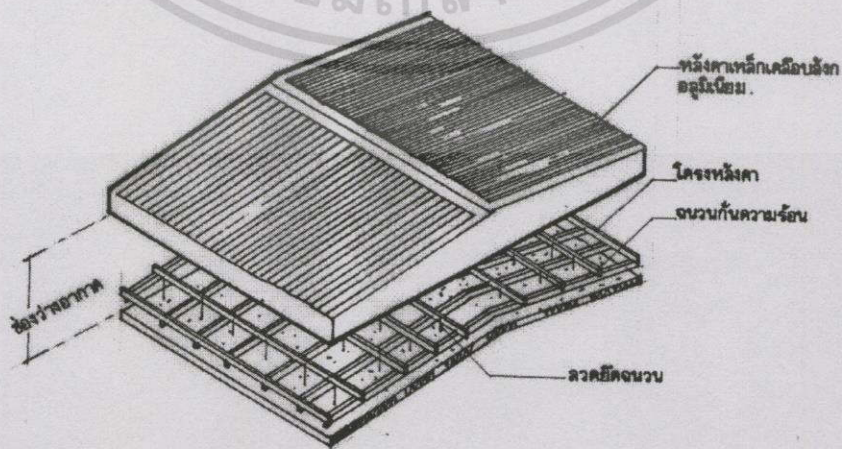
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฉนวน ก. โฟม Pu / Pi ชนิดฉัดฝนใต้หลังคา ฉนวน ค. โยแก้วชนิดแผ่นยึดหยุ่น
 ภาพที่ 4.16 แสดงแนวความคิดการติดตั้งฉนวนพ่นเหนือแปอาคารศูนย์รวมสินค้า

4.6.3 การติดตั้งฉนวนใต้แป

นิยมใช้กับฉนวนในลักษณะต่างๆสามารถติดตั้งได้ก่อนและหลังมุงหลังคาจึงสามารถประยุกต์ใช้ได้กับทั้งอาคารก่อสร้างใหม่และอาคารที่ซ่อมแซม การติดตั้งฉนวนใต้แปให้ผลดีในลักษณะการมีช่องว่างของอากาศระหว่างใต้ผิวหลังคาและฉนวนทำให้สามารถหมุนเวียนนำและพาความร้อนได้ดีกว่าการติดตั้งฉนวนเหนือแปเมื่อใช้ลำดับชั้นฉนวนชนิดเดียวกัน หากเป็นฉนวนในลักษณะฉัดฝนก็จะสามารถติดตั้งได้ในลักษณะเดียวกันกับการติดตั้งฉนวนเหนือแป



ภาพที่ 4.17 แสดงการติดตั้งฉนวนใต้แป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

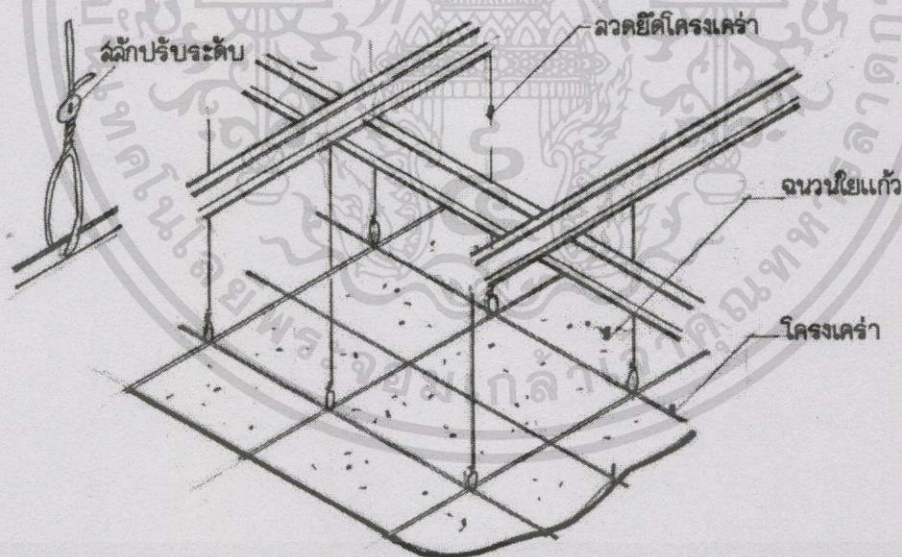
ตารางที่ 4.18 แสดงค่า ความต้านทานความร้อน ตามประเภทลำดับชั้นฉนวน

ลำดับ	องค์ประกอบ	ชนิดฉนวน			หมายเหตุ
		ก	ข	ค	
ชั้นที่ 1	ฟิล์มอากาศภายนอก	0.162	0.162	0.162	
ชั้นที่ 2	หลังคาเหล็ก	0	0	0	
ชั้นที่ 3	ช่องว่างอากาศ (0.05)	0.606	0.606	0.606	
ชั้นที่ 4	อลูมิเนียมพอยล์	0	0	0	
ชั้นที่ 5	ช่องว่างอากาศ (0.20)	0.174	0.174	0.174	
ชั้นที่ 6	ฉนวน (0.05)	1.31	1.47	1.37	
ชั้นที่ 7	ฟิล์มอากาศภายใน	0.801	0.801	0.801	
	รวมค่าต้านทานความร้อน	3.053	3.213	3.113	

ฉนวน ก. ฉนวนใยแก้วชนิดแผ่นยัดหุ้ม

ฉนวน ค. ฉนวนใยธรรมชาติชนิดแผ่น

ฉนวน ข. ฉนวนใยแร่ชนิดแผ่น

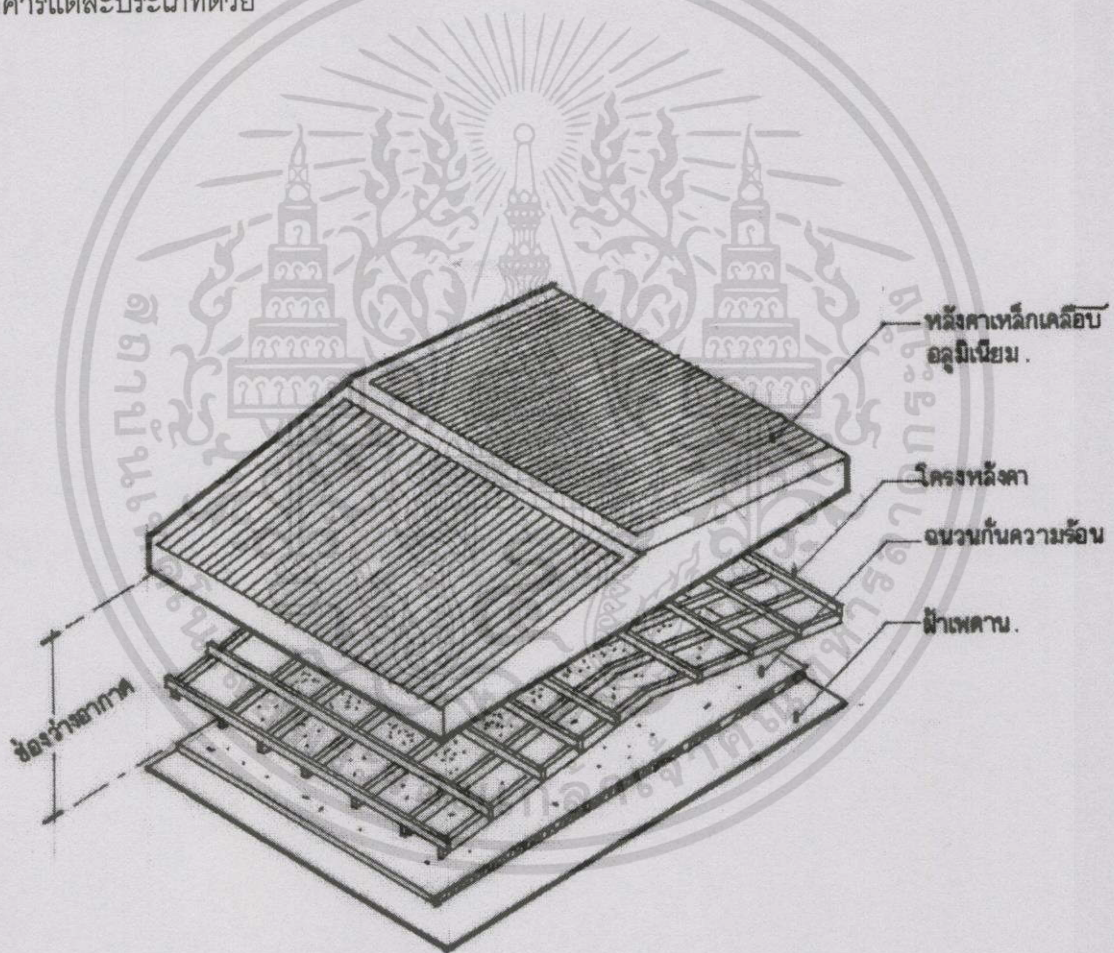


ภาพที่ 4.18 แสดงแนวความคิดการติดตั้งฉนวนใต้แปอาคารศูนย์รวมสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.4 การติดตั้งฉนวนเหนือฝ้า หรือในลักษณะฝ้าเพดาน

การติดตั้งฉนวนในลักษณะนี้จะให้ประสิทธิภาพของการกันความร้อนได้ดีกว่าระบบอื่น เนื่องจากมีฝ้าและช่องว่างอากาศช่วยลดการนำและพาความร้อนลงได้มาก หากการติดตั้งฉนวนในอาคารก่อสร้างใหม่คงไม่มีปัญหามากนัก แต่หากเป็นการปรับปรุงในอาคารที่มีการใช้งานแล้ว จำเป็นที่ต้องวางแผนการติดตั้งอย่างรัดกุมไม่เช่นนั้นจะเป็นการรบกวนการใช้พื้นที่ในส่วนอื่นๆ จากการศึกษาพบว่าการติดตั้งฉนวนในอาคารเก่ามักใช้วิธีในการปิดการใช้งานเป็นส่วนๆ เพื่อสะดวกในการปรับปรุงซึ่งจะทำงานได้รวดเร็ว และสามารถเปิดใช้งานได้เร็วกว่าการติดตั้งฉนวนในขณะที่มีการใช้พื้นที่อยู่ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับการพิจารณาเลือกใช้วัสดุฉนวนที่เชื่อมต่อข้อจำกัดต่ออาคารแต่ละประเภทด้วย



ภาพที่ 4.19 แสดงการติดตั้งฉนวนเหนือฝ้าเพดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 แสดงค่า ความต้านทานความร้อน ตามประเภทลำดับชั้นฉนวน

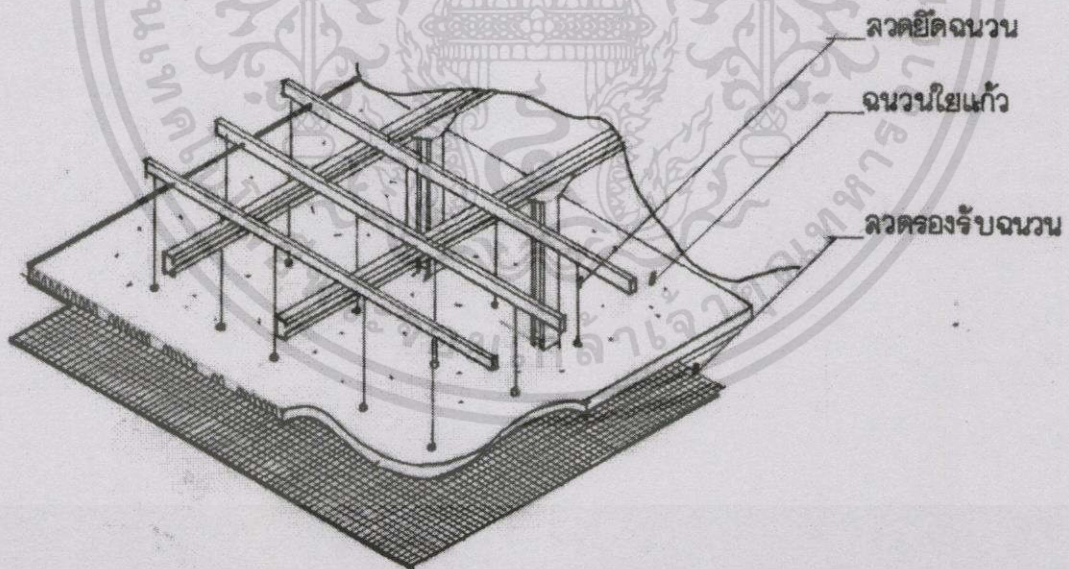
ลำดับ	องค์ประกอบ	ชนิดฉนวน			
		ก	ข	ค	ง
ชั้นที่ 1	ฟิล์มอากาศภายนอก	0.162	0.162	0.162	0.162
ชั้นที่ 2	หลังคาเหล็ก	0	0	0	0
ชั้นที่ 3	ช่องว่างอากาศภายใน(0.05)	0.606	0.606	0.606	0.606
ชั้นที่ 4	อลูมิเนียมพอยล์	0	0	0	0
ชั้นที่ 5	ช่องว่างอากาศ (0.20)	0.174	0.174	0.174	0.174
ชั้นที่ 6	ฉนวน (0.10)	1.31	1.47	2.08	1.37
ชั้นที่ 7	ฝ้าเพดาน (0.009)	0.047	0.047	0.047	0.047
ชั้นที่ 8	ฟิล์มอากาศภายใน	0.801	0.801	0.801	0.801
	รวมค่า ต้านทานความร้อน	3.1	3.26	3.87	3.2

ฉนวน ก. ฉนวนใยแก้วชนิดแผ่นยัดหยุ่น

ฉนวน ง. โยกรวมชาติชนิดฉัดพื้นเหนือเพดาน

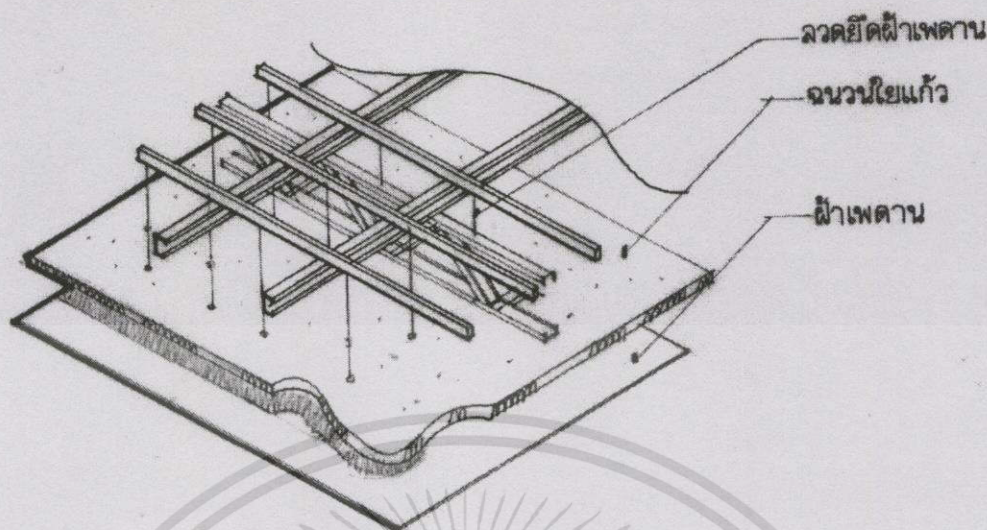
ฉนวน ข. ฉนวนใยแร่ชนิดแผ่น

ฉนวน ค. ฉนวนโพนัม Pu /Pi ชนิดพื้นเหนือฝ้าเพดาน



ภาพที่ 4.20 แสดงแนวความคิดการติดตั้งฉนวนเหนือฝ้าเพดานอาคารศูนย์รวมสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4. 21 แสดงแนวความคิดการติดตั้งฉนวนเหนือฝ้าเพดานอาคารศูนย์รวมสินค้า

4.7 สรุปการวิเคราะห์ฉนวนและรูปแบบการติดตั้ง

จากการวิเคราะห์การจัดลำดับชั้นฉนวนหากพิจารณาจากค่าความต้านทานของฉนวนเพียงอย่างเดียวการติดตั้งฉนวนทั้งสามแบบอาจให้ค่าความต้านทานที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาในด้านประสิทธิภาพแล้วพบว่าลักษณะการติดตั้งฉนวนที่มีฝ้าเพดานจะส่งผลต่อการเพิ่มค่าความต้านทานและการหน่วงความร้อนของหลังคามากกว่าการติดตั้งฉนวนในลักษณะอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากการติดตั้งฉนวนที่มีฝ้าเพดานจะมีลำดับชั้นของฉนวน ที่ลดการนำความร้อนและการแผ่รังสีที่สมบูรณ์กว่า อีกทั้งการที่มีช่องว่างอากาศจะช่วยหน่วงและระบายความร้อนในช่องว่างอากาศได้หลังคาที่ส่งผ่านหลังคา รวมไปถึงเมื่อพิจารณาด้านความยืดหยุ่นในการติดตั้งพบว่าเชื้ออำนวยการติดตั้งฉนวนได้มากขึ้นและหลายรูปแบบ

ในลักษณะเดียวกันกับจากการเลือกฉนวนหากพิจารณาในด้านสมรรถนะของฉนวนเพียงอย่างเดียวจะพบว่าฉนวนที่ผ่านการวิเคราะห์ในคุณสมบัติและสมรรถนะด้านต่างอยู่หลักๆ 3 ประเภทฉนวนคือ ฉนวนประเภทโฟม ฉนวนใยแก้วและใยแร่ ฉนวนใยธรรมชาติ โดยฉนวนประเภทโฟมจะให้ผลดีด้านความต้านทานกว่าฉนวนประเภทอื่นแต่เมื่อพิจารณาในด้านคุณสมบัติจะพบว่ายังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น ความยืดหยุ่นในการใช้งาน การเป็นพิษต่อการเสื่อมสภาพ เรื่องการติดไฟ การให้ควัน โดยเฉพาะควันที่มีส่วนผสมของควันพิษประเภทไซยาไนด์ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ใช้อาคารเมื่อเกิดเพลิงไหม้ ส่วนฉนวนใยแก้วและใยแร่มีข้อเด่นเรื่องราคา แต่ก็มีข้อด้อยในด้านความสะดวกและความยืดหยุ่นในการติดตั้งเช่นต้องมีวัสดุรองรับ การต้องมีวัสดุห่อหุ้ม สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์เป็นอาคารที่มีผู้ใช้เป็นจำนวนมากภายใต้ผืนหลังคาเดียวกัน จึงเป็นเหตุผลสำคัญในการเลือกความปลอดภัยจากควันไฟเป็นคุณสมบัติลำดับแรกของฉนวน ลำดับถัดมาคือการพิจารณาเรื่องความยืดหยุ่นในการติดตั้ง

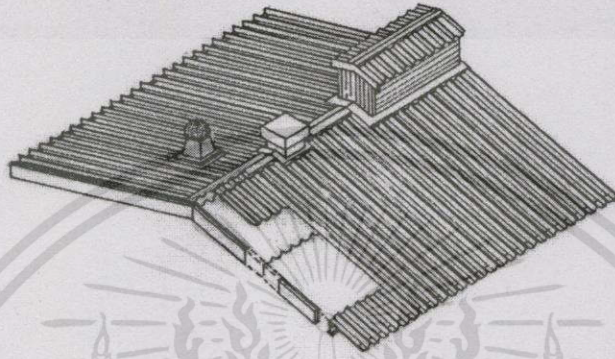
จากการวิเคราะห์ฉนวนจึงเลือกฉนวนใยธรรมชาติ ชนิดพ่นเป็นฉนวนที่ใช้ฉีดพ่นเหนือฝ้าเพดานสำหรับศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ตามเหตุผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การวิเคราะห์อุปกรณ์ระบายอากาศด้วยปล่อง

หลักการสำคัญของการระบายอากาศได้หลังคาแบบนี้คือ การอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิของอุณหภูมิภายในได้หลังคาที่ต้องการ อุปกรณ์ระบายอากาศโดยวิธีนี้มีอยู่หลายลักษณะ



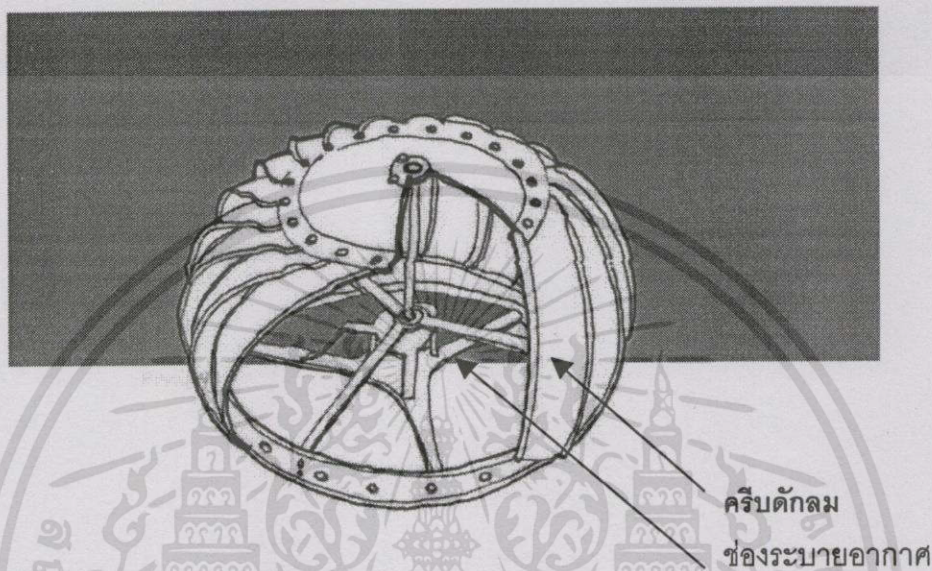
ภาพที่ 4.22 แสดงอุปกรณ์ระบายอากาศด้วยปล่องในรูปแบบต่างๆ

ตารางที่ 4.20 แสดงคุณสมบัติระบบอุปกรณ์ระบายอากาศ

คุณสมบัติ	เทอไบยเวนทิลเลเตอร์	การระบายอากาศด้วยปล่อง
การระบายอากาศ	<ul style="list-style-type: none"> • ระบายอากาศออก (Stack effect) • ดูดอากาศเข้า 	<ul style="list-style-type: none"> • ระบายอากาศออก (Stack effect)
ประสิทธิภาพ (ลม 5 น็อต) ขนาด 14 นิ้ว	<ul style="list-style-type: none"> • มากกว่า 150 % ของ 1530 เมตรต่อชั่วโมง ขึ้นอยู่กับแรงลม • ขึ้นอยู่กับ ΔT 	<ul style="list-style-type: none"> • ขึ้นอยู่กับ ΔT
ราคาโดยประมาณ	6000 บาท	4000 บาท
การติดตั้ง	<ul style="list-style-type: none"> • น้ำหนักเบาติดตั้งโดยยึดวัสดุฉนวน 	<ul style="list-style-type: none"> • น้ำหนักเบาติดตั้งโดยยึดวัสดุฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

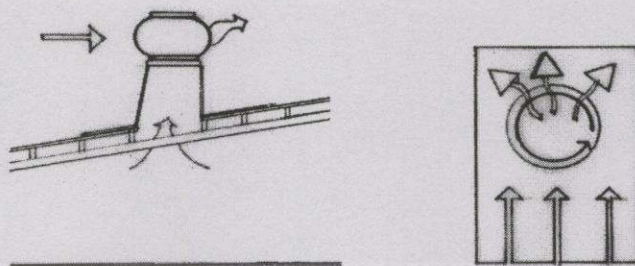
จากตารางจะสังเกตได้ว่า เทอบายเวนทิลเลเตอร์ คือพัดลมระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศได้ดีกว่าระบบอื่น ในวิธีการเดียวกัน เทอบายเวนทิลเลเตอร์ มีหลักการทำงานดังนี้



ภาพที่ 4.23 แสดงลักษณะของพัดลมเทอบาย

1. พัดลมเทอบาย ทำงานโดยอาศัยแรงลมที่มากกระทำต่อใบพัดซึ่งจะมีครีบริดจ์ ๗ คล้ายถ้วย 21 ครีบริดจ์ แรงลมและสามารถหมุนได้เมื่อมีแรงขับจากลมเพียงเล็กน้อย
2. เมื่อพัดลมหมุนก็จะเกิดการเคลื่อนที่ของอากาศจากภายในออกสู่ภายนอกโดยการผลัดของครีบริดจ์ ๗ เหล่านี้
3. พัดลมหมุนมากเท่าไรก็จะทำให้สามารถนำอากาศจากภายในได้หลังคาออกสู่ภายนอกได้เร็วยิ่งขึ้น โดยมากกว่า 150% ของช่องเปิดเมื่อระบายโดยวิธี การระบายอากาศด้วยปล่อง
4. หากไม่มีแรงจากลมภายนอกมากกระทำต่อพัดลม ปล่องของแกนพัดลมก็จะทำหน้าที่ระบายอากาศร้อนออกสู่ภายนอกในลักษณะ การระบายอากาศด้วยปล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.24 แสดงการทำงานของพัดลมในลักษณะ เทอไบยเวทิลเลเตอร์



ภาพที่ 4.25 แสดงการทำงานของพัดลมในลักษณะ การระบายอากาศด้วยปล่อง

ประสิทธิภาพของการระบายอากาศของ เทอไบยเวทิลเลเตอร์ในเขตกรุงเทพมหานคร ที่มี ความเร็วลมเฉลี่ยที่ 5 นีต พบว่า ประสิทธิภาพของ เทอไบย ขนาด 14 นิ้ว 21 ใบพัด ซึ่งเป็นขนาด มาตรฐานของ บริษัท โลเมนโค ซึ่งได้มีการทดสอบประสิทธิภาพไว้ ณ ประเทศ สิงคโปร์ ดังนี้

ตารางที่ 4.21 แสดงประสิทธิภาพของ เทอไบยเวทิลเลเตอร์

H (ft) / TEMP (C°)	15	20	25	30	35	40	50	60	80	100
3	1,595	1,597	1,599	1,601	1,603	1,604	1,608	1,612	1,619	1,626
5	1,599	1,602	1,605	1,608	1,611	1,614	1,620	1,626	1,637	1,649
7	1,602	1,607	1,611	1,615	1,619	1,623	1,631	1,639	1,655	1,671
9	1,606	1,611	1,616	1,622	1,627	1,632	1,642	1,653	1,673	1,693
11	1,609	1,616	1,622	1,628	1,635	1,641	1,653	1,666	1,690	1,715

การติดตั้ง เทอไบยเวนทิลเลเตอร์ กับอาคารหลังโลหะการติดตั้ง พัดลมเทอไบย มีหลายลักษณะด้วยกัน แต่ส่วนมากจะติดตั้งใกล้กับส่วนยอดหลังคาเนื่องจาก บริเวณนี้จะเป็นส่วนที่อากาศร้อนลอยตัวมาสะสม จึงเป็นการดีที่จะติดตั้ง เทอไบยเวนทิลเลเตอร์ เพื่อระบายอากาศร้อนออกสู่ภายนอกและสามารถสร้างสภาวะความแตกต่างของอุณหภูมิได้ฐาน พัดลมเทอไบย กับอากาศภายนอก อันจะเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศเพิ่มขึ้น

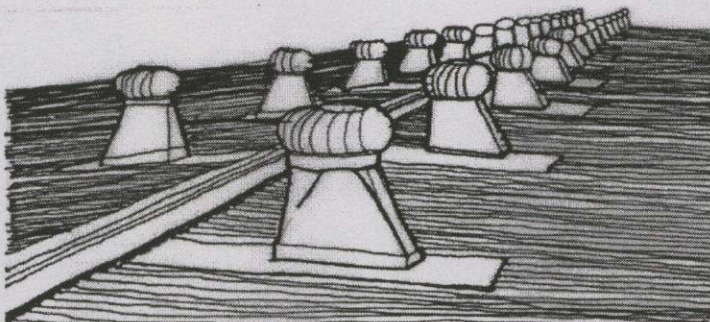


อลูมิเนียมครอบช่องเปิด
ยาแนวด้วยซิลิโคน
หลังคาโลหะ

ภาพที่ 4.26 แสดงส่วนประกอบในการติดตั้ง เทอไบย กับหลังคาเหล็ก

การติดตั้งระบบ เทอไบยเวนทิลเลเตอร์ สามารถเรียงได้หลายวิธีโดยพิจารณาตามความเหมาะสมของวัสดุุมงหลังคา จำนวนที่ต้องการ ดังนี้

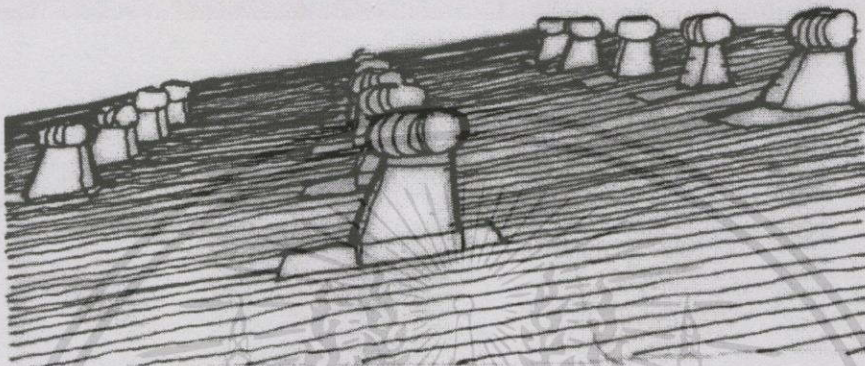
การเรียงแบบการติดตั้งในลักษณะแถวเดียว (Single unite installation) คือ บริเวณยอดสุดของหลังคา เพื่อระบายความร้อนจาก ช่องว่างอากาศใต้หลังคาออกไปที่ภายนอก



ภาพที่ 4.27 แสดงการติดตั้งพัดลมเทอไบยในลักษณะแถวเดียว

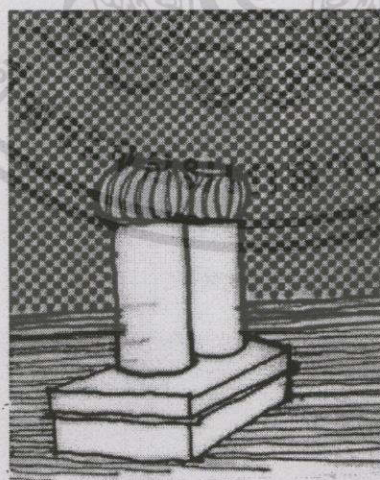
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียงแบบหลายแถว (Multiple units installation) เป็นการเรียง พัดลม เพื่อระบาย ความร้อน ทั่วทั้งผืนหลังคา การติดตั้งในลักษณะนี้เหมาะกับอาคารที่มีพื้นที่หลังคาขนาดใหญ่ หรือ มีความลาดชันหลังคาน้อยเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิได้ผืนหลังคาไม่เท่ากัน



ภาพที่ 4.28 แสดงการติดตั้งแบบหลายแถว

การติดตั้งลักษณะสุดท้ายคือการต่อปล่องที่ห้องรับตัว เทอไบย (Lift Motor Rooms) คือ ให้สูงขึ้นเพื่อให้สามารถปะทะกับลมในตำแหน่งความสูงที่ต้องการ



ภาพที่ 4.29 แสดงการติดตั้งแบบ การต่อปล่องที่ห้องรับตัว เทอไบย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติเข้ากับ อาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รัมอินทรา ซึ่งมีพื้นที่หลังคาขนาดใหญ่และมีความลาดเอียงของหลังคาต่ำ อากาศที่อยู่ภายใต้หลังคาจึงได้รับพลังงานความร้อนจากหลังคาใกล้เคียงกัน ส่งผลต่อความแตกต่างของอุณหภูมิไม่มากนัก หากเลือกใช้ระบบระบายอากาศในลักษณะดูดออกหรือเป่าเข้าเพียงอย่างเดียว จะไม่สามารถผลักมวลอากาศที่มีปริมาตรมากได้ จึงต้องใช้ระบบผสมคือ ทั้งดูดและเป่า จะสามารถทำให้การเคลื่อนตัวของอากาศใต้หลังคาเคลื่อนตัวได้ดียิ่งขึ้น

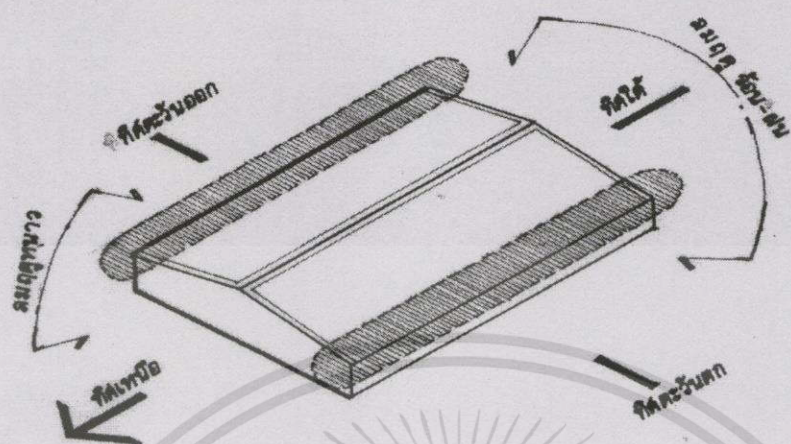
4.9 การวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์ดูดและระบายอากาศ

อุปกรณ์การดูดและระบายอากาศไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากการวางตำแหน่งอุปกรณ์ไม่สอดคล้องกับลักษณะการเคลื่อนตัวของอากาศภายนอกที่มากระทำต่อหลังคา อากาศภายนอกที่มากระทำต่ออาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รัมอินทรา จะมาจากสองทิศ คือ ตะวันออกเฉียงเหนือและทิศใต้ในฤดูร้อน โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 5 นีอิต ปะทะที่ผนังและหลังคา ซึ่งจะก่อให้เกิดแรงกดและแรงดึงแตกต่างกัน

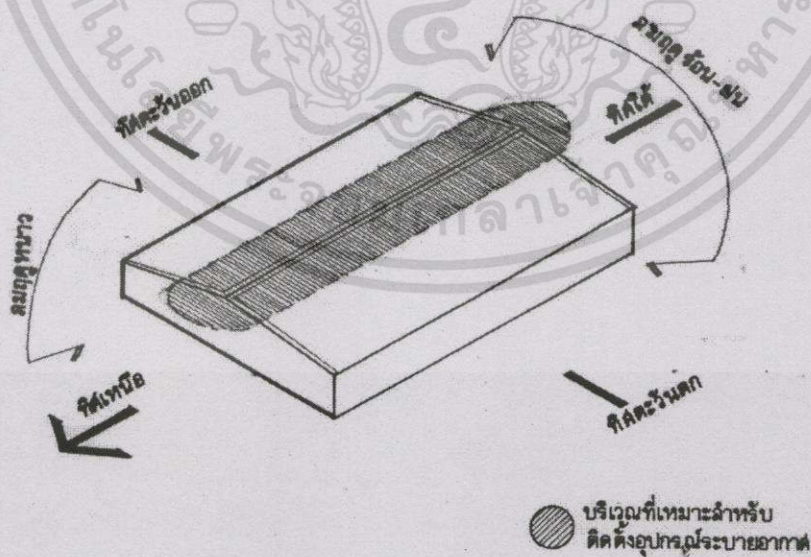
นอกจากการเคลื่อนตัวของอากาศภายนอกแล้ว อากาศภายในเองก็จะเคลื่อนตัวจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งก็คือ จากชายคาไปสู่บริเวณสันหลังคา¹ ซึ่งจะทำให้สามารถสรุปการวางตำแหน่ง อุปกรณ์ดูดและเป่าอากาศ เพื่อระบายอากาศใต้หลังคา ประกอบกับการวิเคราะห์แนวความคิดในการติดตั้งดังนี้

อุปกรณ์ระบายอากาศ เป็นอุปกรณ์ระบายอากาศจาก ภายใต้หลังคาซึ่งมีอุณหภูมิที่สูง ออกสู่ภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ จากการทดลองพบว่าตำแหน่งที่เหมาะสมกับการติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศจะอยู่บริเวณช่วงกลางหลังคาจนถึงสันหลังคา เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีอากาศร้อนเคลื่อนตัวไปสะสมโดยเฉพาะบริเวณ อากาศใต้หลังคาที่ได้ออกแบบไว้ หากแต่ต้องเพิ่มข้อพิจารณาพฤติกรรมของแรงลมที่ส่งผลต่อผิวหลังคา คือ

บริเวณช่วงกลางหลังคาจนถึงสันหลังคา บริเวณผิวหลังคาปฏิกิริยาของแรงลมจะเป็นแรงดึง หากใกล้ช่วงสันหลังคาจะเป็นแรงอัด ดังนั้นการพิจารณาเลือกอุปกรณ์ระบายอากาศจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ ไม่เช่นนั้น จะทำให้เกิดปฏิกิริยาในทางตรงกันข้าม อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศ



ภาพที่ 4.30 แสดงตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ดักอากาศ



ภาพที่ 4.31 แสดงตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์อุปกรณ์ระบายอากาศ ศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ งามอินทรา

หลักในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติโดยทั่วไป มี 3 ข้อใหญ่ คือ

การระบายอากาศวิธีปล่อง ซึ่งอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นหลักการระบายอากาศ
เบอนัวร์ เอฟเฟค อาศัยความแตกต่างของความกดอากาศเป็นหลักการระบายอากาศ

การพัดผ่านอาคารของลม คือการให้ลัดพัดผ่านอาศัยแรงลมเป็นสำคัญในการระบายอากาศ
โดยจะเน้นเรื่องช่องเปิดเป็นสำคัญ

จากการวิเคราะห์พบว่าการระบายอากาศโดย เทอไบย มีคุณสมบัติในการระบาย
อากาศจากใต้หลังคาอย่างมีประสิทธิภาพทั้งในช่วงเวลาที่ลมสงบในลักษณะ การระบายอากาศวิธี
ปล่องและเมื่อมีลมพัด ยังสามารถดักอากาศจากภายนอกเข้าสู่พื้นที่ใต้หลังคาได้อีกด้วย หาก
เลือก เทอไบย ระบายอากาศ

อาคาร ประเภทโกดังสินค้า ควรมีอัตราแลกเปลี่ยนอากาศ = 1.0 – 2.0 1 ครั้งใน หนึ่งชั่วโมง

จากสูตร

$$Q = 1300 \times v \times \Delta T$$

$$Q = 1300 \times (\text{อัตราแลกเปลี่ยนอากาศ} \times \text{ปริมาตรอากาศ} / 3600) \times \Delta T$$

$$= 1300 \times (2 \times 31,506) \times 16 / 3600$$

$$Q = 364,069 \text{ cfm.}$$

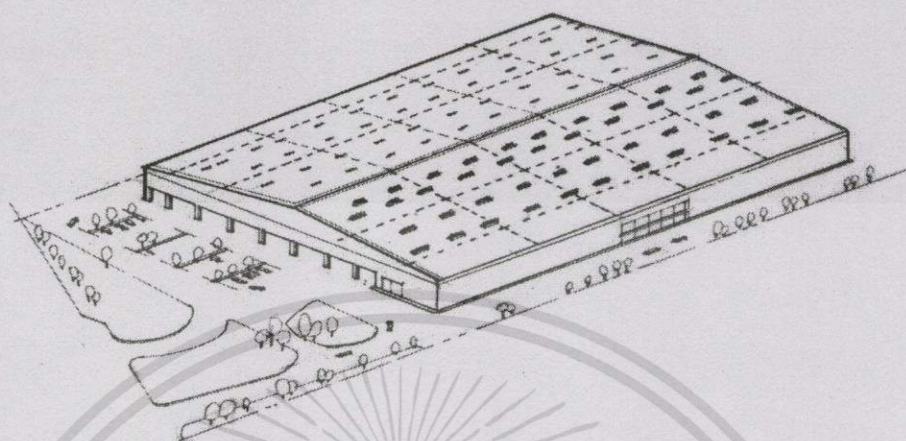
จากสมการ Cfm. = fpm. x พื้นที่ช่องเปิด

$$634,069 = 1,595 \times \text{พื้นที่ช่องเปิด}$$

$$\text{พื้นที่ช่องเปิด} = 228$$

∴ ต้องใช้ Turbine Ventilator 228 ลูกเพื่อระบายอากาศ ประมาณ 31,506 ลูกบาศก์ฟุต.
ออกจากหลังคาในอัตรา การแลกเปลี่ยนอากาศ = 2 ครั้งโดยเมื่อเผื่อพื้นที่สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ดัก
อากาศแล้วทำให้พื้นที่การติดตั้ง เทอไบย เวนทิลเลเตอร์ในลักษณะการติดตั้งแบบหลายแถว
= 36 ตารางเมตร / เทอไบย เวนทิลเลเตอร์ 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.32 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ดักอากาศ Turbine Ventilator ตามการคำนวณ

จากการคำนวณจะสามารถพิจารณาได้ว่าหากระบายอากาศโดย เทอไบย เพียงอย่างเดียวเพื่อลดการส่งผ่านความร้อนโดยไม่ใช้ระบบฉนวนเข้าร่วมแก้ไขนั้นจำเป็นต้องใช้ Turbine Ventilator ถึง 228 ตัวเพื่อระบายอากาศเหนือฝ้า ซึ่งคิดเป็นจำนวนเงินถึง 228 คูณ ราคา 6,000 บาทต่อลูกเท่ากับ 1,368,000 บาท ซึ่งนอกจากเป็นราคาที่สูงแล้วประสิทธิภาพยังทำได้เพียงแค่ลดความร้อนของอากาศเหนือฝ้า ดังนั้นการลดการส่งผ่านความร้อนที่สมบูรณ์ควรประกอบไปด้วยการออกแบบระบบฉนวนร่วมกับการระบายอากาศ

บทที่ 5

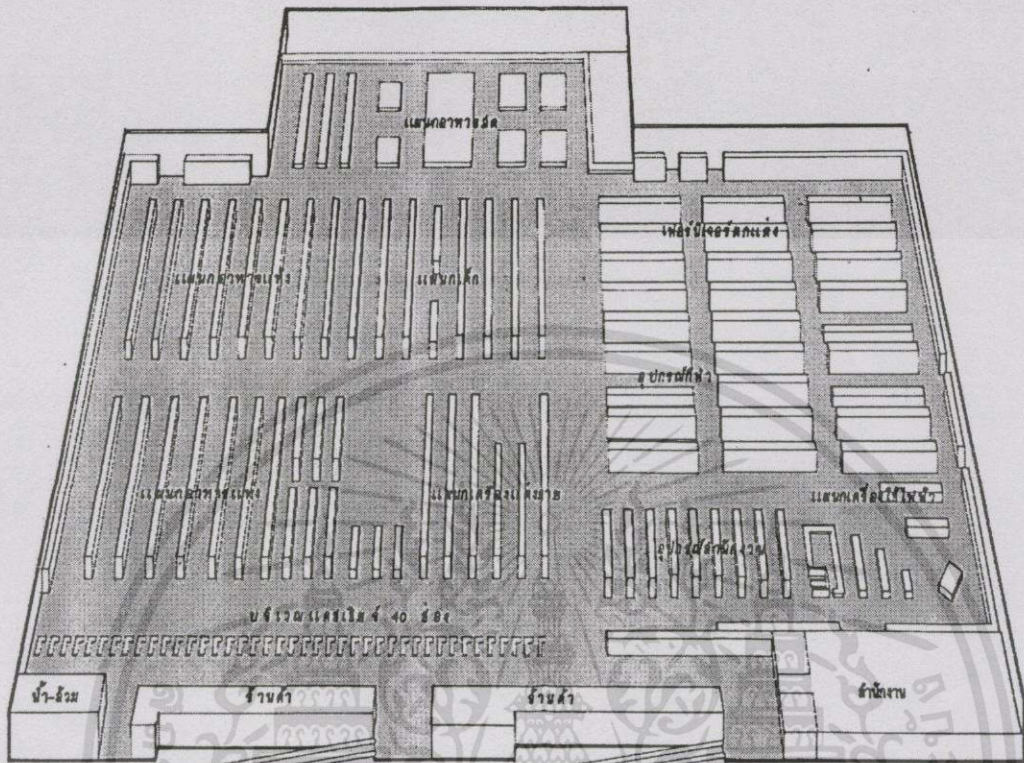
การปรับปรุงหลังคาศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์ รามอินทรา เพื่อลดการส่งผ่านความร้อน

5.1 การออกแบบช่องว่างอากาศใต้หลังคา

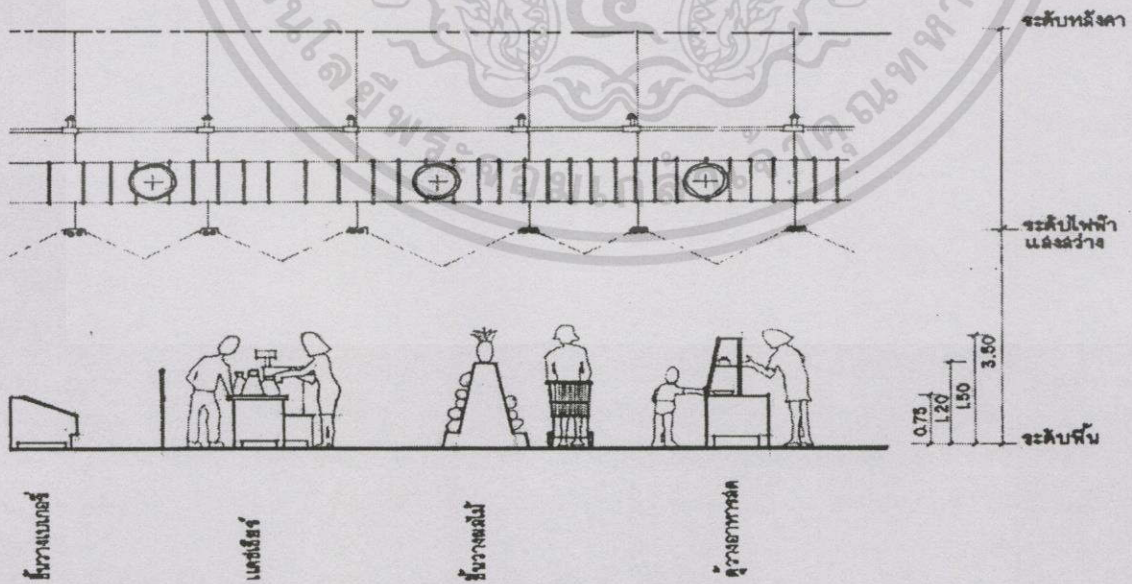
การออกแบบช่องว่างอากาศใต้หลังคา จะส่งผลโดยตรงต่อถึงพื้นที่ใช้งานใต้ฝ้าในอาคาร จึงต้องพิจารณาผลกระทบในหลายด้านดังนี้

5.1.1 การพิจารณาข้อจำกัดด้านจัดผังเพื่อออกแบบช่องว่างอากาศใต้หลังคา

จากการจัดผังอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา พบว่าผู้ออกแบบได้จัดวางชั้นสินค้าแยกตามประเภทแผนกโดยแต่ละแผนกสินค้าก็มีความสัมพันธ์ และสอดคล้องกับพฤติกรรมผู้มาใช้อาคารกันเช่นสินค้าที่ใช้ในครัวเรือนซึ่งเป็นกลุ่มที่มีการหมุนเวียนของสินค้ามากก็จะอยู่บริเวณใกล้ทางเข้าซึ่งสามารถเข้าถึงได้ง่าย ส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องกีฬา เฟอร์นิเจอร์เป็นกลุ่มสินค้าที่มีการหมุนเวียนน้อยกว่าก็จะอยู่ในส่วนถัดไป ส่งผลให้การใช้พื้นที่ในแนวตั้งจะเป็นกิจกรรมทางการขายที่เป็นหมวดหมู่ที่ใกล้เคียงกันโดยเป็นชั้นวางสินค้าที่เหนือพื้นที่ใช้งานเป็นชั้นล่างรองสินค้า เนื่องจากสินค้ามีการเคลื่อนย้ายจากห้องเก็บของใหญ่มาสำรองไว้เหนือชั้นวางสินค้าเพื่อหมุนเวียนสินค้าในแต่ละวัน โดยเฉพาะสินค้าแผนกอุปโภค ที่มีการหมุนเวียนจากชั้นรวดเร็ว เช่น แผนกอาหารแห้ง แผนกเครื่องอุปโภคและบริโภค จะมีสินค้าสำรองขนาดใหญ่กว่าสำรองในชั้นจำนวนมาก และ สินค้าจากแผนกที่จำหน่ายเครื่องใช้ในบ้านและแผนกเฟอร์นิเจอร์ที่สินค้าบางประเภทที่ต้องใช้รถยกเล็กๆยกเคลื่อนย้ายสินค้า ดังนั้น แผนกดังกล่าวจะเป็นแผนกที่มีการใช้พื้นที่แนวตั้งมาก แต่ไม่เกิน 3.00 เมตร เนื่องจากความสูงของชั้นวางสินค้าสูงเพียง 2.10 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่สามารถเอื้อมหยิบสินค้าได้ สอดคล้องกับความสูงจากพื้นถึงหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ที่ติดตั้งเหนือพื้นที่ใช้งานสูง ไม่เกิน 3.50 เมตร ทำให้การกองสินค้าที่เหนือชั้นวางของจะมีความสูงไม่เกิน 3.00 เมตรซึ่งเพียงพอสำหรับการสำรองสินค้าประจำวัน และมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคาร ซึ่งหากสินค้ามีจำนวนมากกว่าที่ต้องการเก็บก็สามารถกระจายไปยังชั้นอื่นที่ยังไม่มีการใช้งาน ส่งผลให้การใช้งานของพื้นที่ในแนวตั้งโดยรวมสูงระหว่าง 3.00-3.50 เมตร

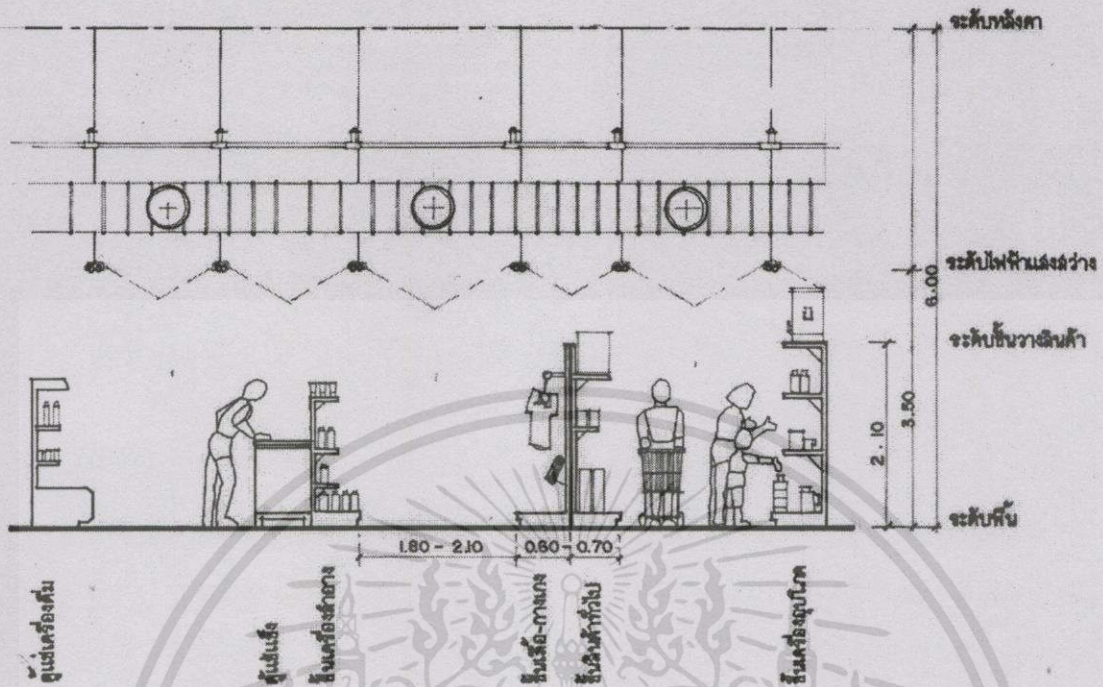


ภาพที่ 5.1 แสดงการจัดวางชั้นสินค้าในส่วนพื้นที่ขาย

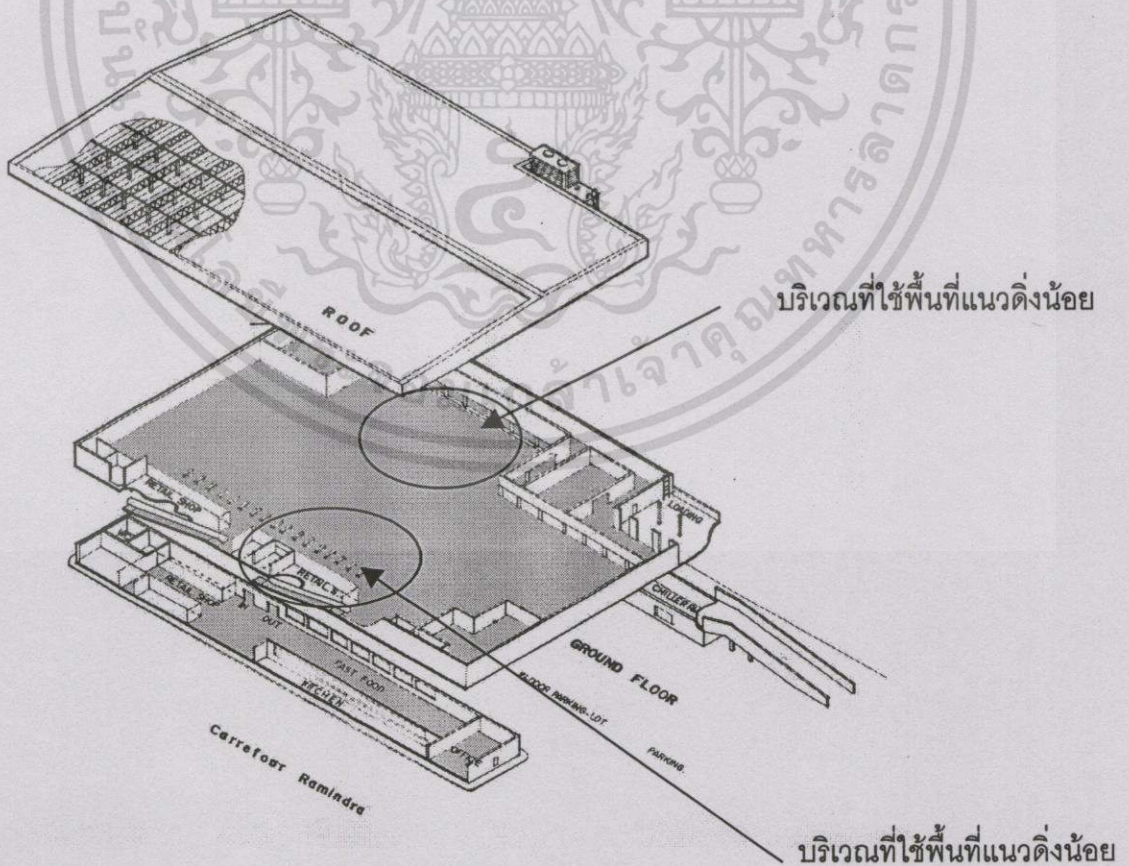


ภาพที่ 5.2 แสดงระดับการจัดวางชั้นสินค้าชั้นเก็บสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.3 แสดงระดับการจัดวางชั้นสินค้าชั้นเก็บสินค้า



ภาพที่ 5.4 แสดงการใช้พื้นที่แนวตั้งของชั้นวางสินค้า

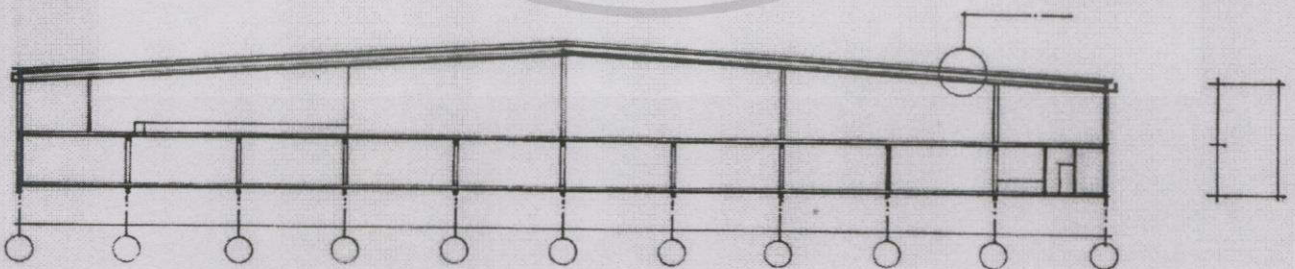
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บข้อมูลพบว่าชั้นที่มีการใช้พื้นที่แนวตั้งน้อยที่สุดคือชั้นวางผลไม้และอาหารแช่แข็งซึ่งอยู่ในแผนกอาหารสดโดยมีตำแหน่งสินค้าในบริเวณด้านทิศตะวันตกติดกับห้องสำรองสินค้า และบริเวณใต้เคาท์ราคาด้านทิศตะวันออกก็เป็นอีกบริเวณหนึ่งที่มีการใช้พื้นที่ในแนวตั้งไม่มากนักทำให้หากมีความจำเป็นต้องปรับระดับฝ้าเพดานให้ต่ำลงมาในบริเวณทั้งสองส่วนนี้น่าจะเป็นบริเวณที่สามารถระดับฝ้าเพดานลงมาได้โดยไม่ขัดต่อการใช้งานของพื้นที่ในแนวตั้งในส่วนพื้นที่อื่นนอกเหนือจากนี้เป็นส่วนที่มีการตั้งชั้นสินค้าสลับคละกันไปตลอดแนวทำให้การใช้งานของพื้นที่ในแนวตั้งก็มีความสูงที่แตกต่างกันไปด้วย

จากเหตุผลข้างต้นดังกล่าวทำให้สามารถประมวลเงื่อนไขหลักที่ต้องคำนึง และตั้งสมมติฐานในการออกแบบ ช่องว่างอากาศใต้หลังคาได้ ดังนี้

สมมติฐานแรกเป็นการออกแบบโดยยึดความกว้างช่องอากาศ 4 นิ้ว ตลอดแนวหลังคา โดยจากหลักการที่ว่าเมื่อช่องว่างอากาศกว้างเกิน 100 มิลลิเมตร ค่า ความต้านทานของฟิล์มอากาศจะคงที่ ในรูปแบบสมมติฐานแรกนี้จะทำให้ปริมาณอากาศที่อยู่ใต้หลังคามีน้อยมากซึ่งจะส่งผลดีต่อการระบายอากาศร้อนออกสู่ภายนอกได้สะดวกแต่ในทางกลับกัน หากไม่มีการระบายอากาศ หรือไม่ สามารถระบายอากาศได้รวดเร็วพอ ก็จะทำให้ความร้อนที่สะสมในอากาศส่งผ่านลงสู่พื้นที่ใช้งาน เบื้องล่างได้รวดเร็วในลักษณะการนำความร้อนเนื่องจากความหนาของช่องว่างอากาศมีน้อยเกินไปสำหรับการหน่วงความร้อนหากใช้ช่องว่างอากาศเพียง 4 นิ้วรูปแบบช่องว่างอากาศในลักษณะนี้จะทำให้ปริมาตรอากาศบริเวณพื้นที่ใช้งานมีปริมาณประมาณ 6,900 ลบ.ม. ซึ่งหากเปรียบเทียบกับปริมาณการระบายอากาศแบบเดิมที่มีอยู่ 69,870 ลบ.ม. นับว่าค่าการระบายอากาศยังคงเกือบเท่ากับปริมาตรอากาศที่มีอยู่ก่อนปรับปรุง โดยทางเทคนิคการก่อสร้างแล้วช่องว่างระหว่างหลังคาและฝ้าเพดานเพียง 4 นิ้วนับว่าน้อยเกินไปสำหรับการก่อสร้างและติดตั้งระบบฉนวนโดยเฉพาะสำหรับอาคารชวงกว้างเช่น อาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์จึงพิจารณาออกแบบระยะห่างระหว่างหลังคาและฝ้าเพดานที่ 0.50 เมตร

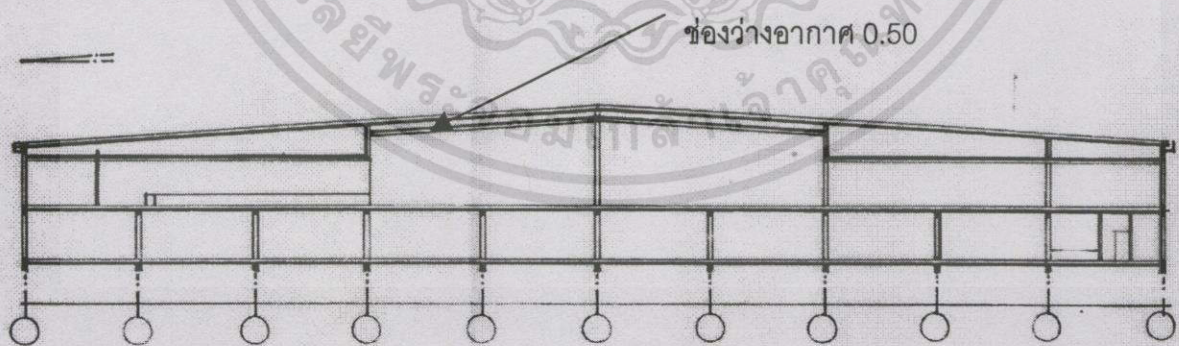
ช่องว่างอากาศ 0.10



ภาพที่ 5.5 แสดงการพิจารณาออกแบบช่องว่างอากาศที่ 0.10 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดแนวทางการออกแบบในลำดับต่อมาจากแนวความคิดในการใช้ทฤษฎีความคงที่ของความต้านทานของฟิล์มอากาศที่ความหนา 4" โดยจากการศึกษาพบว่าพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของอุณหภูมิวัสดุผนังหลังคา เหล็กบริเวณชายคาจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าสันหลังคา ทำให้ทิศทางการเคลื่อนตัวของคลื่นความร้อนจะเคลื่อนตัวจากชายคาที่มีอุณหภูมิวัสดุสูงไปสู่สันหลังคาซึ่งมีอุณหภูมิวัสดุที่ต่ำกว่าจากหลักการดังกล่าวทำให้เกิดแนวความคิดในการที่จะสร้างสภาวะภายในช่องว่างอากาศใต้หลังคาให้สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของความร้อนวัสดุในหลังคา พฤติกรรมการเคลื่อนตัวของอากาศจะตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของคลื่นความร้อนโดยการนำในวัสดุหลังคา การเคลื่อนที่ของอากาศจะเคลื่อนตัวจากที่มีอุณหภูมิต่ำไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเสมอ ดังนั้นจึงเกิดแนวความคิดในการออกแบบช่องว่างอากาศให้มีปริมาตรที่ไม่เท่าเพื่อให้เกิดสภาวะความแตกต่างทางอุณหภูมิของช่องว่างอากาศโดยกำหนดทิศทางการเคลื่อนตัวของบริเวณชายคาไปสู่สันหลังคา โดยจากการวิเคราะห์ภาระใช้งานของพื้นที่ชายคาในแนวตั้ง พบว่าเหนือในบริเวณพื้นที่พนักงานคิดเงินซึ่งอยู่ส่วนด้านหน้าจากทางเข้าชั้นสองและในส่วนขายอาหารสดไม่มีพฤติกรรมการใช้พื้นที่ในแนวตั้งโดยระดับที่พอเหมาะแก่การใช้งานคือระดับ + 3.00 จากพื้นซึ่งเป็นระดับได้ดวงโคมไฟแสงสว่าง ซึ่งในตำแหน่งดังกล่าวเป็นบริเวณชายคาจึงพิจารณาลดระดับฝ้าเพดานลงที่ระดับ +3.50 จากพื้น จากการลดระดับฝ้าดังกล่าวทำให้มีปริมาตรช่องว่างอากาศใต้หลังคา 2.5 ลบม./ ตรม. ซึ่งมากกว่าช่องว่างอากาศบริเวณทั่วไปและสันหลังคาถึง 5 เท่า อันจะส่งผลต่อความแตกต่างของการหน่วงความร้อนที่ไม่เท่ากันและความแตกต่างของอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยเบื้องต้นในการสร้างสภาวะการเคลื่อนที่ของอากาศ



ภาพที่ 5.6 แสดงการออกแบบช่องว่างอากาศหนา 0.50 เมตร บริเวณฝ้าเพดานทั่วไป

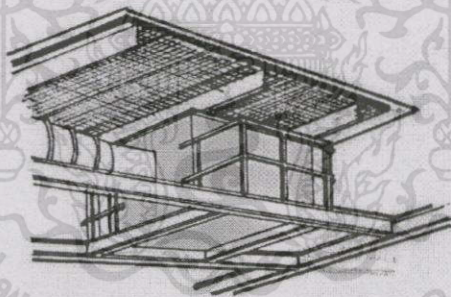
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 การปรับแบบวิศวกรรมระบบให้สอดคล้องกับระดับฝ้า

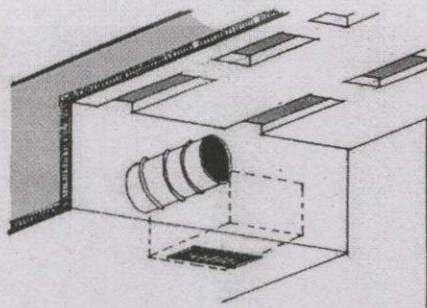
ระบบวิศวกรรมจากกรอบแบบช่องว่างอากาศที่จะส่งผลกระทบต่อระดับฉนวนต้องมีความสอดคล้องกับระบบวิศวกรรม ดังนี้

ระบบปรับอากาศ ถูกออกแบบไว้ให้ใช้พื้นที่น้อยที่สุด ผู้ออกแบบจึงกำหนดให้แขวนเครื่องเป่าลมเย็น ไว้เหนือพื้นบริเวณด้านทิศเหนือและใต้ของอาคารบริเวณดังกล่าวจึงต้องการ พื้นที่ว่างใต้เครื่องเพื่อดูดลมกลับ จึงนับเป็นข้อจำกัดหากจะตีฝ้าหรือหุ้มฉนวนในบริเวณใต้เครื่องเป่าลมเย็นดังกล่าว ดังนั้นการปรับปรุงฉนวนและเพิ่มฝ้าเพดานจึงกำหนดแนวความคิดที่จะเพิ่มความสูงระดับฝ้าเพดานเพื่อให้พื้นระดับหลังเครื่องจ่ายลมเย็นโดยทั่วไป แต่ในบางตำแหน่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ก็จำเป็นต้องต่อท่อลมกลับโดยติดตั้งหน้ากากระบายลมกลับไว้ระดับฝ้าเพดานพร้อมกับต้องทำช่องเปิดในขนาดที่สามารถเข้าไปซ่อมบำรุงเครื่องจ่ายลมเย็นได้

ในส่วนท่อจ่ายลมเย็น โดยทั่วไปไม่ส่งผลกระทบต่อติดตั้งฉนวนและฝ้าเพดานมากนักเนื่องจากระดับหน้ากากระบายลมเย็นโดยทั่วไปอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าระดับฝ้าเพดานและฉนวนยกเว้นท่อจ่ายลมเย็นในช่วงใกล้เครื่องจ่ายลมเย็นที่ต้องซ่อนอยู่เหนือฝ้าเพดาน



ภาพที่ 5.7 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์จ่ายลมเย็นก่อนมีฝ้าเพดาน



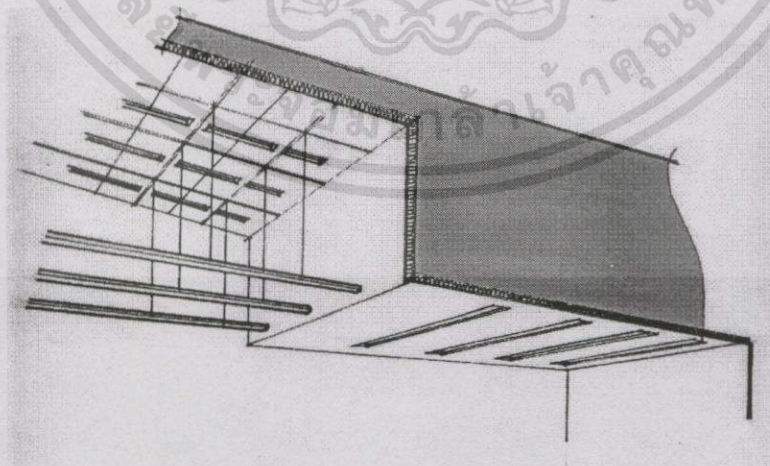
ภาพที่ 5.8 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์จ่ายลมเย็นหลังติดตั้งฝ้าเพดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบไฟฟ้า แสงสว่าง ดูเหมือนจะเป็นระบบเดียวที่อยู่ต่ำที่สุด เหนือพื้นที่ใช้งานประมาณ 3.50 เมตร ดังนั้นหากจะติดตั้งฝ้าหรือฉนวนระดับไฟฟ้าแสงสว่างจะเป็นระบบเดียวที่ไม่มีผลกระทบต่อมากนักและยังเป็นข้อดีเนื่องจากฝ้าจะเป็นฉากช่วยสะท้อนแสงที่กระเจิงอยู่บริเวณโดยรอบ ให้กลับสู่พื้นที่ใช้งานพื้นที่ติดตั้งฝ้าส่วนใหญ่จะอยู่เหนือระดับโคมไฟ 1.50-2.00 เมตรยกเว้นในส่วนใต้เครื่องพ่นลมเย็นและบริเวณที่มีการออกแบบเพื่อลดระดับฝ้าซึ่งเป็นระดับต่ำสุดของฝ้า เพดานเพื่อความเรียบร้อยก็พิจารณาใช้โคมไฟแบบฝัง



ภาพที่ 5.9 แสดงระดับโคมไฟแสงสว่างและการติดตั้งดวงโคมก่อนปรับปรุงฝ้าเพดาน

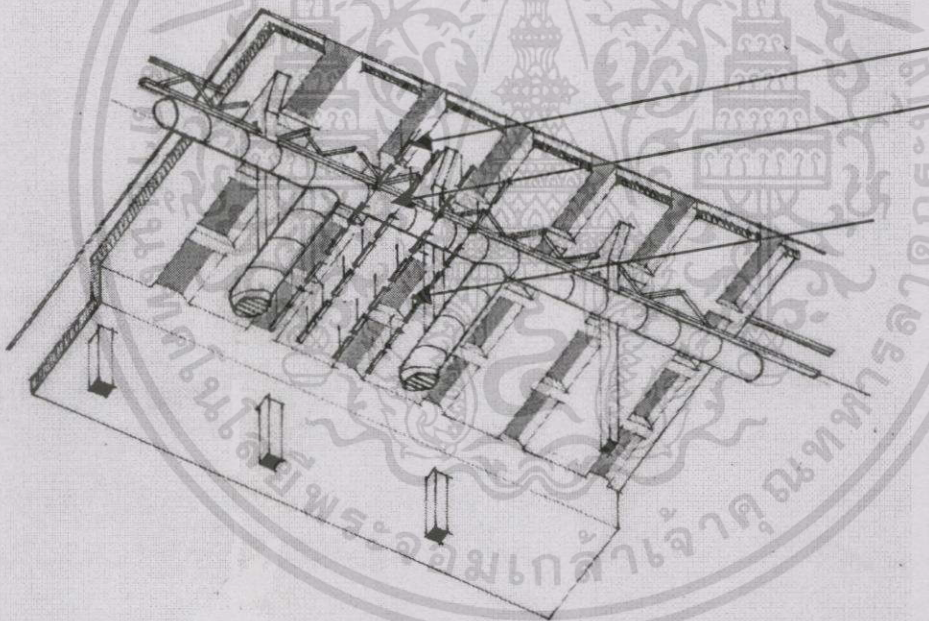


ภาพที่ 5.10 แสดงระดับโคมไฟแสงสว่างหลังปรับปรุงฝ้าเพดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบดับเพลิง ใช้ระบบโปรยน้ำฝอยเป็นระบบที่แก้ไขได้ยากที่สุดเนื่องจากระดับหัวฉีดโปรยน้ำฝอยถูกติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่สูงหากมีการติดตั้งฝ้า ระบบน้ำฝอยจะเป็นระบบที่จำเป็นต้องมีการตัดต่อท่อเพื่อลดระดับลงใต้ฝ้าเพดานเนื่องจากหัวฉีดน้ำดับเพลิงเป็นชนิดหัวตั้ง (up right) ซึ่งเป็นลักษณะหัวฉีดที่เหมาะสมกับอาคารที่ไม่มีฝ้าเพดาน แต่จะส่งผลกระทบต่อความสวยงามและเรียบร้อยของอาคารที่มีฝ้าเพดาน จึงควรเลือกวิธีเปลี่ยนหัวฉีดเป็นชนิด หัวห้อยลง (Down right) เพื่อประสิทธิภาพและความเรียบร้อยของงาน

ระบบเสียง จะกระจายแขนไว้ใต้โครงสร้างหลังคาโดยทั่วไปไม่มีอุปสรรคมากนักในการปรับระดับ ทั้งนี้เนื่องจากฐานของลำโพงที่ใช้งานในปัจจุบันสามารถติดตั้งได้กับฝ้าเพดานและมีลวดปรับระดับที่ยาวมากกว่าระดับฝ้าเพดานจึงสามารถรองรับการเพิ่มฉนวนและฝ้าเพดานได้



ระบบดับเพลิง
ระบบปรับอากาศ
ระบบไฟฟ้าแสง
สว่าง

ภาพที่ 5.11 แสดงการเรียงลำดับชั้นวิศวกรรมระบบหลังปรับปรุงฝ้าเพดาน

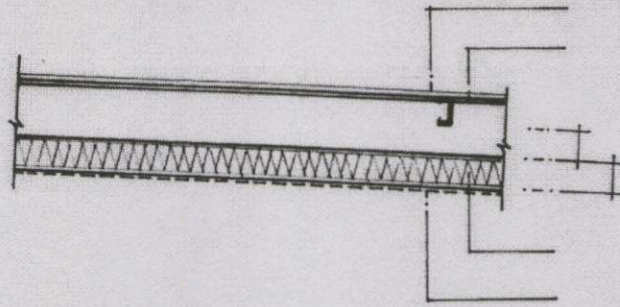
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การออกแบบระบบฉนวน

เนื่องจากอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทราเป็นอาคารที่สร้างเสร็จแล้วจึงมีข้อจำกัดในเรื่องการเพิ่มน้ำหนักให้แก่โครงสร้างหลังคา ซึ่งเป็นโครงถักที่สามารถรับน้ำหนักแบบแผ่กระจายได้ แต่ควรหลีกเลี่ยงน้ำหนักแบบเฉพาะจุด เมื่อพิจารณาจากข้อจำกัดและแนวความคิดในการออกแบบช่องว่างอากาศ จึงออกแบบระบบรองรับฉนวนโดยฝ้ายิปซัมบอร์ดโครงเคร่าที่บาร์ และ ชนิดฉาบเรียบ เป็นวัสดุฐานในการรองรับยึดแขวนกับโครงหลังคาด้วยลวด ซึ่งมีสลักปรับความสั้นยาวได้เพื่อตั้งระดับฝ้าได้สะดวกทั้งในขณะติดตั้งและเมื่อใช้งานไปแล้วโครงเคร่าดังกล่าว ต้องมีความแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักช่างที่ทำการพ่นฉนวนใยธรรมชาติเหนือฝ้าเพดานและขึ้นไปซ่อมอุปกรณ์ที่อยู่เหนือฝ้า

ในการติดตั้งฉนวนความร้อนสำหรับอาคารกรณีศึกษา สามารถแยกการพิจารณาได้สองส่วนตามลักษณะการติดตั้งฝ้าเพดานคือ ฝ้าเพดานฉาบเรียบ และ ฝ้าโครงเคร่าที่บาร์จากการวิเคราะห์สรุปได้ว่าฉนวนที่เหมาะสมสำหรับศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทราได้แก่ฉนวนใยธรรมชาติซึ่ง

การติดตั้งฉนวนในลักษณะเหนือฝ้า และใช้ใยธรรมชาติชนิดฉัดพันเป็นฉนวนที่ถูกนำมาใช้ในการลดการนำและพาความร้อนควบคู่ไปกับการใช้ ฉนวนอลูมิเนียมฟลอย์เพื่อลดการแผ่รังสีวัสดุใยธรรมชาติที่นำมาผลิตเป็นฉนวนในประเทศไทยโดยทั่วไปคือ การนำเยื่อกระดาษมาใช้แล้วผสมด้วยเรซินและกาวฉัดพันบนแผ่นฝ้าเพดาน ลักษณะของฉนวนชนิดนี้ที่มีขายตามท้องตลาดโดยทั่วไป จะอยู่ในลักษณะฉนวนฉัดพันหรือรูปแผ่นยึดติดกับแผ่นฝ้าเพดานชนิดที่บาร์ซึ่งสอดคล้องกับการนำมาประยุกต์ใช้งานกับศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา ในส่วนเก็บเงินและแผนกสินค้าสดที่มีการใช้ฝ้าฉาบเรียบสามารถเลือกใช้ ฉนวนใยธรรมชาติ ชนิดฉัดพัน พ่นเหนือฝ้าเพดานได้สะดวกเนื่องจากมีพื้นที่ทำงานเหนือฝ้าเพดานเพียงพอต่อการขึ้นไปพ่น ซึ่งตรงข้ามกับส่วนอื่นที่มีพื้นที่สำหรับการทำงานเพียง 0.50 เมตรเหนือฝ้าเพดานดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่สำคัญ ในการเลือกวัสดุฝ้าเพดานเป็นฝ้าที่บาร์ เนื่องจากสามารถถอดฝ้ามาพ่นฉนวนและใส่กลับที่เดิมได้โดยไม่เสียหายตลอดจนฝ้าที่บาร์จะเอื้ออำนวยต่อการซ่อมแซมบำรุงรักษาวิศวกรรมระบบต่างๆที่อยู่เหนือฝ้าเพดานจากการทำงานเบื้องล่างของแผ่นฝ้าได้โดยง่าย



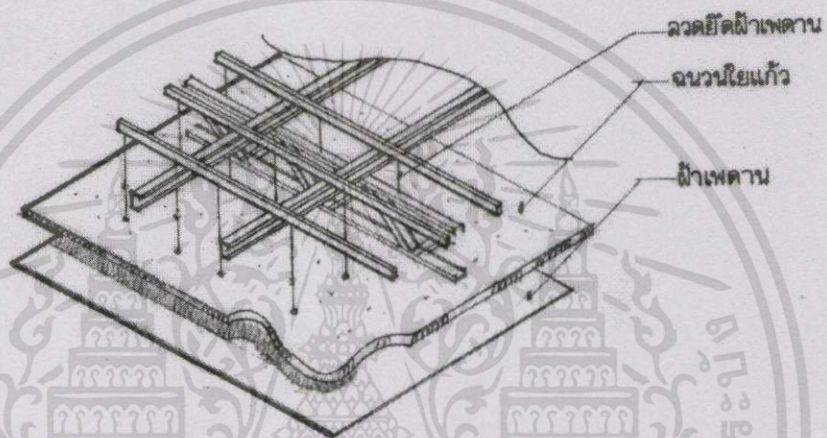
หลังคาเหล็ก 0.0058

อลูมิเนียมพอยล์

ฉนวนใยธรรมชาติชนิด

ฉีดพ่นหนา 4 นิ้ว

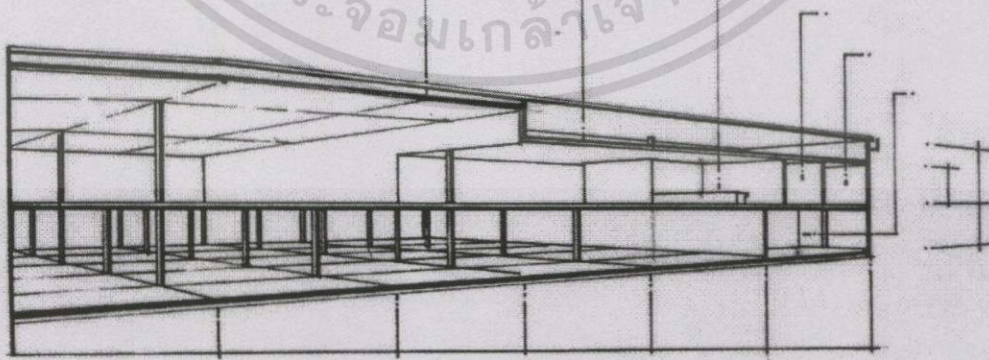
ภาพที่ 5.12 แสดงลำดับชั้นของวัสดุฉนวน



ภาพที่ 5.13 แสดงการติดตั้งฉนวนใยธรรมชาติกับฝ้าเพดาน

บริเวณที่ติดตั้งฉนวนใยธรรมชาติชนิดแผ่น

บริเวณที่ติดตั้งฉนวนใยธรรมชาติชนิดฉีดพ่น



ภาพที่ 5.14 แสดงลักษณะการลดระดับฉนวนในส่วนพื้นที่ชาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจากการพัฒนาแบบเพื่อหาช่องว่างอากาศใต้หลังคาที่เหมาะสมก็จะสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงปริมาณอากาศใต้หลังคาและเนื้อพื้นที่ใช้งานหลังปรับปรุง

ข้อพิจารณา	พื้นที่ ลบม..
ปริมาตรอากาศพื้นที่ชายก่อนปรับปรุงช่องว่างอากาศ	69870
ปริมาตรอากาศพื้นที่ชายหลังปรับปรุงช่องว่างอากาศ	55207



ภาพที่ 5.15 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอากาศเนื้อพื้นที่ใช้งาน

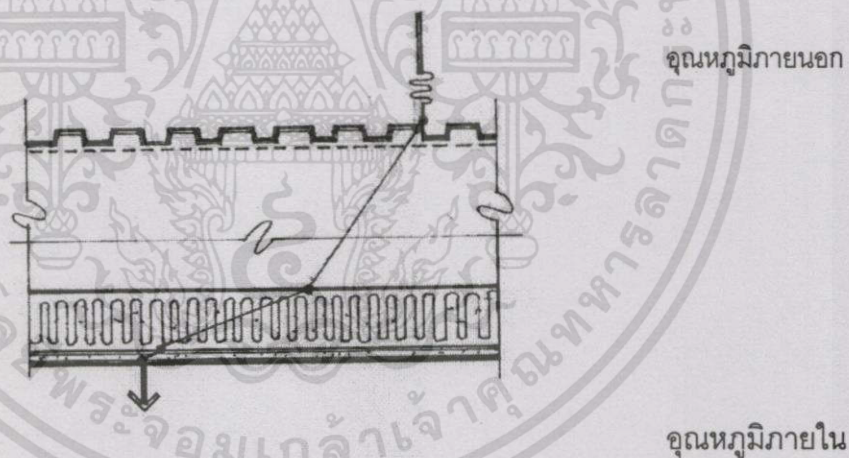
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 แสดงความต้านทานความร้อนในหลังคา

หลังคาอลูมิเนียมกรงฉนวน

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	หนา	สัมประสิทธิ์การนำ ความร้อน K	ความต้านทานความร้อน	
				R	R/RTXAT
1	ฟิล์มอากาศภายนอก			0.162	0.21
2	เหล็กเคลือบอลูมิเนียม	0.0053	211	0	0
3	ฟิล์มอากาศภายในฝ้า	0.50		1.356	1.78
4	อลูมิเนียมฟลอยด์			0	0
5	ฉนวนใยธรรมชาติ	0.10	0.045	2.22	2.9
6	ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด	0.012	0.19	0.065	0.085
รวม (RT)				3.803	T = 5 C°

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3.803} = 0.263 \text{ วัตต์/ตารางเมตร/}^{\circ}\text{C}$$



ภาพที่ 5.16 การเรียงจุดหนี้อากาศหลังคาที่ได้รับการปรับปรุงระบบฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การออกแบบระบบระบายอากาศ

จากการคำนวณการส่งผ่านพลังงานจากหลังคา ช่องว่างอากาศพบว่าในเดือนเมษายนในเวลา 14.00 นาฬิกาจะเป็นช่วงเวลาที่ระบบปรับอากาศรับภาระสูงสุดเนื่องจากการส่งผ่านความร้อนเกิดขึ้นสูง และผ่านวัสดุหลังคาและกรอบอาคารสู่พื้นที่ใช้งานช่องว่างอากาศใต้หลังคา จะมีบทบาทในการลดการนำและพาความร้อนก่อนที่จะถ่ายเทลงสู่ฝ้าและพื้นที่ใช้งาน

การระบายอากาศใต้ฝ้าเพดานจึงเป็นเรื่องที่สำคัญจากการวิเคราะห์พบว่าหากระบายอากาศใต้ฝ้าโดยไม่ใช้ระบบฉนวนจะใช้ พัดลม เทอไบย ขนาด 14 นิ้วจำนวน 228 ลูก จะสามารถเปลี่ยนอากาศใต้ฝ้าสองครั้งต่อชั่วโมงเพื่อลดการนำและพาความร้อน โดยในความเป็นจริงการใช้ระบบระบายอากาศจำนวนมากดังกล่าวไม่ส่งผลดีทั้งในเรื่องการรั่วซึม ความเรียบร้อยตลอดจนความสิ้นเปลือง ที่ถูกต้องคือต้องใช้การระบายอากาศควบคู่กับการใช้ระบบฉนวน และเนื่องจากการทำงานควบคู่กับระบบฉนวนที่จะหน่วงการนำความร้อนจะส่งผลให้ลดอัตราการระบายอากาศต่อชั่วโมงของอากาศใต้หลังคาอาคารประเภทศูนย์รวมสินค้าคงเหลือเพียงหนึ่งครั้งต่อชั่วโมง จึงสามารถคำนวณหาจำนวนพัดลมระบายอากาศขนาด 14 นิ้วได้ดังนี้

อัตราการเปลี่ยนอากาศหนึ่งครั้งต่อชั่วโมง

$$Q = 1,300 * V * \text{ความแตกต่างอุณหภูมิภายในกับภายนอก}$$

$$Q = 1,300 * (1 * 18062 * 16) / 3,600$$

$$= 1,300 * 5 * 16$$

$$Q = 104,000 \text{ Cfm.}$$

$$\text{สมการ } \text{Cfm} = \text{fpm} * A$$

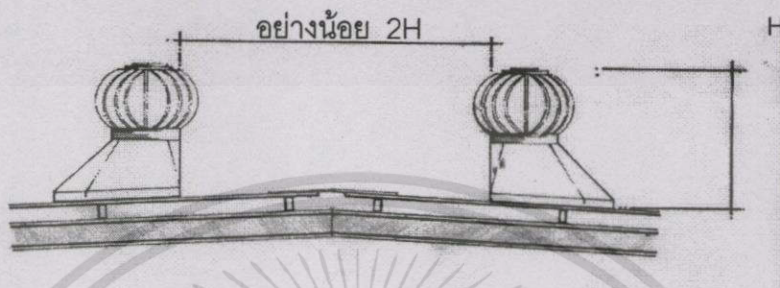
$$104,000 = 1,595 * A$$

$$A = 65$$

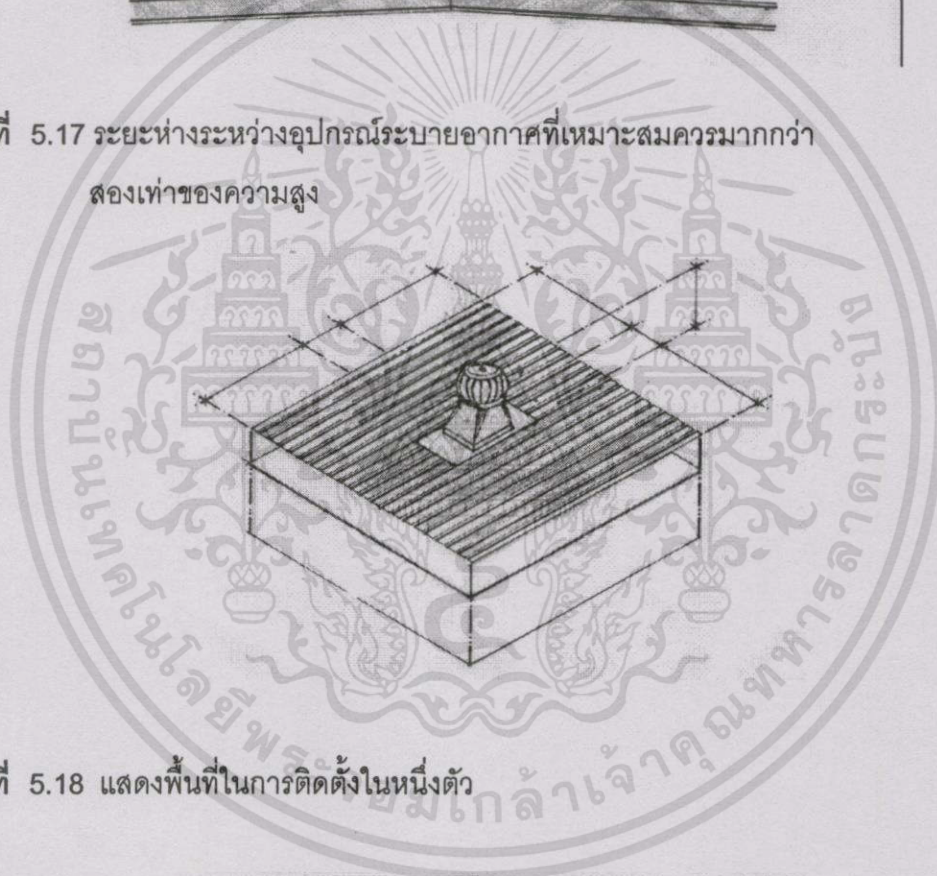
เพราะฉะนั้นต้องใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 14 นิ้ว จำนวน 65 ลูกเพื่อระบายอากาศปริมาตร 18,062 ลบม. ออกจากช่องว่างอากาศใต้หลังคาในอัตราแลกเปลี่ยนอากาศหนึ่งครั้งในหนึ่งชั่วโมงซึ่ง ดังจะสังเกตได้ว่าการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติสามารถลดความร้อนโดยการนำและพาผ่านช่องว่างอากาศได้แต่การลดความร้อนที่เกิดจากการเปล่งพลังงานของวัสดุยังคงต้องใช้ฉนวนอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

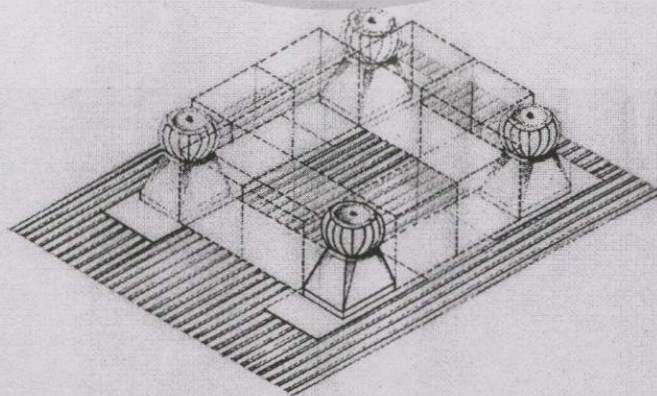
จากการวิเคราะห์พบว่าการจัดวางอุปกรณ์ระบายอากาศใกล้หลังคาเป็นตำแหน่งที่ดีที่สุด ดังนั้นการปรับปรุงระบบระบายอากาศได้หลังคาศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทราจึงเลือกใช้การติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศในลักษณะ Single Unit โดยมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 2 เท่าของความสูงเพื่อให้ลมปะทะอุปกรณ์ระบายอากาศได้เต็มที่ และทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ



ภาพที่ 5.17 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ระบายอากาศที่เหมาะสมมากกว่าสองเท่าของความสูง

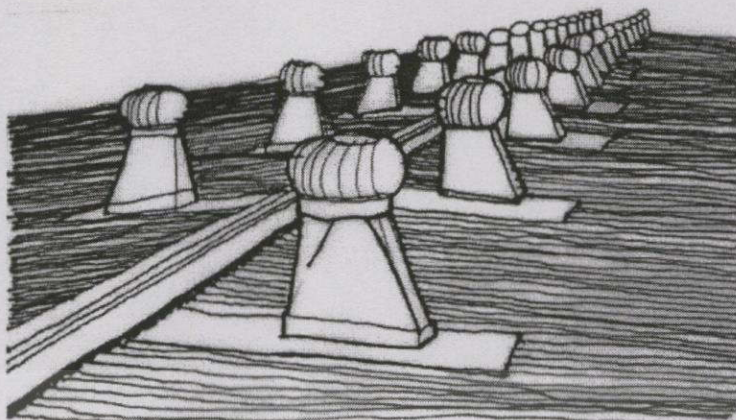


ภาพที่ 5.18 แสดงพื้นที่ในการติดตั้งในหนึ่งตัว

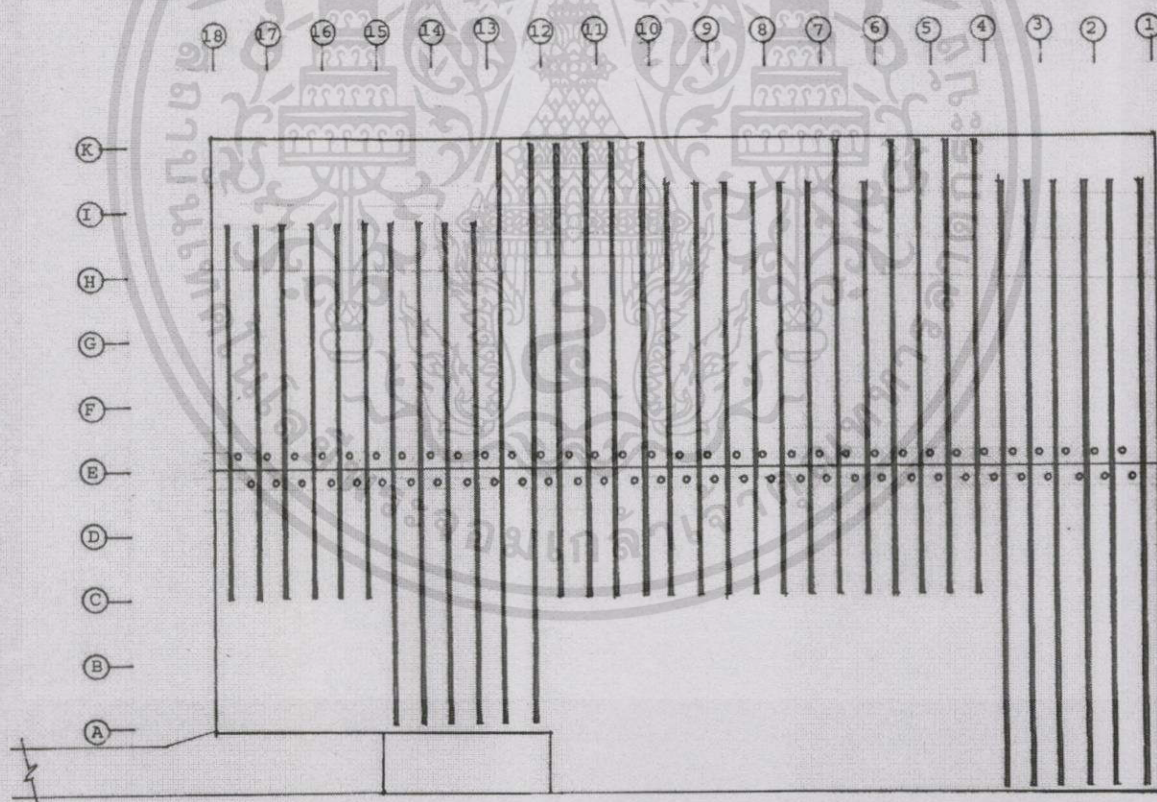


ภาพที่ 5.19 แสดงระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ระบายอากาศหลายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.20 แสดงการวางอุปกรณ์ระบายอากาศให้เชื่อมกันเพื่อประสิทธิภาพการระบายอากาศ



ภาพที่ 5.21 ผังหลังคาแสดงการจัดอุปกรณ์ระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การออกแบบระบบดักอากาศ

ช่องดักอากาศเข้าต้องสามารถรับลมได้มากเพื่อให้อากาศจากภายนอกที่อุณหภูมิต่ำกว่าสามารถเข้ามาระบายอากาศภายในได้หลังคาได้รวดเร็วทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับทิศทางและความเร็วลมด้วย

$$\text{อากาศที่ถูกระบายออก} = \text{อากาศใหม่ที่นำเข้า}$$

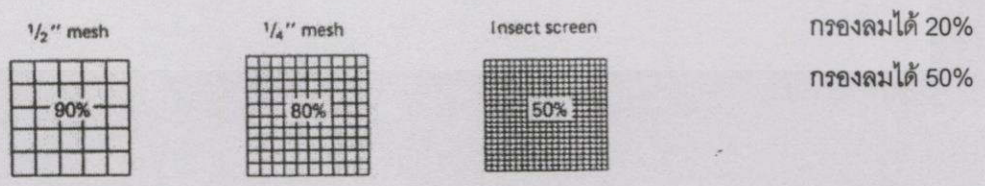
จากการออกแบบระบบระบายอากาศออกไว้ที่ $Q = 104,000 \text{ cfm}$. นั้นช่องดักอากาศเข้าต้องสามารถนำอากาศเข้าในปริมาณที่เท่ากันหรือมากกว่าเนื่องจากในช่วงเวลาที่กระแสลมภายนอกมีความเร็วลมมากกว่า 5 นีอติจะทำให้อุปกรณ์ระบายอากาศทำงานได้มากยิ่งขึ้น หากช่องนำอากาศเข้าไม่สามารถนำอากาศเข้าได้ทันทีอาจก่อให้เกิดเสียงดังขึ้นได้

การนำลมเข้าด้วยปริมาณ 104,000 Cfm. ที่ความเร็วลม 5 นีอติ (9,252 cfm.)

$$\begin{aligned} \text{Cfm} &= \text{Fpm} * \text{A} \\ 104,000 &= 9,252 * \text{a} \\ \text{Area} &= 11 \text{ Sqm.} \end{aligned}$$

ในการออกแบบช่องรับลม ขนาดพื้นที่รวม = 11 Sqm. นั้นมีความจำเป็นต้องกระจายช่องดักลมไปยังส่วนต่างๆ เพื่อให้ลมกระจายเข้าได้ทั่วได้ผืนหลังคาโดยอุปกรณ์ดักลมมีหลายรูปแบบด้วยกัน สำหรับศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์เลือกระบบ เทอไบย ซึ่งเป็นระบบระบายอากาศที่สูงและเป็นระบบที่เหมาะสมกับอาคารที่มีความเอียงลาดหลังคาต่ำ โดยช่องดักอากาศจะถูกวางไว้ตลอดแนวของสองข้างหลังคาเพื่อให้ดักลมได้ตลอดทั้งปี

ช่องเปิดโดยทั่วไปมักจะถูกปิดทับไว้ด้วยตาข่ายกันนกเพื่อมิให้นกสามารถผ่านเข้าไปอาศัยภายในช่องว่างอากาศได้หลังคาได้ตาข่ายมีหลายวัสดุและหลายขนาดให้เลือกใช้ทั้งลักษณะลวดหรือในลอนและขนาดความถี่ของตาข่ายที่มีความถี่มากจะสามารถให้ลมผ่านได้เพียง 50% ของช่องเปิดที่ลมสามารถเข้าได้ตามการคำนวณ ดังนั้นพื้นที่สิ่งกีดขวางเหล่านี้จะต้องถูกนำไปพิจารณาเมื่อออกแบบช่องเปิดเพื่อดักลม



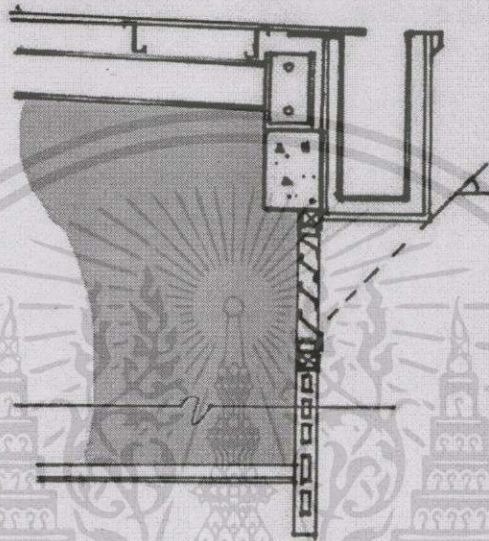
ภาพที่ 5. 22 แสดงขนาดความถี่ของตาข่าย 1/2 1/4 นิ้วที่มีผลต่อช่องเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

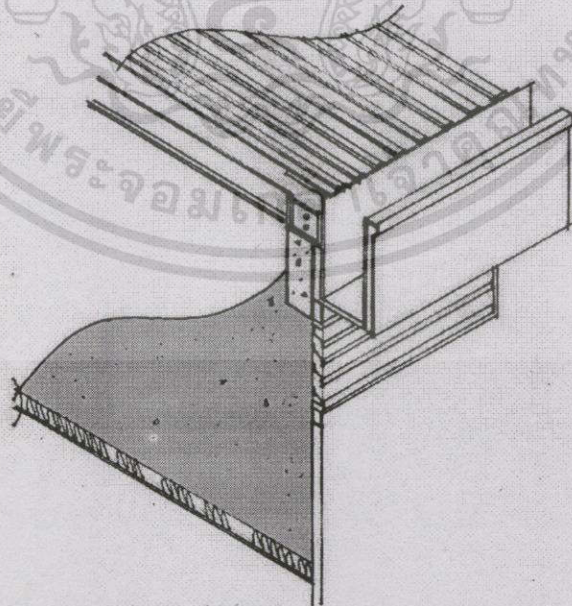
ดังนั้นจากขนาดช่องเปิดเพื่อการระบายลมขนาด 104,000 Cfm. โดยใช้ขนาดช่องเปิด 11 ตรม.
 นั้นหากใช้ตาข่ายไนลอนขนาด 1/4 นิ้ว พร้อมตะแกรงกันฝน

$$= 11 \times 2 = 22 \text{ ตรม.}$$

ดังนั้นต้องใช้พื้นที่ช่องเปิดที่ 22 ตรม.

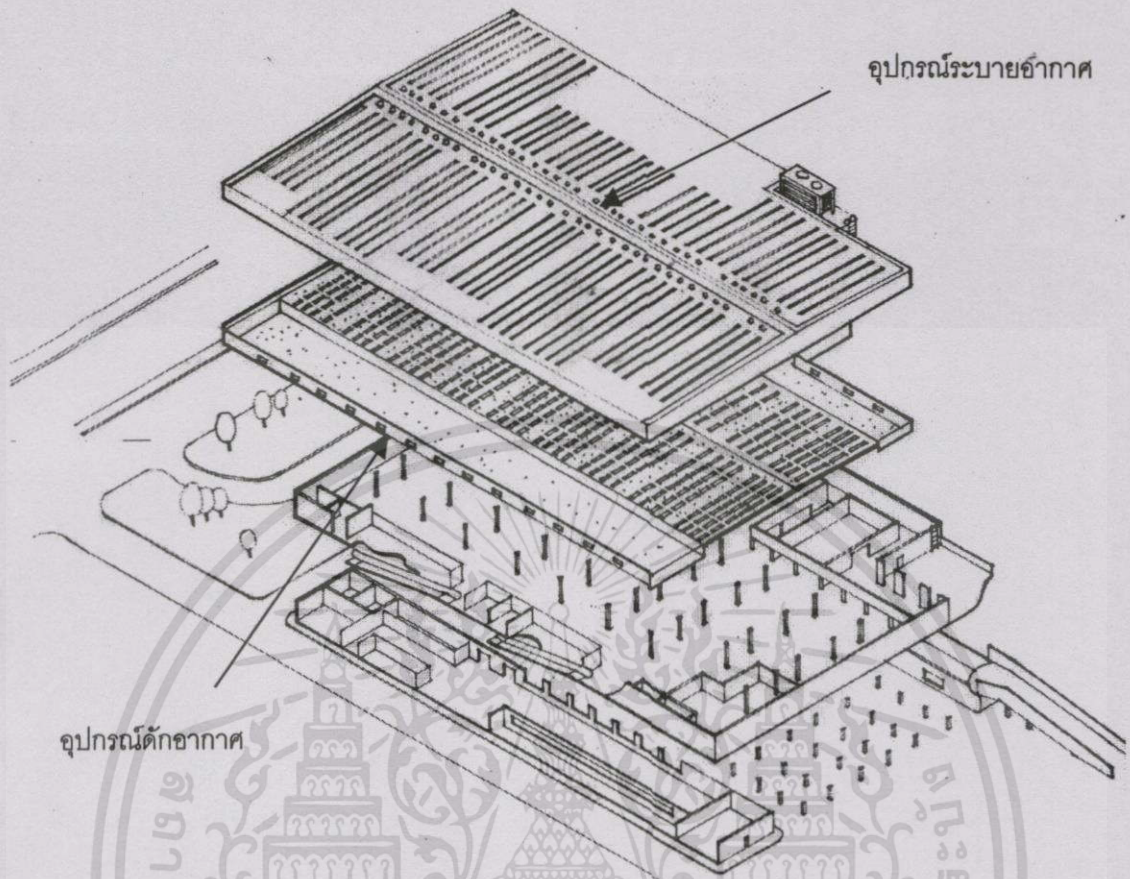


ภาพที่ 5.23 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ดักอากาศกับอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา



ภาพที่ 5.24 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ดักอากาศกับอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รามอินทรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.25 การติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศและอุปกรณ์ดักอากาศกับศูนย์รวมสินค้า
คาร์ฟูร์รามอินทรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การเปรียบเทียบการส่งผ่านพลังงานความร้อนหลังปรับปรุงหลังคา

เมื่อคำนึงถึงผลลัพธ์ในการประหยัดพลังงานเรามักจะมองไปยังผลประโยชน์ด้านตัวเลขทางการเงินจนในบางครั้งเราอาจลืมผลลัพธ์ทางประสิทธิภาพที่ได้รับเพิ่มขึ้นในด้านความสบายทางอุณหภูมิอันส่งผลต่อร่างกายและจิตใจของชีวิตมนุษย์โดยตรงนอกจากนี้ยังเป็นสัญญาณการเริ่มต้นแนวคิดที่จะลดการบริโภคพลังงานซึ่งแท้จริงแล้วก็คือการบริโภคผลผลิตจากธรรมชาติในรูปแบบต่างๆที่ที่สามารถหาทดแทนได้หรือหมดไปโดยสิ้นเชิง

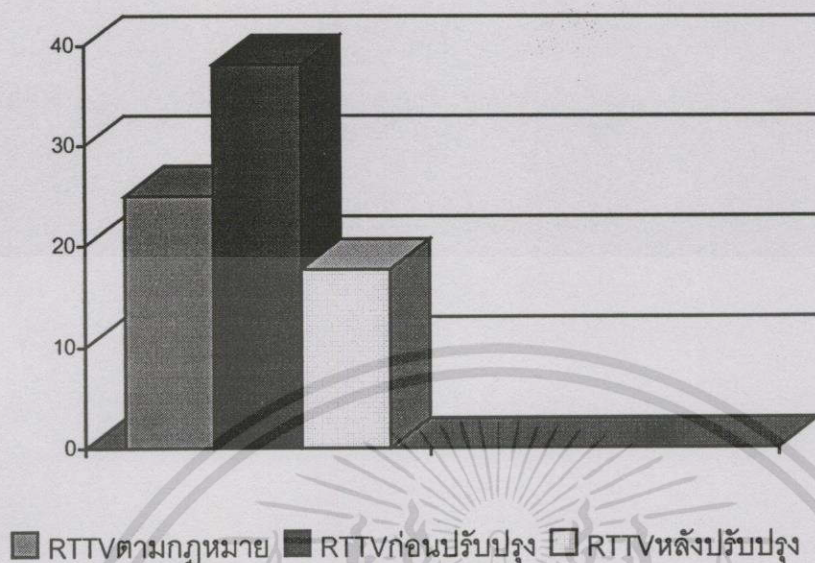
การปรับปรุงศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์มีวัตถุประสงค์หลักในการนำเสนอแนวคิดในการนำเสนอการปรับปรุงรูปแบบหลังคาที่เชื่อว่าจะให้ผลลัพธ์ทางตัวเลขที่นำพามาโดยความพอใจอยู่ที่ตัวเลขที่น้อยที่สุดจากค่า RTTV. 25 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นค่า OTTV. ที่สูงสุดตามมาตรฐานของกรมอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งก่อนปรับปรุงศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์รวมอินทรามีค่า RTTV. อยู่ถึง 38.12 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่าการเปล่งพลังงานของวัสดุอยู่ 450-500 วัตต์ต่อตารางเมตรที่ได้ผ่านฉนวนซึ่งเป็นสาเหตุหลักของภาวะการปรับอากาศและสามารถรู้สึกได้ถึง การเปล่งพลังงานสู่ภายในอาคารผู้ใช้อาคารจึงเกิดความรู้สึกไม่สบายทางอุณหภูมิดังนั้นจึงตั้งแนวคิดในการออกแบบที่จะลดการส่งผ่านพลังงานความร้อนและลดการเปล่งความร้อนจากวัสดุสู่ผู้ใช้อาคารโดยการเปลี่ยนฉนวนความร้อนจากระบบปิดเป็นฉนวนระบบเปิดที่มีการระบายอากาศจากช่องอากาศเหนือฝ้าเพดานและเปลี่ยนประเภทฉนวนให้เหมาะสมกับการใช้งานตามลักษณะระบบฉนวนที่เปลี่ยนไปนอกเหนือไปจากการออกแบบช่องดักอากาศและอุปกรณ์ระบายอากาศเพื่อประสิทธิภาพที่สูงของการเปลี่ยนอากาศเหนือฝ้าซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการลดการนำและพาความร้อน

ผลลัพธ์ทางตัวเลขการส่งผ่านความร้อนที่ทำได้หลังปรับปรุงหลังคา 17.67 วัตต์ต่อตารางเมตรลดลงจากค่ามาตรฐานของกรมอนุรักษ์พลังงาน เกือบ 1 เท่าและลดลงจากก่อนปรับปรุงหลังคาถึง 2 เท่านอกจากนี้ช่องว่างอากาศและฝ้าเพดานยังส่งผลโดยตรงต่อการลดการเปล่งพลังงานความร้อนสู่ผู้ใช้อาคาร

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคา

ข้อพิจารณา	ค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคา (วัตต์ต่อตารางเมตร)
RTTV.ตามกฎหมาย	25
RTTV. ก่อนปรับปรุง	38.12
RTTV .หลังปรับปรุง	17.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



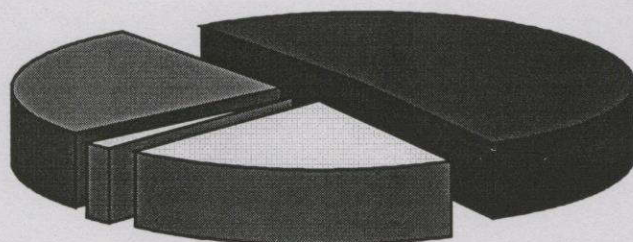
ภาพที่ 5.26 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคา

นอกจากการลดลงของค่าการส่งผ่านความร้อนสู่หลังคาแล้วสัดส่วนของค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านกรอบอาคารกับค่าการส่งผ่านความร้อนสู่หลังคายังมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันนับว่าเป็นสัญญาณที่ดีเนื่องจากโดยทั่วไปของอาคารประเภทคลังเก็บสินค้าค่า



ภาพที่ 5.27 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคาก่อนและหลังปรับปรุงระบบฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



■ หลังคาทึบ ■ หลังคาโปร่งแสง □ ผนังทึบ □ ผนังโปร่งแสง

ภาพที่ 5. 28 แสดงสัดส่วนการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านกรอบอาคารก่อนปรับปรุง



■ หลังคาทึบ ■ หลังคาโปร่งแสง □ ผนังทึบ □ ผนังโปร่งแสง

ภาพที่ 5. 29 แสดงสัดส่วนการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านกรอบอาคารหลังปรับปรุง

จากการปรับปรุงหลังคาโดยแก้ไขระบบฉนวนใหม่พบว่าสามารถลดค่าการส่งผ่านความร้อนในส่วนหลังคาได้ 18% จากเท่าที่จะกระทำได้ตามเหตุผลจากค่า RTTV. จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของอาคารกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การเปรียบเทียบภาวะการปรับอากาศ

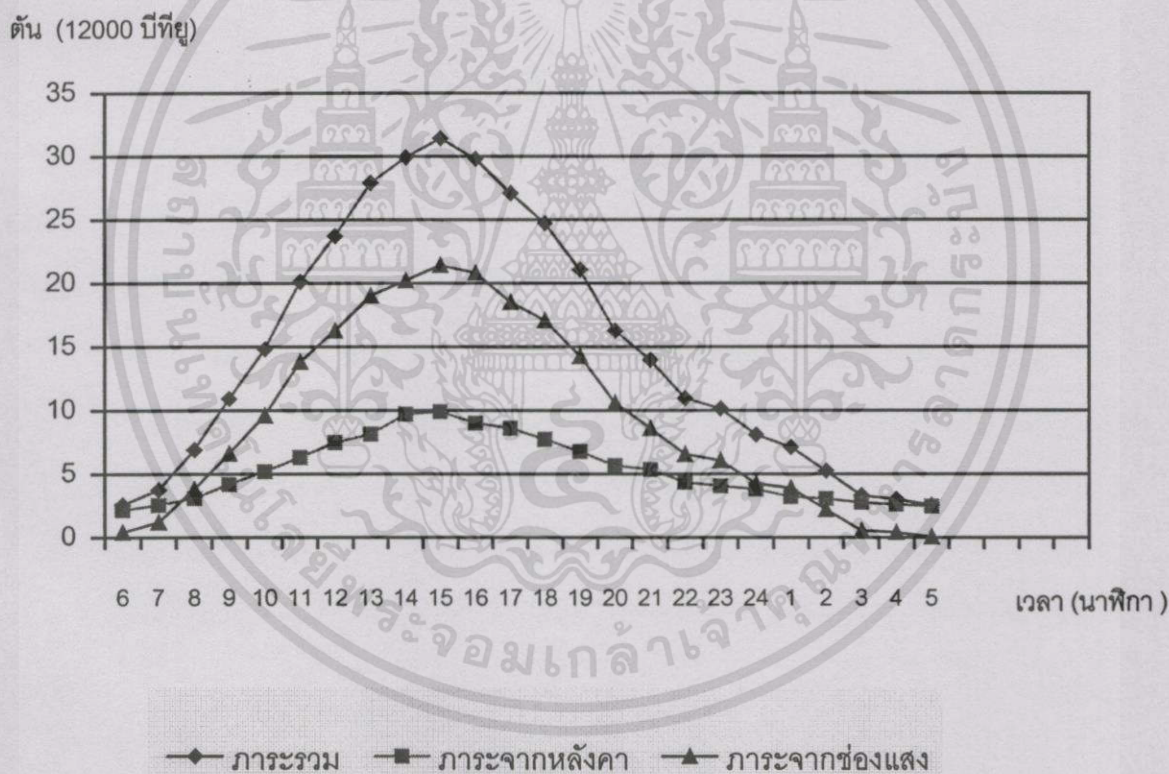
ตารางที่ 5.3 แสดงค่าเปรียบเทียบภาวะการปรับอากาศจากหลังคา

เวลา	ภาวะก่อนปรับปรุงหลังคา			ภาวะหลังปรับปรุงหลังคา		
	ภาวะจากหลังคา	ภาวะจากช่องแสง	ภาวะรวม	ภาวะจากหลังคา	ภาวะจากช่องแสง	ภาวะรวม
06.00	2.39	0.389	2.78	2.15	0.39	2.54
07.00	6.12	1.18	7.31	2.57	1.18	3.76
08.00	11.7	3.83	15.65	3.11	3.80	6.94
09.00	17.69	6.63	24.33	4.23	6.63	10.86
10.00	23.2	9.59	32.81	5.20	9.59	14.80
11.00	29.32	13.77	43.09	6.32	13.77	20.09
12.00	34.23	16.23	50.47	7.47	16.23	23.71
13.00	37.12	19.78	56.9	8.14	19.70	27.90
14.00	38.3	20.2	58.5	9.7	20.20	29.90
15.00	38.2	21.4	59.6	9.9	21.40	31.40
16.00	35.6	20.8	56.5	8.96	20.80	29.80
17.00	31.6	18.5	50.1	8.56	18.51	27.07
18.00	25.8	17.07	42.9	7.72	17.07	24.70
19.00	19.9	14.26	34.17	6.77	14.26	21.04
20.00	14.68	10.57	25.25	5.65	10.57	16.23
21.00	12.20	8.57	20.79	5.38	8.57	13.96
22.00	10.29	6.56	16.86	4.36	6.56	10.93
23.00	8.37	6.08	14.45	4.06	6.08	10.15
24.00	7.4	4.2	11.60	3.81	4.24	8.05
01.00	5.69	3.92	9.60	3.20	3.92	7.12
02.00	3.59	2.20	5.80	3.06	2.23	5.29
03.00	3.26	0.54	3.81	2.76	0.54	3.31
04.00	2.82	0.389	3.21	2.62	0.39	3.01
05.00	1.93	0.069	2.00	2.48	1.18	2.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

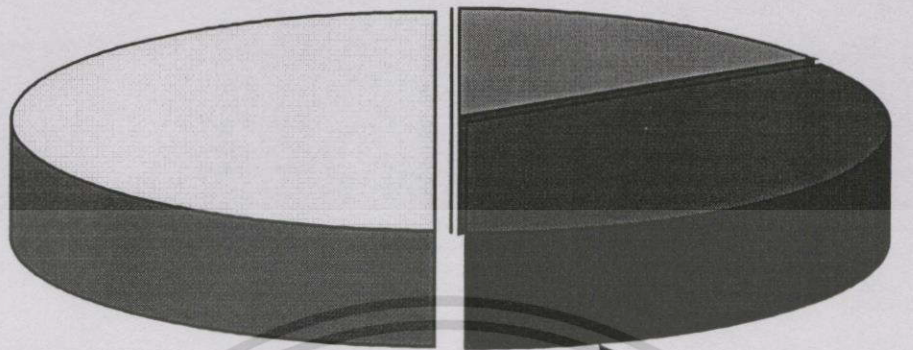
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่เพียงแต่การลดลงของค่า RTTV. เมื่อปรับปรุงหลังคาลงได้ 20.45 วัตต์ต่อตารางเมตรแต่ยังส่งผลต่อสัดส่วนค่า Rttv.สามารถลดค่าภาระการปรับอากาศจากที่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 60 ตันต่อชั่วโมงเพื่อลดปริมาณพลังงานความร้อนที่ส่งผ่านหลังคาจำนวน 626,253 วัตต์ต่อ 13,600 ตารางเมตรในช่วงเวลา 15.00 น.คงเหลือเพียง การใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 31.4 ตันเพื่อรับภาระพลังงานความร้อนจากหลังคาที่ลดลงเหลือ 1,639,70.7 วัตต์ต่อ 13,600 ตารางเมตร จากค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศที่ 27 บีทียูต่อชั่วโมง ต่อตารางเมตรที่ความสูงฝ้าประมาณ 3.50 เมตร เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนสาเหตุหลักในการส่งผ่านความร้อนก่อนปรับปรุงหลังคาจะเห็นได้ว่าสัดส่วนของการส่งผ่านความร้อนสู่อาคารมาจากช่องแสงรวมกับหลังคามีสัดส่วนที่มากถึง 78 % ของการส่งผ่านความร้อนสู่กรอบอาคารในอาคารศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์และเมื่อปรับแก้ไขระบบจนแล้วจะเห็นได้อย่างชัดเจน



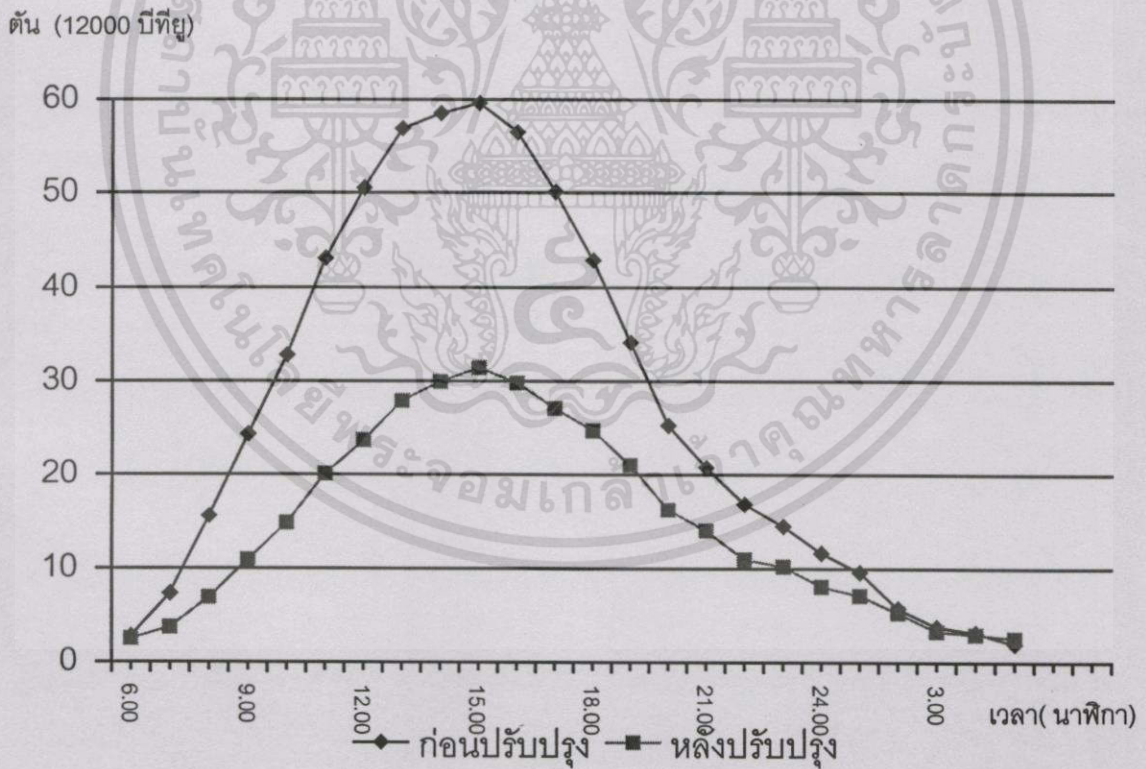
ภาพที่ 5. 33 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาวะจากช่องแสง

ภาพที่ 5.34 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคา



ภาพที่ 5.35 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อนผ่านหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุปและเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าศูนย์รวมสินค้าคาร์ฟูร์มีปัญหาลักมาจากภาวะการปรับอากาศที่มากกว่าปรกติเนื่องจาก ขนาดหลังคาที่ใหญ่และองศาที่ลาดชันซึ่งทำมุมเกือบตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ ตลอดวันส่งผลต่อสัดส่วนของความร้อนส่วนใหญ่ที่กระทำต่ออาคารถูกส่งผ่านมาจากหลังคา และทำให้ระบบฉนวนที่ใช้งานอยู่ไม่สามารถต้านทานและหน่วงความร้อนได้อย่างสมบูรณ์ โดยจากการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานจะพบว่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนหนึ่ง สามารถผ่านฉนวนแผ่นคลื่นความร้อนลงสู่พื้นที่ใช้งาน เนื่องจากฉนวนที่ใช้เป็นฉนวนระบบปิดจึงไม่มีช่องว่างอากาศที่จะหน่วงการนำและพาความร้อน ปริมาตรของอากาศภายในก็เป็นอีกหนึ่งปัญหาที่สำคัญเนื่องมาจากการใช้งานของพื้นที่ในแนวตั้งซึ่งไม่ต้องการใช้งานในแนวตั้งมากนัก ดังนั้น ความสูงและปริมาตรอากาศที่คงเหลือจึงตกเป็นภาระต่อการปรับอากาศ

จากการศึกษาด้านทฤษฎีพบว่าการนำระบบช่องว่างอากาศได้หลังคาเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ปัญหาการส่งผ่านพลังงานความร้อนสู่พื้นที่ใช้งานร่วมกับระบบฉนวน จะเป็นระบบที่สามารถลดการพาการนำและการแผ่รังสีความร้อน ได้สมบูรณ์กว่าการใช้ระบบฉนวนเพียงอย่างเดียวโดยเฉพาะในอาคารที่มีการปรับอากาศ และในหลายทฤษฎีได้ให้ความสำคัญในการระบายอากาศจากช่องว่างอากาศได้หลังคา โดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นประเด็นในการเคลื่อนที่ของอากาศ

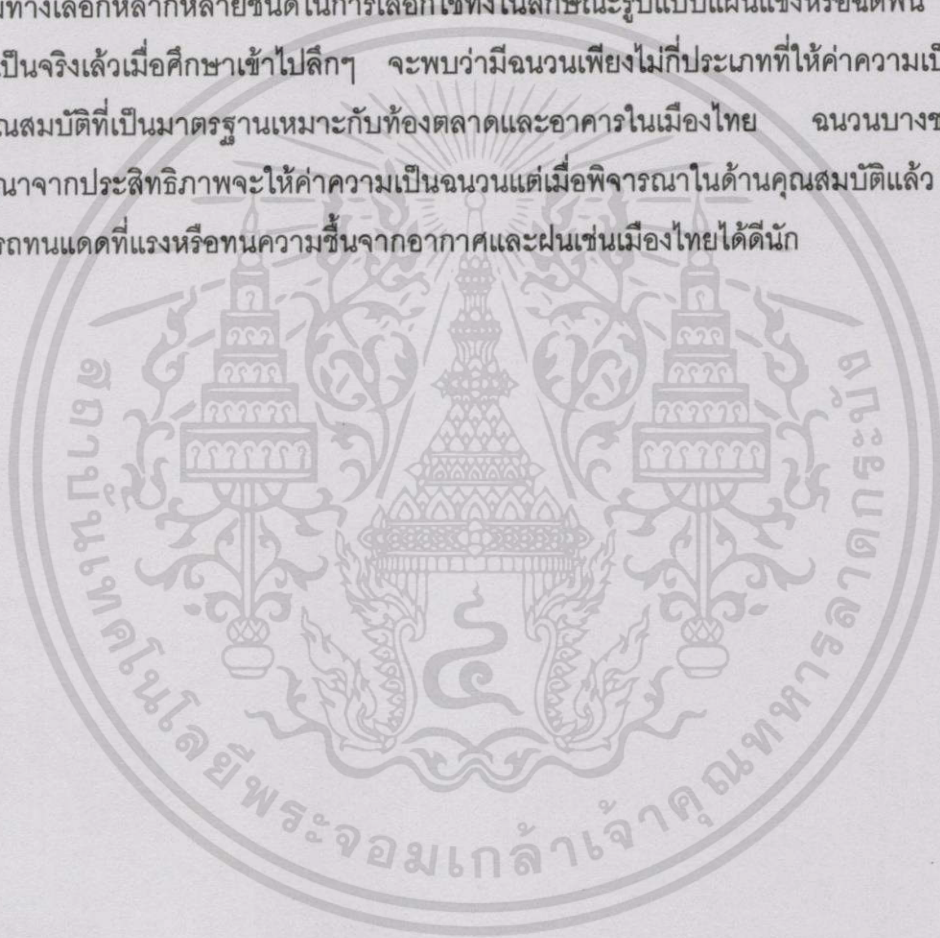
จากการวิเคราะห์จึงกำหนดการแก้ปัญหาโดยการแก้ที่ระบบฉนวน ร่วมกับการออกแบบช่องว่างอากาศได้หลังคา โดยมุ่งที่จะลดการส่งผ่านความร้อนโดยวิธีการเปลี่ยนและนำความร้อนผ่านวัสดุหลังคาซึ่งเป็นปัญหาลัก การพิจารณาเลือกวัสดุฉนวนที่เหมาะสม เปรียบเทียบจากการคำนวณค่าการต้านทานและหน่วงความร้อนของฉนวนแต่ละชนิด และพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติ เฉพาะของวัสดุฉนวนโดยเฉพาะในด้านการให้ควีนพิษ เมื่อเกิดเพลิงไหม้และการติดตั้งที่เอื้ออำนวยต่อการปรับปรุงและต่อเติม ผลจากการวิเคราะห์ได้เลือกฉนวนใยธรรมชาติเป็นวัสดุฉนวนหลักในการลดการนำและพาความร้อน ส่วนฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์ถูกเลือกใช้สำหรับการสะท้อนรังสีความร้อน วิธีการติดตั้งฉนวนได้เลือกการติดตั้งระบบเปิดโดยการพันและวางฉนวนในลักษณะเหนือฝ้าเพดาน และใช้ฝ้ายิปซัมบอร์ดทั้งแบบฉาบเรียบและ ที-บาร์ป็นฝ้าเพดานและวัสดุรองรับฉนวนรวมถึงการออกแบบช่องว่างอากาศได้หลังคาเป็นส่วนหนึ่งของระบบฉนวนที่สมบูรณ์ที่จะหน่วงการนำและการเปล่งความร้อน

ผลสรุปการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบฉนวนหลังปรับปรุงได้ผลลัพธ์ทางตัวเลขในการลดการส่งผ่านความร้อนผ่านกรอบหลังคาลงได้สองเท่า และสามารถลดภาวะการปรับอากาศลงได้มากกว่าเท่าตัว เมื่อเทียบกับตัวเลขก่อนการปรับปรุง และยังให้ผลดีในด้านการลดปริมาณ

อากาศภายในอาคารที่ไม่ถูกใช้งานแต่ต้องเป็นภาระการปรับอากาศรวมถึงผลข้างเคียงในการลดเสียงรบกวนที่ส่งผ่านมาจากหลังคาเหล็กเมื่อตอนฝนตก

จากการปรับปรุงประสิทธิภาพหลังคาได้นำเสนอการนำระบบพัดลมระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติที่เรียกว่า เทอไบยเวนทิลเลชัน มาติดตั้งเพื่อเร่งการระบายอากาศที่อยู่ใต้หลังคาซึ่งระบบนี้สามารถให้ประสิทธิภาพในการระบายอากาศได้ทั้งในขณะลมสงบและจะเพิ่มประสิทธิภาพขึ้นเมื่อมีลมมากระทำ สามารถลดเวลาในการลดอุณหภูมิของว่างอากาศใต้หลังคา

การพิจารณาปรับปรุงระบบฉนวนในครั้งนี้พบว่าทางเลือกของฉนวนในปัจจุบันที่ดูเหมือนว่าจะมีทางเลือกหลากหลายชนิดในการเลือกใช้ทั้งในลักษณะรูปแบบแผ่นแข็งหรือฉนวน แต่ในความเป็นจริงแล้วเมื่อศึกษาเข้าไปลึกๆ จะพบว่าฉนวนเพียงไม่กี่ประเภทที่ให้ค่าความเป็นฉนวนและคุณสมบัติที่เป็นมาตรฐานเหมาะกับท้องตลาดและอาคารในเมืองไทย ฉนวนบางชนิดเมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพจะให้ค่าความเป็นฉนวนแต่เมื่อพิจารณาในด้านคุณสมบัติแล้ว ไม่สามารถทนแดดที่แรงหรือทนความชื้นจากอากาศและฝนเช่นเมืองไทยได้ดึ้นัก



บรรณานุกรม

1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สารศาสตร์สถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2541 .
2. ตระการ ก้าวกลิกรรม, นาวาอากาศตรี *คู่มือฉนวนความร้อน*. กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์ 2537.
3. ตรึงใจ บรูณสมภพ *การออกแบบสถาปัตยกรรมเขตร้อนในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ทำเนียบนายกรัฐมนตรี , 2515.
4. ตรึงใจ บรูณสมภพ *การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการประหยัดพลังงาน*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร . 2538 .
5. ธนาวุฒิ ขุนทอง *การปรับปรุงประสิทธิภาพของกรอบอาคารเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV.) และการใช้พลังงานในอาคารประเภทสำนักงาน*. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2538 .
5. พงศ์พันธ์ วรสุนทรโรสถ. *วัสดุก่อสร้างฉบับปรับปรุงและเพิ่มเติม*. กรุงเทพฯ : เอช-เอ็นการพิมพ์ , 2535
6. ไพศาล จันเตย *Climatic design in tropical housing and building* . เชียงใหม่ : คณะวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 2539 .
7. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ *โครงการตรวจวิเคราะห์การประหยัดพลังงานในอาคารธุรกิจ* . เชียงใหม่ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ , 2538 .
9. สุภาวดี รัตนมาศ *หลังคาในงานสถาปัตยกรรม* . กรุงเทพฯ : นุญบุคส์ , 2543 .
10. สุนทร บุญญาธิการ *เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า* กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . 2542 .
11. Daniels Klaus *The Technology Of Building* . Germany : Bauens , 1997
Miller ,M . E . *Building Control Systems* . Second Edition . New york : John Wiley And Sons, Inc . 1993 .
12. Pracht Klaus *Modern Oriels On Roof And Facades Planning And Design* . Newyork : Van nostrand Reinhold Company , 1990 .
13. Steve Hardy *Time-saver Detail For Roof Design* . New York : Mcgraw- Hill , 2000
14. Thai Gypsum Products Public Company Limited .*Energy Efficient Design Of Buildings In Thailand* . Bangkok : Thai Gypsum Products Public Company Limited , 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Conductance และ resistance of cavities

cavity	conductance R_c W/m ² degC	resistance $1/R_c$ m ² degC/W
Vertical: 3 mm wide	14.50	0.069
6 mm wide	8.74	0.114
13 mm wide	7.04	0.142
20 mm wide	6.63	0.151
25 mm wide	6.52	0.153
38 mm wide	6.52	0.153
Horizontal 76 mm: heat flow up	7.48	0.133
heat flow down	5.32	0.188
Values normally used in UK for: 50 mm cavity	5.67	0.176
50 mm cavity, with aluminium foil	2.84	0.352

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซับและเปล่งความร้อนที่ผิว

surface	absorbance for solar radiation	<i>a</i> and <i>e</i> 10 to 40 °C
Black, non-metallic	0.85-0.98	0.90-0.98
Red brick, stone, tile	0.65-0.80	0.85-0.95
Yellow and buff brick, stone	0.50-0.70	0.85-0.95
Cream brick, tile, plaster	0.30-0.50	0.40-0.60
Window glass	Transparent	0.90-0.95
Bright aluminium, gilt, bronze	0.30-0.50	0.40-0.60
Dull brass, aluminium, galvanised steel	0.40-0.65	0.20-0.30
Polished brass, copper	0.30-0.50	0.02-0.05
Polished aluminium, chromium	0.10-0.40	0.02-0.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

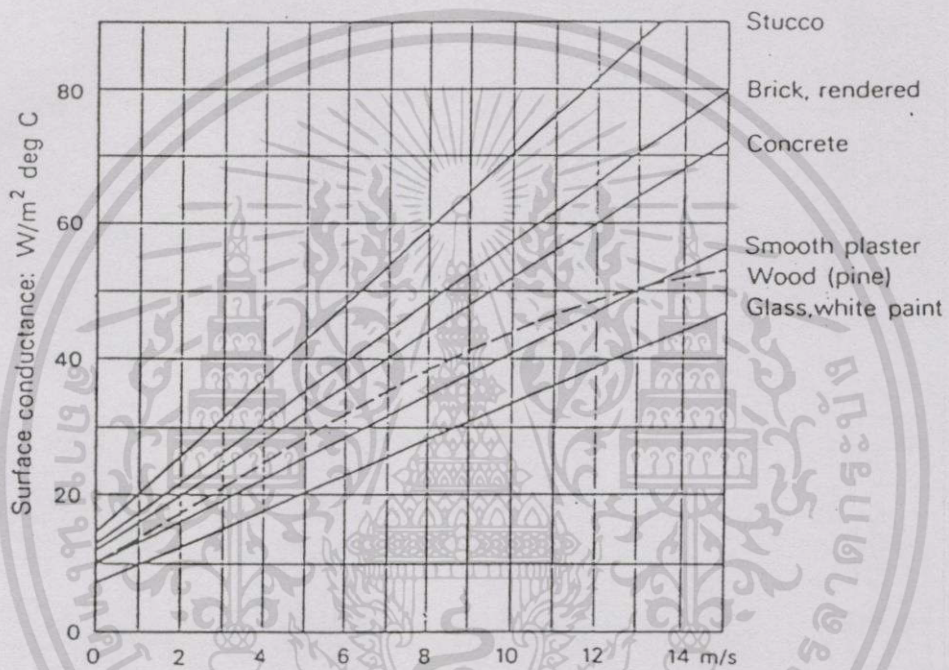
Time-lag/ ϕ - hours) และ decrement factor (μ) ของงานก่อสร้าง

thickness, mm	50		100		150		200		300	
	ϕ :h	μ	ϕ :h	μ	ϕ :h	μ	ϕ :h	μ	ϕ :h	μ
Concrete	1.3	0.67	3.0	0.45	4.4	0.30	6.1	0.20	9.2	0.09
Stabilised earth	—	—	2.4	0.48	4.0	0.34	5.2	0.24	8.1	0.12
Timber	2.5	0.48	5.4	0.23	8.3	0.11	—	—	—	—
Mineral wool	2.5	0.48	5.3	0.22	—	—	—	—	—	—

	ϕ :h	μ
Walls: Cavity wall, two skins of 100 mm dense concrete blocks, both faces with 15 mm cement render	10.0	0.073
Same but with hollow concrete blocks	10.8	0.056
Cavity wall, two skins of 100 mm hollow terracotta blocks, both faces with 15 mm cement render	8.7	0.100
Roofs: 100 mm reinforced concrete slab, bituminous asbestos felt finish, with 40 mm glass wool insulation <i>under</i> the slab	3.0	0.450
Same, but insulation on top of the concrete slab	11.8	0.046
240 mm hollow pot slab, underside rendered, 60 mm screed, bituminous asbestos felt membrane, 30 mm concrete paving slabs on 20 mm bedding	12.0	0.045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Surface conductances as a function of wind speed



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transmittance (U-value of some construction (in W/m² องศา C)

Type of construction		
<i>Walls</i>		
Brick: solid, unplastered	114 mm	3.64
plastered both sides	114 mm	3.24
solid, unplastered	228 mm	2.67
plastered both sides	228 mm	2.44
Concrete, ordinary, dense:	152 mm	3.58
	203 mm	3.18
Stone, medium, porous:	305 mm	2.84
	457 mm	2.27
Brick, 280 mm cavity, fletton outer skin, commons inner, inside plastered		1.70
Brick with insulating boards, plastered:		
25 mm corkboard		0.85
13 mm fibreboard		1.19
50 mm wood wool slab		0.85
Brick but 16 mm vermiculite plaster on inside		1.47
Brick but rigid boards on battens on inside:		
13 mm asbestos board		1.19
13 mm fibreboard		0.95
50 mm strawboard, plastered		0.74
Brick but inner skin lightweight concrete blocks:		
100 mm aerated concrete blocks		1.13
100 mm clinker concrete blocks		1.30
Concrete block, cavity, 250 mm (100 + 50 + 100), outside rendered, inside plastered:		
aerated concrete blocks		1.19
clinker concrete blocks		1.08
Hollow concrete block, 228 mm, single skin, outside rendered, inside plastered:		
aerated concrete blocks		1.70
clinker concrete blocks		1.59
Corrugated asbestos cement sheets on steel frame		6.53
+ 13 mm fibreboard		2.04
+ 50 mm straw or wood wool slab		1.19
+ 76 mm aerated concrete blocks		2.10
<i>Roofs, pitched</i>		
Corrugated asbestos cement sheets		7.95
+ 13 mm timber boarding		2.16
+ 50 mm straw or wood wool slab		1.25
+ 25 mm quilt on 13 mm boarding		0.85
Corrugated iron sheets or tiles on battens		8.52
+ plaster ceiling		3.18
Tiles or slates on boarding and felt with plaster ceiling		1.70
Aluminium deck, 13 mm fibreboard with two layers bituminous felt		2.16
Aluminium deck, 50 mm straw or wood wool slab		1.25
<i>Roofs, flat</i>		
Reinforced concrete slab, 100 mm, screed 63-12 mm, 3 layers bituminous felt		3.35
As above - with insulation on the screed:		
25 mm cork		1.08
50 mm straw or wood wool slab		1.13
two 12 mm fibreboards		1.25
As above - but lightweight screed (in lieu of normal):		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Type of construction		
127 mm to 76 mm aerated concrete		1-36
127 mm to 76 mm foamed slag concrete		1-47
Timber boarding, 25 mm on 178 mm joists with 3 layers bituminous felt, plaster ceiling		1-82
As above – with insulating slabs on boarding:		
25 mm cork		0-85
13 mm fibreboard		1-25
50 mm straw or wood wool slab		0-91
Floors		
Concrete on ground or hardcore fill		1-13
+ grano, terrazzo or tile finish		1-13
+ wood block finish		0-85
Timber board on joists, underfloor space ventilated on one side		1-70
+ parquet, lino or rubber finish		1-42
Timber board on joists, underfloor space ventilated on more sides		2-27
+ parquet, lino or rubber finish		1-98
+ 25 mm fibreboard under boarding		1-08
+ 25 mm corkboard under boarding		0-95
+ 25 mm corkboard under joists		0-79
+ 50 mm strawboard under joists		0-85
+ double sided aluminium foil, draped		1-42
Windows		
Exposure South, sheltered:	single glazing	3-97
	double glazing, 6 mm space	2-67
	double glazing, 20 mm space	2-32
South normal, West, Southwest, Southeast sheltered:		4-48
	single glazing	2-90
	double glazing, 6 mm space	2-50
	double glazing, 20 mm space	
South severe, West, Southwest, Southeast, normal or Northwest, North, Northeast, East sheltered:		5-00
	single glazing	3-06
	double glazing, 6 mm space	2-67
	double glazing, 20 mm space	
West, Southwest, Southeast severe, Northwest, North, Northeast, East normal:		5-67
	single glazing	3-29
	double glazing, 6 mm space	2-84
	double glazing, 20 mm space	
Exposure Northwest severe:	single glazing	6-47
	double glazing, 6 mm space	3-58
	double glazing, 20 mm space	3-00
Exposure North severe:	single glazing	7-38
	double glazing, 6 mm space	3-80
	double glazing, 20 mm space	3-18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Surface conductance และ resistances

surface	conductance f W/m ² degC	resistance $1/f$ m ² degC/W
<i>Internal surfaces (f_i):</i>		
Walls	8.12	0.123
Floor, ceiling, heat flow up	9.48	0.105
Floor, ceiling, heat flow down	6.70	0.149
Underside of roof	9.48	0.105
<i>External surfaces (f_o):</i>		
Walls, South facing:		
sheltered	7.78	0.128
normal	10.00	0.100
severe exposure	13.18	0.076
Walls, West, Southwest, Southeast facing		
sheltered	10.00	0.100
normal	13.18	0.076
severe exposure	18.90	0.053
Walls, Northwest facing:		
sheltered	13.18	0.076
normal	18.90	0.053
severe exposure	31.50	0.032
Walls, North, Northeast, East, facing:		
sheltered	13.18	0.076
normal	18.90	0.053
severe exposure	81.20	0.012
Roofs:		
sheltered	14.20	0.070
normal	22.70	0.044
severe exposure	56.70	0.018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

จเร สุวรรณชาติ เกิดเมื่อวันที่ 7 สิงหาคม 2512 ที่กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2534 สำเร็จการศึกษาจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2532 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างเทคนิค สถาปัตยกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตภาคใต้

พ.ศ. 2534 เริ่มทำงานในตำแหน่งผู้ช่วยสถาปนิก บริษัทซอร์แปลนจำกัด พ.ศ. 2536 เป็นลูกจ้างชั่วคราวตำแหน่งอาจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2538 เข้ารับราชการตำแหน่งอาจารย์ คณะวิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ จวบจนปัจจุบัน

