



ผลกระทบของการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุภายในอาคาร
ต่อการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ

อภินันท์นาถ
ห้องสมุดคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

รังสิมา กาญจนสมบัติ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

๖๗

๖๖๑๘๗

พ.ศ. 2541

๑๕ ๔๑

ISBN 974-661-734-6

๑.๑

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

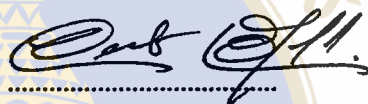
ผลกระทบของการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุภายในอาคาร

ต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ



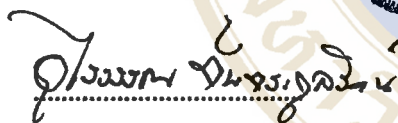
นางสาวรังสิมา กาญจนสมบัติ

ผู้วิจัย



ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรพินท์ เอี่ยมศิริ
Ph.D.(ปิโตรเคมี)

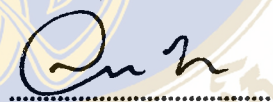
ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



อุไรวรรณ ตันตระกูลรัตน์

วทม. (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)

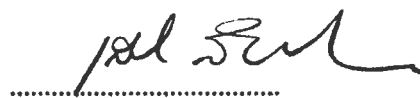
กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



รองศาสตราจารย์สุนทร บุญญาริการ

Ph.D.(สถาปัตย์ (เทคโนโลยี))

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

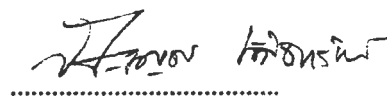


ศาสตราจารย์เลียงชัย ถัมถ้อยวงศ์,

Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย



ปิยกาญจน์ เทียธิทรัพย์

วทม. (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)

ประธานคณะกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

คนละสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลกระทบของการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุภายในอาคาร

ต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ

ได้รับการพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

วันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ. 2541



นางสาวรังสิมา กาญจนสมบัติ

ผู้วิจัย



ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรพินท์ เอี่ยมศิริ Ph.D.(ปิโตรเคมี)

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



รองศาสตราจารย์สุนทร บุญญาริการ

Ph.D.(สถาปัตย์ (เทคโนโลยี))

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ปราโมทย์ เอี่ยมศิริ วศบ.(ไฟฟ้ากำลัง)

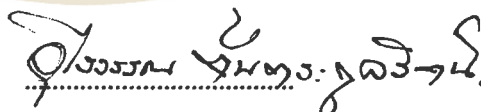
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ศาสตราจารย์เลียงชัย ลิมลอมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

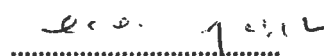
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล



อุไรวรรณ ตันตระกูลรัตน์

วทม.(เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดลอม)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



รองศาสตราจารย์รุ่งจรัส หุดะเจริญ วทบ.,

วทม.(เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดลอม)

คณบดี คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผศ.ดร.อรพินท์ เอี่ยมศิริ รศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ และอาจารย์อุไรวรรณ ตันตระกูลรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ความรู้และข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยมาโดยตลอด อีกทั้งให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดีอีกด้วย จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

กราบขอบพระคุณ ผอ.ปราโมทย์ เอี่ยมศิริ ที่กรุณาให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบ วิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำปรึกษา และคำแนะนำเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณสุภัทร สราญเลิศ คุณอุษณีย์ มั่งวิมล คุณเกษม ศิริรัตน์ช่วงศ์ และ คุณวุฒิพงศ์ น้อยหัวหาด ที่ช่วยให้คำแนะนำ และกรุณาช่วยตอบข้อซักถามเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาการวิจัย

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา เพื่อนๆ และพี่ๆ ทุกคนซึ่งสนับสนุน ด้านการเงิน แรงงาน คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

นางสาวรังสิมา กาญจนสมบัติ



3937287 ENAT/M:

: สาขาวิชา: เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร; วทม.
(เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร)

คำสำคัญ

: การดูดซับความร้อนของวัสดุ / การดูดซับความชื้นของวัสดุ / ภาระการ
ทำความเย็น / การปรับอากาศ

รังสีมา กาญจนสมบัติ: ผลกระทบของการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุภายในอาคารต่อ
ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ (THE EFFECTS OF THERMAL AND MOISTURE ABSORPTION
ON AIR-CONDITIONING LOAD). คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ผศ.ดร.อรพินท์ เอี่ยมศิริ Ph.D.(ปิโตร
เคมี), รศ.ดร.สุนทร บุญญธิการ Ph.D. (สถาปัตยกรรมศาสตร์), อุไรวรรณ ตันตระกูลรัตน์ วทม.(เทคโนโลยีการ
บริหารสิ่งแวดล้อม). 169 หน้า. ISBN 974-661-734-6

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุภายในอาคาร
ชนิดต่างๆ และประเมินผลกระทบต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ เพื่อนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้
ในการเลือกวัสดุภายในอาคารที่มีความเหมาะสมด้านการประหยัดพลังงานสำหรับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น เป็น
การวิจัยเชิงทดลอง โดยจำลองสภาพการใช้งานของวัสดุภายในห้องปรับอากาศ วัสดุตัวอย่างเป็นวัสดุที่ใช้ภายใน
อาคาร 10 ชนิด ได้แก่ แก้ว, กระจก, ไม้เนื้อแข็ง, ไม้เนื้ออ่อน, ยิปซัม, พรม, กระดาษ 2 ชนิด, เหล็ก และอิฐก่อ
ฉาบปูนที่มีขนาดใกล้เคียงกับการใช้งานจริง ทดสอบการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุ ประเมินภาระการ
ทำความเย็นต่อพื้นที่ของวัสดุ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์และ Linear Regression

ผลการวิจัยพบว่า วัสดุทุกชนิดมีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นใน
สัดส่วนที่แตกต่างกัน วัสดุที่มีมวลสารมากมีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนสูง แต่มีภาระ
การทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นต่ำ ขณะที่วัสดุที่มีมวลสารน้อยมีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการ
ดูดซับความชื้นสูงกว่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนมาก จากการวิจัยครั้งนี้วัสดุที่มีภาระ
การทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนสูงสุดได้แก่อิฐก่อฉาบปูน และวัสดุที่มีภาระการทำความเย็นเนื่อง
จากการดูดซับความชื้นสูงสุด ได้แก่ วัสดุประเภทกระดาษ หากเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นทั้ง 2 ส่วนจะพบ
ว่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นของวัสดุมีค่าสูงกว่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับ
ความร้อนมาก การเลือกวัสดุภายในห้องปรับอากาศจึงควรพิจารณาคุณสมบัติด้านการดูดซับความชื้นเป็นอันดับ
แรก การดูดซับและคายความร้อนและความชื้นของวัสดุจะเกิดขึ้นมากกว่า 50% ในช่วง 15-30 นาทีแรกของ
กระบวนการ จากผลการวิจัยดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า ควรเลือกวัสดุภายในอาคารที่มีการกักความชื้นและมี
มวลสารน้อย หรือวัสดุที่บางและเบา และการปิดเครื่องปรับอากาศแล้วเปิดประตู-หน้าต่างแม้เพียงระยะเวลาสั้นๆ
จะทำให้ลดภาระการทำความเย็นสูง ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ในแง่ของการประหยัดพลังงานในการปรับอากาศ



3937287 ENAT/M:

: MAJOR : APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR
RESOURCES DEVELOPMENT; M.Sc.
(APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCES
DEVELOPMENT)

KEY WORDS

: THERMAL ABSORPTION OF MATERIALS /
MOISTURE ABSORPTION OF MATERIALS /
COOLING LOAD / AIR-CONDITIONING

RANGSIMA KANJANASOMBAT : THE EFFECTS OF THERMAL AND
MOISTURE ABSORPTION ON AIR-CONDITIONING LOAD. THESIS
ADVISORS: AURAPIN EAMSIRI Ph.D.(PETROLIUM CHEMISTRY), SOONTORN
BOONYATIKARN Ph.D.(ARCHITECTURE), URAIWAN TONTRAKULRATH
M.Sc.(TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT) 169 p. ISBN 974-
661-734-6

The purposes of this research were to study thermal and moisture absorption of certain materials and to estimate the effects of thermal and moisture absorption on cooling load of air conditioners. The results was applied to select appropriate interior materials for hot and humid climates. This research was experimental research. The study was conducted by simulating the use of different materials in an air-conditioned room. The samples of this experiment were 10 kinds of interior materials. They were granite, ceramics, hardwood, softwood, gypsum, iron, 5 kinds of carpet, 50 gram paper, 80 gram paper and masonry (brick and plaster) of the same sizes that would exist in actual use. Quantity and rate of thermal and moisture absorption were measured for all materials. Cooling load was estimated on the basis of per area using mathematical equations and linear regression methods.

The results of this research showed that all materials had different proportions of cooling load from thermal and moisture absorption. Materials of greater mass had more cooling load from thermal absorption than from moisture absorption. Materials of lower mass had more cooling load from moisture absorption than from thermal absorption. From this research, masonry had the highest cooling load from thermal absorption, approximately 176 Btu per square meter, while 2 kinds of papers had the highest cooling load from moisture absorption, approximately 276 and 254 Btu per square meter. To compare the 2 parts of cooling load, cooling load from moisture absorption was greater than cooling load from thermal absorption. More over 50% of thermal and moisture absorption and emission appeared during the first 15-30 minutes of absorption and emission process. From these results, materials used in air-conditioned rooms should be moisture insulator and low mass materials (thin and light materials). If air-conditioners are turned off and doors and windows are opened for short periods of time, cooling load increases.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
สารบัญแผนภูมิ.....	ด
บทที่ 1	
บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	4
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	5
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2	
ทบทวนวรรณกรรม	7
2.1 วัสดุภายในอาคาร.....	8
2.2 การปรับอากาศ.....	17
2.2.1 ความหมายของการปรับอากาศ.....	17
2.2.2 เครื่องปรับอากาศ.....	18
2.2.3 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ.....	18
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการปรับอากาศ.....	19
2.3.1 ภาระการทำความเย็น.....	19
2.3.2 ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ.....	21
2.3.3 การใช้งานเครื่องปรับอากาศ.....	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 สภาพอากาศของประเทศไทยและภาวะความสบาย.....	23
2.4.1 สภาพอากาศของประเทศไทย.....	23
2.4.2 ภาวะความสบาย.....	24
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อนและการถ่ายเทความร้อน.....	25
2.5.1 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์.....	25
2.5.2 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร.....	28
2.5.3 กระบวนการถ่ายเทความร้อน.....	28
2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้นและการดูดซับความชื้น.....	38
บทที่ 8 วิธีการวิจัย.....	41
3.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา.....	41
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	49
3.3 การจัดเตรียมวัสดุและเครื่องมือ.....	53
3.4 การทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	62
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	65
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	69
4.1 ผลการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของเทอร์มิสเตอร์.....	69
4.2 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศ.....	72
4.3 ผลการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุ.....	77
4.4 ผลการทดสอบการดูดซับความชื้นของวัสดุ.....	106
4.5 ผลการทดสอบอิทธิพลของรังสีแสงอาทิตย์ต่ออุณหภูมิของอากาศ.....	131
4.6 การประยุกต์ใช้ผลการวิจัย.....	135

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย.....	140
5.1 การดูดซับความร้อนของวัสดุ.....	140
5.2 การดูดซับความชื้นของวัสดุ.....	141
5.3 ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้น.....	142
5.4 อิทธิพลของรังสีแสงอาทิตย์ต่ออุณหภูมิของอากาศ.....	144
 บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	 145
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	145
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	147
 เอกสารอ้างอิง.....	 150
ภาคผนวก ก ความรู้เกี่ยวกับการวิจัย.....	153
ภาคผนวก ข ข้อมูลจากการทดสอบ.....	159
ภาคผนวก ค ค่าที่ใช้ในการแปลงหน่วย.....	166
ประวัติผู้เขียน.....	169

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2-1 แสดงสัดส่วนพลังงานของรังสีช่วงคลื่นต่างๆ ที่ผ่านชั้นบรรยากาศลงสู่พื้นผิวโลก.....	26
ตารางที่ 4-1 แสดงค่าอุณหภูมิจากการทดสอบการวัดอุณหภูมิตำแหน่งเดียวกัน ภายในห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิคงที่ประมาณ 26 องศาเซลเซียส.....	70
ตารางที่ 4-2 แสดงค่าต่างๆ ของวัสดุที่ต้องใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็น เนื่องจากการดูดซับความร้อน.....	103
ตารางที่ 4-3 แสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย.....	106
ตารางที่ 4-4 แสดงภาระการทำความเย็นรวมของวัสดุทดสอบ เรียงตามลำดับจากสูงสุดไปหาต่ำสุด.....	135
ตารางที่ 4-5 แสดงระยะเวลาโดยประมาณในการรีดความร้อนและความชื้นออกจากวัสดุจนหมด.....	136
ตารางที่ 4-6 แสดงตัวอย่างการประเมินภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุบางชนิดภายในห้องปรับอากาศ.....	138
ตารางที่ 5-1 แสดงภาระการทำความเย็นของวัสดุชนิดต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบ.....	143

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2-1 แสดงความสัมพันธ์ของการนำความร้อนของวัสดุกับความหนาแน่นของวัสดุ.....	28
รูปที่ 3-1 แสดงลักษณะของกระเบื้องแกรนิตที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน	42
รูปที่ 3-2 แสดงลักษณะของกระเบื้องเซรามิกที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน	42
รูปที่ 3-3 แสดงลักษณะของไม้เนื้อแข็งที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน.....	43
รูปที่ 3-4 แสดงลักษณะของไม้เนื้ออ่อนที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน.....	43
รูปที่ 3-5 แสดงลักษณะของขี้ปจัมที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน.....	44
รูปที่ 3-6 แสดงลักษณะของแผ่นเหล็กที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน.....	45
รูปที่ 3-7 แสดงลักษณะของพรมอะคริลิกที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน.....	46
รูปที่ 3-8 แสดงลักษณะของพรม 5 ชนิดที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน.....	46
รูปที่ 3-9 แสดงลักษณะของกระดาสมุดโทรศัพท์ที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน.....	47
รูปที่ 3-10 แสดงลักษณะของกระดาส 80 แกรมที่ใช้ทดสอบการดูดซับความร้อน.....	47
รูปที่ 3-11 แสดงลักษณะของอิฐก่อฉาบปูนที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน...	48
รูปที่ 3-12 แสดงลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน.....	49
รูปที่ 3-13 แสดงลักษณะของเครื่องชั่งที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน.....	50
รูปที่ 3-14 แสดงลักษณะของ Data Logger ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล.....	51
รูปที่ 3-15 แสดงลักษณะของเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ.....	52
รูปที่ 3-16 แสดงลักษณะของเครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (Hygrometer).....	53
รูปที่ 3-17 แสดงการติดตั้งเทอร์มิสเตอร์เพื่อการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือ.....	54

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3-18 แสดงภาพตัดขวางของวัสดุที่มีความหนาไม่เกิน 2.0 ซม. ที่จัดเตรียมเสร็จแล้ว โดยติดตั้งเทอร์มิสเตอร์ 1 ตำแหน่ง พร้อมสำหรับนำไปทดสอบการดูดซับความร้อน.....	56
รูปที่ 3-19 แสดงภาพตัดขวางของวัสดุที่มีความหนาเกิน 2.0 ซม. ที่จัดเตรียมเสร็จแล้ว โดยติดตั้งเทอร์มิสเตอร์ 2 ตำแหน่ง พร้อมสำหรับนำไปทดสอบการดูดซับความร้อน.....	56
รูปที่ 3-20 แสดงลักษณะด้านบน (Top view) ของวัสดุสำหรับทดสอบการดูดซับความร้อนที่จัดเตรียมเสร็จแล้ว.....	57

สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิที่ 4-1 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ตำแหน่งเดียวกันที่เทอร์มิสเตอร์ วัดได้ภายในห้องปรับอากาศที่อุณหภูมิคงที่ประมาณ 26 องศาเซลเซียส	71
แผนภูมิที่ 4-2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของหินแกรนิตและชิปซัมเปรียบเทียบกับ กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายนอก.....	73
แผนภูมิที่ 4-3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐก่อฉาบปูนและพรมเปรียบเทียบกับ กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายนอก.....	74
แผนภูมิที่ 4-4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไม้เนื้อแข็งและเหล็กเปรียบเทียบกับ กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายนอก.....	75
แผนภูมิที่ 4-5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาศและอิฐดินเผาเปรียบเทียบกับ กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายนอก.....	76
แผนภูมิที่ 4-6 แสดงพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแกรนิตและเซรามิกเมื่อ ทดสอบการดูดซับความร้อน.....	82
แผนภูมิที่ 4-7 แสดงพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ ไม้เนื้อแข็งและไม้ เนื้ออ่อนเมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน.....	83
แผนภูมิที่ 4-8 แสดงพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของชิปซัมและกระดาศเมื่อ ทดสอบการดูดซับความร้อน.....	84
แผนภูมิที่ 4-9 แสดงพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพรมอะคริลิกเมื่อ ทดสอบการดูดซับความร้อน.....	85
แผนภูมิที่ 4-10 แสดงพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาศ 2 ชนิดที่มีเนื้อ กระดาศหนาแน่นต่างกันเมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน.....	86
แผนภูมิที่ 4-11 แสดงพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาศชนิดเดียวกัน ที่ความลึกต่างกันเมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน.....	87
แผนภูมิที่ 4-12 แสดงพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเหล็กเมื่อทดสอบการ ดูดซับความร้อน.....	88

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 4-13 แสดงพฤติกรรม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐดินเผาเมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน.....	89
แผนภูมิที่ 4-14 แสดงพฤติกรรม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐก่อฉาบปูนเมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน.....	90
แผนภูมิที่ 4-15 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของแกรนิต.....	93
แผนภูมิที่ 4-16 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของเซรามิก.....	94
แผนภูมิที่ 4-17 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของไม้เนื้อแข็ง.....	95
แผนภูมิที่ 4-18 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของไม้เนื้ออ่อน.....	96
แผนภูมิที่ 4-19 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของยิปซัม.....	97
แผนภูมิที่ 4-20 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของพรมอะคริลิก.....	98
แผนภูมิที่ 4-21 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของกระดาสมุด ไทรศัพท์.....	99
แผนภูมิที่ 4-22 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของกระดาส 80 แกรม.....	100
แผนภูมิที่ 4-23 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของเหล็ก.....	101
แผนภูมิที่ 4-24 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของอิฐก่อฉาบปูน.....	102
แผนภูมิที่ 4-25 แสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนของวัสดุ.....	105
แผนภูมิที่ 4-26 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความร้อนของแกรนิตเมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน.....	111
แผนภูมิที่ 4-27 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความร้อนของเซรามิกเมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน.....	112
แผนภูมิที่ 4-28 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความร้อนของไม้เนื้อแข็งเมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน.....	113
แผนภูมิที่ 4-29 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความร้อนของไม้เนื้ออ่อนเมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน.....	114
แผนภูมิที่ 4-30 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความร้อนของยิปซัมเมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน.....	115

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 4-31 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้น ของพรมขนแกะเมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น.....	116
แผนภูมิที่ 4-32 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้น ของพรม Axminster เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น.....	117
แผนภูมิที่ 4-33 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้น ของพรมอะคริลิกเมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น.....	118
แผนภูมิที่ 4-34 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้น ของพรม Amoco PP เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น.....	119
แผนภูมิที่ 4-35 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้น ของพรม PES เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น.....	120
แผนภูมิที่ 4-36 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้น ของกระดาศมุกโทรศัพท์ เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น.....	121
แผนภูมิที่ 4-37 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้น ของกระดาศ 80 แกรม เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น.....	122
แผนภูมิที่ 4-38 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้น ของแผ่นเหล็ก เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น.....	123
แผนภูมิที่ 4-39 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้น ของปูนฉาบ เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น.....	124
แผนภูมิที่ 4-40 แสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นของวัสดุ ชนิดต่างๆ.....	126
แผนภูมิที่ 4-41 แสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นเป็นปีที่ขุดต่อ ตารางเมตรของวัสดุพรม 5 ชนิด.....	127
แผนภูมิที่ 4-42 แสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและ ความชื้นของวัสดุ.....	129
แผนภูมิที่ 4-43 แสดงภาระการทำความเย็นรวมของวัสดุทดสอบ.....	130

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 4-44 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศที่ได้รับผลกระทบของความร้อนจากอากาศเท่านั้น.....	133
แผนภูมิที่ 4-45 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศที่ได้รับผลกระทบของ Diffuse Radiation และ Reflected Radiation.....	133
แผนภูมิที่ 4-46 แสดงอุณหภูมิของอากาศที่ได้รับผลกระทบของความร้อนจากอากาศเพียงอย่างเดียวเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศที่ได้รับผลกระทบของความร้อนจากอากาศและรังสีแสงอาทิตย์.....	134

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมากและต่อเนื่อง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีกำลังการผลิต 14,824.9 เมกะวัตต์ ในขณะที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดที่ผ่านมามีค่าสูงถึง 13,310.9 เมกะวัตต์ (มีนาคม 2539) ความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยได้เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 14 ต่อปี ในปี 2538 และเพิ่มสูงถึงปีละ 1,000 เมกะวัตต์ในปี 2539 และหากยังปล่อยให้อัตราการใช้ไฟฟ้ายังคงเป็นเช่นนี้ต่อไป ในอีก 10 ปีข้างหน้าความต้องการใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มเป็น 31,200 เมกะวัตต์ หรือกว่า 2.3 เท่าตัวของปัจจุบัน (1) จากเหตุผลดังกล่าวทำให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตต้องเพิ่มกำลังการผลิตให้เพียงพอและทันกับความต้องการใช้งานที่เพิ่มขึ้น การเพิ่มกำลังการผลิต ไฟฟ้าย่อมหมายถึงการเพิ่มแหล่งผลิตและวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตใช้วัตถุดิบหลัก 5 ชนิดในการผลิตกระแสไฟฟ้า ได้แก่ น้ำ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา (2) ซึ่งล้วนแต่เป็นทรัพยากรธรรมชาติทั้งสิ้น การผลิตกระแสไฟฟ้าจึงไม่อาจหลีกเลี่ยงการก่อผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด นอกจากจะเป็นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังสามารถช่วยให้เกิดผลในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ในทางอ้อมได้อีกด้วย

โดยภาพรวมของการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ ร้อยละ 40 อยู่ในภาคอุตสาหกรรม ร้อยละ 35 อยู่ในภาคธุรกิจ และอีกร้อยละ 25 อยู่ในภาคที่อยู่อาศัย ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในภาคธุรกิจที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน กว่าร้อยละ 50 เกิดจากการใช้เครื่องปรับอากาศ (3) เนื่องจากในปัจจุบันอาคารเกือบทุกแห่งออกแบบให้ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ และเครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในบรรดาเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด

ความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศภายในประเทศ เพิ่มขึ้นประมาณปีละ 400,000 เครื่อง ถ้าเฉลี่ยความต้องการไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศต้องการใช้ประมาณ 1,500 วัตต์ต่อชั่วโมงต่อเครื่อง หากทุกเครื่องเปิดใช้พร้อมกันในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจะต้องสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับความต้องการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว ถึงปีละ 600 เมกะวัตต์ หรือเทียบได้กับโรงไฟฟ้าแม่เมาะขนาด 300 เมกะวัตต์ 2 โรง ต้องใช้เงินลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าถึง 15,000 ล้านบาท ไม่รวมค่าเชื้อเพลิงและทรัพยากรที่จะต้องสูญเสีย ซึ่งมีมูลค่าที่มีอาจประเมินได้ นอกจากนั้นเครื่องปรับอากาศยังเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นเป้าหมายสำคัญในโครงการ “ประชาร่วมใจ ประหยัดไฟฟ้า” เพราะปริมาณไฟฟ้ากว่าร้อยละ 60 ของการใช้ไฟฟ้าตามบ้าน ศูนย์การค้า อาคารสำนักงาน อาคารพาณิชย์ โรงพยาบาล โรงแรม ฯลฯ เกิดจากการใช้เครื่องปรับอากาศ โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นสูงประมาณร้อยละ 10 ต่อปี (3) ดังนั้นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศจึงมีส่วนช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในภาพรวมได้ปริมาณมาก

วิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศมีอยู่มากมายหลายวิธี ทั้งวิธีการที่ต้องลงทุนปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ต่างๆในระบบปรับอากาศ และวิธีการที่ไม่ต้องมีการลงทุน เช่น การจัดระบบหรือระยะเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ควบคุมอากาศจากภายนอกให้เข้ามาภายในห้องปรับอากาศในปริมาณที่เหมาะสม และน้อยที่สุด ซึ่งสามารถทำได้โดยการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม เช่น เปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อให้เกิดความเย็นพอดีกับเวลาที่ต้องการใช้งาน ปิดเครื่องปรับอากาศเมื่อไม่มีการใช้งานด้วยระยะเวลาที่ก่อให้เกิดการประหยัดสูงสุด เป็นต้น การปรับความเย็นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ไม่เย็นจนเกินไป นอกจากนั้นยังต้องมีการดูแลทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศและแผ่นระบายความร้อนอย่างสม่ำเสมอ ติดตั้งเครื่องปรับอากาศในตำแหน่งที่ทำให้อากาศมีการหมุนเวียนได้ดีและไม่อยู่ใกล้แหล่งความร้อนเกินไป (4)

ทุกครั้งที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศ อากาศภายในห้องจะไม่เย็นลงทันที เนื่องจากเครื่องปรับอากาศจะต้องรับภาระในการนำเอาความร้อนและความชื้นส่วนเกิน (Excess Heat and Moisture) ที่มีอยู่ภายในห้องออกไปให้หมดเสียก่อน จึงจะสามารถปรับอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องให้ลดลงอยู่ในสภาวะที่ต้องการได้ และเมื่อเราปิดเครื่องปรับอากาศ ความร้อนและความชื้นทั้งจากภายในและภายนอกห้องก็จะเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่ปิดเครื่องปรับอากาศ เมื่อต้องเปิดเครื่องปรับอากาศใหม่อีก เครื่องปรับอากาศก็จะต้องเริ่มทำหน้าที่ในการนำเอาภาระความร้อนและความชื้นออกจากห้องอีกครั้ง สภาพอากาศของประเทศไทยซึ่งมีความร้อนและความชื้นสูง การปิดเครื่องปรับอากาศแม้เพียงระยะเวลาสั้นๆ อากาศจากภายนอกก็จะไหลเข้ามาภายในห้องผ่านรอยรั่วต่างๆ ของห้องปรับอากาศ และผ่านทางประตูหน้าต่าง ที่เปิดเพื่อให้อากาศมีการถ่ายเท ทำให้อากาศ

ภายในห้องมีความร้อนและความชื้นเพิ่มขึ้นมาก และก่อให้เกิดภาระแก่เครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นด้วย

ความร้อนและความชื้นภายในห้อง ซึ่งเป็นภาระในการปรับอากาศจะมีแหล่งที่มา 2 แหล่งคือ ความร้อนและความชื้นจากภายนอกห้อง ซึ่งได้แก่ ความร้อนและความชื้นเนื่องจากรังสีอาทิตย์และอากาศภายนอกที่ผ่านเข้ามาทางหลังคา เพดาน ฝาผนัง หน้าต่างกระจก รอยรั่วของประตูหน้าต่าง เป็นต้น ที่มาอีกแหล่งหนึ่ง คือ ความร้อนและความชื้นที่เกิดจากภายในห้องเอง ซึ่งได้แก่ ความร้อนและความชื้นจากตัวผู้ที่อยู่อาศัยภายในห้อง อุปกรณ์ เครื่องมือ และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่อยู่ภายในห้อง (5) ความร้อนและความชื้นเหล่านี้บางส่วนจะอยู่ในอากาศภายในห้อง และมีส่วนหนึ่งถูกดูดซับและสะสมอยู่ภายในวัสดุต่างๆ ภายในห้อง ซึ่งปริมาณความร้อนและความชื้นที่สะสมในวัสดุจะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นกับคุณสมบัติของวัสดุนั้นๆ และลักษณะของห้องปรับอากาศด้วย

พลังงานเนื่องจากการปรับอากาศสามารถหาได้จากการคำนวณภาระของการปรับอากาศที่เกิดขึ้นในห้อง จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าภาระของการปรับอากาศจะปรากฏอยู่ในอากาศ วัสดุ และผู้ที่อยู่อาศัยภายในห้องปรับอากาศ ความร้อนและความชื้นที่ถูกดูดซับอยู่ภายในวัสดุภายในห้องปรับอากาศเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดภาระในการปรับอากาศ

ปัจจุบันได้มีหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับพลังงานได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องปรับอากาศไว้ (4, 6) ซึ่งจากข้อแนะนำของหลายหน่วยงานดังกล่าว โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศจะพบว่าคำแนะนำส่วนใหญ่ให้ปิดเครื่องปรับอากาศทุกครั้งเมื่อไม่ได้อาศัยหรือหยุดใช้งานเกิน 1 ชั่วโมง แต่จากสภาพอากาศของประเทศไทยซึ่งมีความร้อนและความชื้นสูง หากเราปิดเครื่องปรับอากาศแม้เพียงระยะเวลาสั้นๆ อากาศภายในห้องก็จะมีความร้อนและความชื้นเพิ่มขึ้นปริมาณหนึ่ง จึงมีข้อขัดแย้งว่าเมื่อเราปิดเครื่องปรับอากาศเป็นระยะเวลาสั้นๆ แทนที่จะเป็นการประหยัดไฟฟ้า ความร้อนและความชื้นจากอากาศที่ผ่านเข้าไปภายในห้องและถูกดูดซับเข้าไปในวัสดุอาจจะก่อให้เกิดภาระแก่เครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีข้อพิสูจน์ที่ชัดเจนสำหรับกรณีนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาผลของการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุภายในอาคารต่อการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ อันจะทำให้สามารถประเมินได้ว่าภายในห้องที่มีวัสดุเหล่านี้อยู่ เมื่อมีการปิดเครื่องปรับอากาศระยะเวลาหนึ่ง ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุจะเกิดขึ้นด้วยปริมาณและอัตราเท่าใด พลังงานในการกำจัดความร้อนและความชื้นดังกล่าวกับพลังงานที่ประหยัดได้ในช่วงที่ปิดเครื่องปรับอากาศมีสัดส่วนอย่างไร และการปิดเครื่องปรับอากาศจะก่อให้เกิดการประหยัดพลังงานได้จริงหรือไม่

การศึกษารั้วนี้มุ่งศึกษาพฤติกรรมการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุชนิดต่างๆ และประเมินผลกระทบของการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุต่อการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวนี้อาจนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและเลือกวัสดุสำหรับใช้ภายในห้องปรับอากาศที่มีความเหมาะสม อันจะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศได้ส่วนหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์

การศึกษารั้วนี้มุ่งศึกษาถึงพฤติกรรมการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุชนิดต่างๆ และประเมินผลของการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุต่อการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ เพื่อนำผลการศึกษาดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและเลือกวัสดุสำหรับอาคารที่มีความเหมาะสม อันจะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศได้ วัตถุประสงค์ของการศึกษารั้วนี้อาจจำแนกเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1.2.1 ศึกษาพฤติกรรมการดูดซับและการคายความร้อนและความชื้นของวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้ภายในห้องที่มีการปรับอากาศ

1.2.2 ศึกษาผลกระทบของการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุแต่ละชนิดต่อการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ และรูปแบบการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ

1.2.3 เปรียบเทียบความเหมาะสมในการใช้งานภายในห้องปรับอากาศของวัสดุชนิดต่างๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับสภาพอากาศร้อนชื้นเช่นประเทศไทย

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ในการศึกษาผลกระทบของการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อการทำความเย็นของระบบปรับอากาศสำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเช่นประเทศไทย สามารถกำหนดสมมติฐานในการวิจัยได้ดังนี้

1.3.1 วัสดุภายในอาคารต่างชนิดกันจะมีพฤติกรรมการดูดซับและการคายความร้อนและความชื้นแตกต่างกัน

1.3.2 วัสดุภายในอาคารต่างชนิดกันมีความเหมาะสมในการใช้งานภายในห้องปรับอากาศในแง่ของการช่วยลดภาระในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศต่างกัน เนื่องจากมีการดูดซับความร้อนและความชื้นที่แตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้มีขอบเขตในการทำการศึกษาดังนี้

- 1.4.1 ศึกษาเฉพาะปัจจัยด้านการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุที่มีผลกระทบต่อความร้อนและความชื้นในห้องปรับอากาศเท่านั้น ตัวแปรอื่นๆ จะถือว่าไม่ผลต่อวัสดุเท่าเทียมกันเนื่องจากทำการทดสอบในเวลาและสถานที่เดียวกัน
- 1.4.2 เป็นการศึกษาเชิงทดลอง โดยจำลองสภาพแวดล้อมให้ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากที่สุด ทำการทดสอบในเวลาและสถานที่เดียวกัน จึงถือว่าไม่มีผลกระทบจากสภาพแวดล้อมอื่น
- 1.4.3 ดังที่กล่าวมาแล้วว่าวัสดุภายในอาคารมีมากมายหลายชนิด และวัสดุแต่ละชนิดยังสามารถใช้งานได้หลายลักษณะอีกด้วย เนื่องจากการทดสอบมีข้อจำกัดด้านระยะเวลาและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบทำให้ไม่สามารถทดสอบวัสดุภายในอาคารทุกชนิดได้ ดังนั้นการทดสอบครั้งนี้จึงทำการทดสอบวัสดุภายในอาคารเพียง 10 ชนิดเท่านั้น โดยใช้เกณฑ์การเลือกคือ ประเภทของวัสดุ ทั้งนี้เพื่อศึกษาแนวโน้มการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุเท่านั้น หากมีการใช้วัสดุชนิดอื่นๆ หรือมีการใช้งานวัสดุในลักษณะที่แตกต่างออกไป ค่าที่ได้จากการทดสอบอาจเปลี่ยนแปลงไปจากนี้
- 1.4.4 ศึกษาเฉพาะอิทธิพลของความร้อนจากอากาศเท่านั้น โดยในการทดสอบภายนอกอาคารหรือการทดสอบการดูดซับความร้อนและความชื้นวัสดุทดสอบจะวางอยู่ภายในบริเวณที่ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง และอยู่ใต้หลังคาที่มีการป้องกันรังสีกระจาย ทั้งนี้เพื่อควบคุมไม่ให้ได้รับผลจากปัจจัย Direct Radiation และ Diffuse Radiation
- 1.4.5 กำหนดสภาวะในการทดสอบ 2 สภาวะ คือ วางวัสดุภายนอกห้องปรับอากาศได้รับความร้อนและความชื้นจากอากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ใช้เป็นตัวแทนช่วงเวลาที่ปิดเครื่องปรับอากาศ วัสดุจะเกิดการดูดซับความร้อนและความชื้นจากอากาศ และสภาวะปรับอากาศโดยตั้งอุณหภูมิที่เทอร์โมสตัทไว้ที่ประมาณ 26°C และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ประมาณ 50% ซึ่งเป็นอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ทำให้เกิดความสบายและประหยัดพลังงาน

- 1.4.6 การทดสอบทำในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนสิงหาคม-กันยายน ซึ่งมีลักษณะอากาศเพียงรูปแบบเดียวเท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดด้านระยะเวลาในการทดสอบ หากสภาพอากาศแตกต่างไปจากนี้ ผลการทดสอบอาจเปลี่ยนแปลงไป เช่น หากทดสอบในฤดูร้อน อุณหภูมิสูงสุดของอากาศและภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนอาจสูงขึ้น เป็นต้น
- 1.4.7 เนื่องจากระยะเวลาในการศึกษามีจำกัด ดังนั้นจึงกำหนดพฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศสำหรับการทดสอบเพียงแบบเดียว คือ เมื่อมีการปิดเครื่องปรับอากาศ จะเปิดประตู-หน้าต่างเพื่อให้อากาศภายนอกถ่ายเทเข้ามายังภายในอาคารได้สะดวก (ทดสอบโดยการนำวัสดุวางภายนอกห้องปรับอากาศ) หากพฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศเปลี่ยนไป ผลการทดสอบก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย เช่น หากปิดเครื่องปรับอากาศ แล้วเปิดประตู-หน้าต่าง การดูดซับความร้อนและความชื้นอาจเกิดขึ้นด้วยปริมาณและอัตราที่แตกต่างออกไป เป็นต้น

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้จริงในชีวิตประจำวัน จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุภายในห้องปรับอากาศ ทำให้เราทราบพฤติกรรมการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุที่มีผลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเลือกวัสดุภายในห้องปรับอากาศที่มีความเหมาะสมสำหรับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเช่นประเทศไทย

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การทบทวนวรรณกรรมสำหรับการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การวิจัย เพื่อเป็นการสร้างความรู้ความเข้าใจสำหรับการทำการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูลได้ อย่างถูกต้อง โดยจำแนกไว้เป็นหัวข้อ เพื่อให้สะดวกต่อการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 วัสดุภายในอาคาร

2.2 การปรับอากาศ

2.2.1 ความหมายของการปรับอากาศ

2.2.2 เครื่องปรับอากาศ

2.2.3 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการปรับอากาศ

2.3.1 ภาระการทำความเย็น

2.3.2 ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

2.3.3 วิธีการใช้งานเครื่องปรับอากาศ

2.4 สภาพอากาศของประเทศไทยและภาวะความสบาย

2.4.1 สภาพอากาศของประเทศไทย

2.4.2 ภาวะความสบาย

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อนและการถ่ายเทความร้อน

2.5.1 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

2.5.2 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

2.5.3 กระบวนการถ่ายเทความร้อน

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้นและการดูดซับความชื้น

2.1 วัสดุภายในอาคาร

วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างหรือประดับตกแต่งอาคารที่อยู่อาศัยนอกจากจะมีความเหมาะสมกับประโยชน์ในการใช้งานแล้ว ความเหมาะสมกับสภาพดินฟ้าอากาศก็เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการเลือกใช้วัสดุมีผลต่อการควบคุมอุณหภูมิของอาคารได้ด้วย ในปัจจุบันมีวัสดุมากมายหลายชนิดให้เลือกใช้สำหรับจุดประสงค์ต่างๆ ดังนั้นการศึกษาคูสมบัติด้านความร้อนและอุณหภูมิของวัสดุจึงมีความสำคัญ เนื่องจากคุณสมบัติดังกล่าวแสดงถึงความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิของอาคารที่แตกต่างกัน ในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็น การเลือกวัสดุจะต้องคำนึงถึงความสามารถของวัสดุในการกักเก็บความร้อนเอาไว้ในอาคารให้ได้มากที่สุด เพื่อลดภาระในการปรับอากาศให้อบอุ่นขึ้นตรงกันข้าม หากเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนเช่นประเทศไทย การเลือกวัสดุจะต้องคำนึงถึงความสามารถของวัสดุที่จะทำให้อุณหภูมิภายในอาคารลดลง เพื่อลดภาระในการปรับอากาศ และส่งผลให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศลงได้

ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนชื้น ซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับอากาศภายในอาคารให้มีอุณหภูมิและความชื้นลดลง เพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อการใช้งานหรือกิจกรรมของมนุษย์ ดังนั้นวัสดุสำหรับใช้ภายในอาคารที่มีการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศบ่อยหรือเป็นประจำ ควรพิจารณาวัสดุที่มีมวลสารและการดูดความชื้นน้อย เนื่องจากทุกครั้งที่มีการปิดเครื่องปรับอากาศ ความร้อนจากภายนอกหรือจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ก็จะมาสะสมอยู่ในผนัง เพดาน พื้น หรือวัสดุสำหรับใช้ภายในอาคารอื่นๆ ดังนั้นทุกครั้งที่เริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ ระบบปรับอากาศจะต้องใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศจำนวนมากในการรีดเอาความร้อนที่สะสมอยู่ภายในผนัง เพดาน พื้น และวัสดุสำหรับใช้ภายในอาคารเหล่านี้ออก การเลือกใช้วัสดุจึงควรเลือกวัสดุที่มีความจุความร้อนน้อย เพื่อลดปริมาณความร้อนที่จะถูกดูดซับและเข้ามาสะสมอยู่ภายในตัววัสดุเมื่อมีการปิดเครื่องปรับอากาศ และควรเป็นวัสดุที่มีการคายหรือระบายความร้อนออกได้ง่ายและรวดเร็วด้วย ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นผนังและโครงสร้างที่บางและเบา (7)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุที่มีความสำคัญ ได้แก่ การต้านทานความร้อน (Resistance; R) ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat; c) ความหนาแน่น (Density; D) การนำความร้อน (Conductance; C) เป็นต้น ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

ส่วนของอาคารและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับอาคารอาจแบ่งออกได้ 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้ (8)

ประเภทที่ 1 คือส่วนของที่กำบังหรือตัวกลางของอาคาร (Barrier) ระหว่างภายในอาคารกับอากาศภายนอกอาคาร ได้แก่ ฝ้าม่าน บังตา ประตูและหน้าต่าง พรม พื้นและวัสดุปูพื้นผนังและวัสดุผนัง

ประเภทที่ 2 คือส่วนของอุปกรณ์หรือเฟอร์นิเจอร์ที่มีความสัมพันธ์หรือต้องสัมผัสกับตัวบุคคลที่ใช้งานโดยตรง เป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกด้านอุณหภูมิได้ ได้แก่ เติง โต๊ะ เก้าอี้ โซฟา และเฟอร์นิเจอร์อื่นๆ

2.1.1 จำแนกวัสดุตามลักษณะการใช้งาน

วัสดุภายในอาคารที่มีการใช้งานแพร่หลายอยู่ในประเทศไทย สามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้ (9)

2.1.1.1 วัสดุพื้นและวัสดุปูพื้น

วัสดุพื้นและวัสดุปูพื้นภายในอาคารเป็นส่วนที่มีความสำคัญ ต้องพิถีพิถันในการเลือกเนื่องจากเป็นวัสดุที่ไม่สามารถเปลี่ยนได้บ่อยๆ ต้องใช้ไปเป็นระยะเวลานาน การเลือกใช้จะต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย ความคงทน ความสวยงาม รวมถึงการดูแลรักษา และการทำความสะอาด ปัจจุบันพื้นภายในอาคารจะใช้ ก.ส.ล. (คอนกรีตเสริมเหล็ก) เป็นหลัก แต่เนื่องจากพื้น ก.ส.ล. จะหยาบ ไม่ให้ความรู้สึกสะดักสบาย และไม่ใคร่มีความสวยงาม ดังนั้นอาคารส่วนใหญ่จึงต้องใช้วัสดุปูพื้น (Floor Covering) เพื่อประโยชน์ทั้งด้านการใช้สอย การดูแลรักษา รวมถึงความสวยงาม ซึ่งวัสดุปูพื้นนี้เองที่เป็นส่วนที่สัมผัสกับอากาศภายในห้อง วัสดุปูพื้นที่นิยมใช้ในประเทศไทยมีอยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งพอจะจำแนกได้ดังนี้

- หินอ่อน เป็นวัสดุปูพื้นที่ช่วยเสริมคุณค่าของการตกแต่งได้อย่างดี ให้ความรู้สึกโอ่อ่าหรูหรา สวยงามตามธรรมชาติ มีความคงทนถาวรมากกว่าวัสดุหลายชนิด ทนทานต่อการขีดข่วนแรงกดหรือกระแทกได้ดีพอควร การดูแลรักษาและทำความสะอาดง่าย ในปัจจุบันหินอ่อนมีให้เลือกมากมายหลายสีและหลายแบบ

- ไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ มีทั้งไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง ปกติจะมีการเคลือบผิวหน้าด้วยน้ำมันเคลือบผิวไม้ ไม้เป็นวัสดุที่นิยมนำมาปูพื้นอีกชนิดหนึ่ง มีความคงทนถาวร ต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดรอยขีดข่วนและปลวกขึ้น ให้คุณค่าทางความสวยงามตามธรรมชาติได้อย่างดี ผลิตภัณฑ์ไม้มิให้เลือกใช้ได้มากมายหลายแบบ เช่น ไม้พื้นปาร์เก้ ไม้พื้นโมเสก เป็นต้น แต่ละแบบสามารถนำมาประดิษฐ์วางไขว้กันไปมาให้เกิดลวดลายสวยงามได้

- กระเบื้อง มีคุณสมบัติคงทนแข็งแรง ทนทานต่อสารเคมี มีความสวยงาม สะดวกในการใช้งานและดูแลรักษา มีขนาดและแบบต่างๆ ให้เลือกมากมายทั้งแบบเคลือบ มีลักษณะผิวเรียบ ลื่น เป็นมันเงา การเคลือบผิวจะช่วยให้ทนทานต่อการขีดข่วน ทนกรด ด่าง และน้ำยาทำความสะอาดต่างๆ ป้องกันการซึมน้ำได้ดี และแบบไม่เคลือบ ซึ่งมีผิวสัมผัสและสีสันสวยงามตามเนื้อของดิน เหมาะสำหรับการตกแต่งที่เน้นให้มีบรรยากาศธรรมชาติ มีคุณสมบัติแข็งแรง ทนแรงกระแทกและรับน้ำหนักได้มาก ทนต่อการขีดข่วน กรดและด่าง

- กระเบื้องยาง เป็นวัสดุอีกประเภทหนึ่งที่มีความนิยมนำมาใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากมีราคาถูกกว่าวัสดุพื้นชนิดอื่นมาก มีความสวยงาม ทนทาน ใช้งานสะดวกและง่ายต่อการเปลี่ยนแปลง ผิวหน้าเคลือบวัสดุเพื่อให้เกิดความเงาและป้องกันการขีดข่วนได้ สามารถบดองได้โดยไม่ต้องแตกหัก และปราศจากร่องรอยหลังจากการเคลื่อนย้ายสภาพเดิม

- พรม เป็นวัสดุพื้นสมัยใหม่ที่นิยมใช้กันแพร่หลายสำหรับการประดับตกแต่งภายในอาคารสำนักงานและที่อยู่อาศัย ให้ความรู้สึกภูมิฐาน หรูหรา สวยงาม การดูแลรักษาง่าย เพียงแค่ดูดฝุ่นเท่านั้น ปัจจุบันมีการผลิตจำหน่ายให้เลือกใช้มากมาย เช่น พรมขนแกะ พรมทอลาย พรมยาสีเคราสี พรมทอเครื่อง พรมอัด เป็นต้น ใช้งานสะดวก ประหยัดเวลา ไม่ว่าพื้นห้องจะอยู่ในสภาพใดก็สามารถปูพรมได้เลย การดูแลรักษาทำได้ง่าย เพียงแค่ดูดฝุ่นสัปดาห์ละครั้งเท่านั้น ไม่ต้องมีการขัด เช็ด ถูทุกวัน นอกจากนั้นพรมยังสามารถเก็บเสียงได้ดี และให้สัมผัสที่อ่อนนุ่มอีกด้วย

- พรมยาง เป็นพรมอีกลักษณะหนึ่งซึ่งประกอบด้วยเส้นใยโพลีเอสเตอร์ ช่วยเก็บฝุ่นละอองไว้ภายใต้พื้นยางเบื้องล่างทำให้ดูไม่สกปรก ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา มีความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ไม่ติดไฟ ไม่ขึ้นรา และซึมซับน้ำได้ในกรณีที่เปียกชื้น

2.1.1.2 วัสดุผนังและวัสดุตกแต่งผนัง

ผนังภายในอาคารมีการออกแบบและตกแต่งหลายวิธีด้วยกัน ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอยและคุณค่าทางความงาม ผนังอาคารมีทั้งส่วนที่เป็นผนังซึ่งกั้นระหว่างภายนอกกับภายในอาคาร (Barrier) และผนังที่แบ่งส่วนหรือห้องต่างๆ ภายในอาคาร (Partition) รูปแบบของผนังอาคารส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะมีโครงสร้างเป็นอิฐหรือซีเมนต์บล็อกก่อฉาบปูนซีเมนต์ แล้วทาสีไม้ หรือกระเบื้องชนิดต่างๆ สำหรับผนังที่แบ่งส่วนหรือห้องต่างๆ ภายในอาคารอาจใช้ผนังสำเร็จรูปชนิดต่างๆ เช่น จิบบอร์ด เฟโนบอร์ด ทีโกบอร์ด เซฟวิงบอร์ด ยิปซัมบอร์ด เซลโลแทค เป็นต้น นอกจากผนังแบบต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ปัจจุบันอาคารส่วนใหญ่จะมีการทำผนังโดยเฉพาะผนังภายในอาคารด้วยวัสดุที่มีผิวเรียบ แล้วบุทับด้วยวัสดุหรือตกแต่งผนังต่างๆ ซึ่งมีมากมายหลายชนิด ดังต่อไปนี้

- ไม้อัด
- กระดาษชนิดต่างๆ
- กระดาษปิดผนัง (Wall Paper)
- แผ่นพลาสติกเคลือบผิว (Plastic Laminate)
- ฝ้าชนิดต่างๆ เช่น ฝ้าฝ้าย ฝ้าใยสังเคราะห์
- พรหมชนิดต่างๆ เช่น พรหมอัด พรหมไนลอน พรหมใยสังเคราะห์
- โลหะชนิดต่างๆ
- แผ่นพลาสติกสำเร็จรูปชนิดต่างๆ

ฯลฯ

2.1.1.3 วัสดุเพดานและวัสดุตกแต่งเพดาน

ปัจจุบันวัสดุที่ใช้ทำเพดานและตกแต่งเพดานมีมากมายหลายชนิด ทำให้การเลือกใช้งานทำได้สะดวกและมีความเหมาะสมยิ่งขึ้น วัสดุที่พบโดยทั่วไปในประเทศไทยมีดังนี้

- ฝ้าย ค.ส.ล. ฉาบปูนเรียบ แล้วทาสีหรือพ่นด้วยวัสดุพ่นฝ้ายชนิดต่างๆ
- กระเบื้องกระดาษแผ่นเรียบ ทาสี หรือพ่นด้วยวัสดุพ่นฝ้าย หรือพ่นด้วยวัสดุต่างๆ
- ไม้จากพื้น ไม้ของอาคารชั้นบน เคลือบผิวด้วยวัสดุเคลือบผิวต่างๆ
- ไม้อัดชนิดต่างๆ เคลือบผิวด้วยวัสดุเคลือบผิวต่างๆ
- อะลูมิเนียมบอร์ด เป็นวัสดุผิวนุ่ม ไม่สะท้อนเสียง มีขนาดและลวดลายต่างๆ ให้เลือก
- ยิปซัมบอร์ด เป็นวัสดุทนไฟ มีขนาด สี และลักษณะต่างๆ ให้เลือก
- เฟโนบอร์ด เป็นวัสดุผสมของหินไม้เป็นเส้นกับกาวอัดเป็นแผ่นเรียบ ทาสี หรือพ่นด้วยวัสดุพ่นฝ้ายชนิดต่างๆ
- เซฟวิงบอร์ด เป็นวัสดุผสมของหินไม้เล็กๆ กับกาวอัดแน่นเป็นแผ่นเรียบ ทาสี หรือพ่นด้วยวัสดุพ่นฝ้ายชนิดต่างๆ
- พลาสติกเตอร์บอร์ด เป็นวัสดุผสมของสารเคมีกับพลาสติกอัดเป็นแผ่นสำเร็จรูป สำหรับใช้ทำฝ้าเพดานโดยเฉพาะ
- เซโลเทค เป็นวัสดุผิวนุ่ม ไม่สะท้อนเสียง ทาสี
- เซโลกริต เป็นวัสดุผสมของปูนซีเมนต์และเส้นใยไม้ มีขนาดต่างๆ ทาสี หรือพ่นด้วยวัสดุพ่นฝ้ายชนิดต่างๆ
- วัสดุผิวเรียบต่างๆ ปิดทับด้วยวัสดุต่างๆ เช่น กระดาษปิดผนัง (Wall Paper)

ฝ้า กระดาษ พลาสติก แผ่นไม้ก๊อก กระดาษชนิดต่างๆ เป็นต้น

2.1.1.4 วัสดุเครื่องเรือน

วัสดุที่ใช้ทำเครื่องเรือนในปัจจุบันมีมากมาย ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้มีวัสดุแปลกใหม่ออกมาใช้อยู่เสมอ การเลือกใช้วัสดุโดยมีวัตถุประสงค์หลายๆ อย่าง ทั้งในด้านการใช้งาน ความคงทนถาวร ความสวยงาม ฯลฯ จึงสามารถทำได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้เราจะต้องทราบคุณสมบัติของวัสดุเสียก่อน จึงจะสามารถเลือกใช้วัสดุได้อย่างเหมาะสม วัสดุสำหรับเครื่องเรือนอาจแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน คือ วัสดุโครงสร้างของเครื่องเรือน วัสดุที่ใช้เคลือบผิวของเครื่องเรือน วัสดุที่ใช้ทำผิวภายนอกของเครื่องเรือน และวัสดุประกอบอื่นๆ ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำส่วนต่างๆ มีดังนี้

- วัสดุโครงสร้างของเครื่องเรือนส่วนใหญ่จะเป็น ไม้ หรือโลหะ เช่น เหล็ก ทองเหลือง ทองแดง อลูมิเนียม เป็นต้น
- วัสดุที่ใช้เคลือบผิวของเครื่องเรือน ได้แก่ แล็กเกอร์ สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ต่างๆ แชนแลค เป็นต้น
- วัสดุที่ใช้กรุหรือผิวภายนอกของเครื่องเรือน ได้แก่ พลาสติก ลูกฟูก พลาสติกเคลือบผิว กระเบื้องเคลือบ หินอ่อน แผ่นโลหะต่างๆ หนังสัตว์ชนิดต่างๆ ผ้าชนิดต่างๆ กระดาษ ฯลฯ
- วัสดุประกอบเครื่องเรือน เช่น กระดาษ รางเลื่อนอลูมิเนียม บานพับ กลอน กุญแจ ลูกบิด นวมผสมเส้นใยคาบมะพร้าว เป็นต้น

2.1.1.5 วัสดุอื่นๆ

วัสดุอื่นๆ ที่จะกล่าวถึงในที่นี้หมายถึง วัสดุอื่นๆ ที่นอกเหนือไปจากกลุ่มวัสดุที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งพบได้ภายในอาคารทั่วไป รวมถึงเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ นั่นเอง วัสดุกลุ่มนี้ได้แก่ หนังสือ กระดาษ แฟ้ม เอกสารต่างๆ เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ เครื่องจักร เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

2.1.2 จำแนกวัสดุตามประเภทของวัสดุ

จากรายละเอียดของวัสดุภายในอาคารดังที่กล่าวมาแล้ว อาจพอจำแนกวัสดุที่ใช้ภายในอาคารตามประเภทของวัสดุ ได้เป็น 7 ประเภท ดังนี้ วัสดุจำพวกโลหะ (Metals), วัสดุจำพวกหิน อิฐ ปูน หรือคอนกรีต (Masonry), วัสดุดินเผาและเซรามิก, วัสดุจำพวกไม้ (Woods), วัสดุจำพวกพลาสติก (Plastics), วัสดุจำพวกกระจกและแก้ว (Glass) และวัสดุจำพวกผ้า ขนสัตว์ หรือสิ่งทออื่นๆ

2.1.2.1 วัสดุจำพวกโลหะ (Metals) มีข้อดีคือมีความแข็งแรง ทนทาน แต่มีข้อเสียคือ ยากต่อการดูแลรักษา เนื่องจากโลหะจะเป็นสนิมได้ง่าย โดยเฉพาะในเขตอากาศที่มีความชื้นสูง โลหะจะมีค่าการนำความร้อนสูง มีผิวเรียบ ส่วนใหญ่ใช้งานที่เกี่ยวกับโครงสร้าง การรับน้ำหนัก หรือส่วนที่ต้องการความแข็งแรงของอาคาร สำหรับวัสดุโลหะที่ใช้ภายในอาคารอาจใช้ทำกรอบ ประตู หน้าต่าง เครื่องเรือนและเครื่องประดับตกแต่งต่างๆ

2.1.2.2 วัสดุจำพวกหิน อิฐ ปูน หรือคอนกรีต (Masonry) วัสดุประเภทนี้ถูกใช้งาน ปริมาณมาก ส่วนใหญ่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างหรือส่วนของที่กำบังหรือตัวกลาง (Barrier) ระหว่างภายในอาคารกับอากาศภายนอกอาคาร เช่น พื้น ผนัง และส่วนที่ต้องรับน้ำหนักของอาคาร อื่นๆ เพราะมีความแข็งแรง คงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ สะดวกในการใช้งาน และง่ายต่อการดูแลรักษา ป้องกันความร้อนได้ดี ไม่ติดไฟ วัสดุบางชนิดอาจถูกใช้ปูพื้นหรือบุผนังภายในอาคาร ได้แก่ หินแกรนิต หินอ่อน หินชนวน หินทราย เป็นต้น

2.1.2.3 วัสดุหินเผา และเซรามิก วัสดุพวกนี้ส่วนใหญ่จะใช้เป็นวัสดุปูพื้น บุษ้าง ใช้เป็น เครื่องใช้หรือเครื่องประดับตกแต่งภายในอาคารให้มีความสวยงาม รูปแบบของวัสดุส่วนใหญ่จะเป็นกระเบื้อง เครื่องประดับตกแต่ง หรือภาชนะต่างๆ

2.1.2.4 วัสดุจำพวกไม้ (Woods) ปัจจุบันไม้เนื้อแข็งชนิดต่างๆ เป็นวัสดุที่ค่อนข้างจะหายากและราคาแพง ส่วนไม้เนื้ออ่อนจะมีราคาถูกกว่า เนื่องจากมีการปลูกและทำเป็นไม้เศรษฐกิจมากขึ้น การใช้ไม้ภายในอาคารนิยมใช้ทำพื้น ผนัง บานประตู หน้าต่าง เครื่องเรือน ฯลฯ ข้อเสียของไม้คือ จะเสื่อมคุณภาพโดยน้ำ ความร้อน ลม แสง ความชื้น มีอายุการใช้งานสั้น และเป็นวัสดุที่ไวต่อการเผาไหม้

2.1.2.5 พลาสติก (Plastics) ถูกใช้ในหลายรูปแบบ เนื่องจากสามารถทำให้อยู่ในรูปต่างๆ ได้ตามความต้องการ มีสมบัติต่างๆ กันไปตามชนิดของพลาสติก มีความยืดหยุ่นดี แต่เนื่องจากพลาสติกเกิดการเผาไหม้ได้ ดังนั้นการใช้ภายในอาคารจึงต้องพิจารณาการป้องกันไฟและคุณสมบัติเมื่อเกิดการเผาไหม้ของพลาสติกด้วย นอกจากนั้นพลาสติกยังอาจเกิดการเปลี่ยนรูปเมื่อได้รับความร้อนสูงๆ ผิวของพลาสติกจะเสื่อมและเก่าเร็ว เนื่องจากฝุ่น

2.1.2.6 กระจกและแก้ว (Glass) ปัจจุบันกระจกถูกนำมาใช้มากทั้งภายในและภายนอกอาคาร ข้อดีของวัสดุพวกนี้ ได้แก่ สามารถป้องกันความชื้นได้ดี ปลอดภัยจากเชื้อรา สวยงาม ไม่ดูดซับความร้อนและความชื้น ข้อเสียของกระจกและแก้วคือ แตกหักได้ง่าย ต้องระมัดระวังมาก ผิวของกระจกจะเสียและเก่าง่าย

2.1.2.7 ผ้า ขนสัตว์ และสิ่งทออื่นๆ (Fabrics) ได้แก่ พรม ผ้าม่าน วัสดุปูพื้น วัสดุบุผนัง เครื่องประดับตกแต่งต่างๆ ฯลฯ ส่วนใหญ่มีสมบัติการสะสมความร้อนและความชื้นสูง ซึ่งกรณีนี้จะเหมาะสำหรับใช้ในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็น เนื่องจากต้องการสะสมความร้อนไว้ภายในห้อง อย่างไรก็ตามสมบัติการนำความร้อนของวัสดุประเภทนี้มีได้ขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อนเท่านั้น แต่จะขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิว (texture) ของวัสดุด้วย ปัจจุบันมีการนำวัสดุฉนวนจำพวกโพลีเมอร์ ชนิดต่างๆ มาใช้ในการผลิตสิ่งทอต่างๆ ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติแตกต่างออกไปจากเส้นใยธรรมชาติ

2.1.3 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

วัสดุสำหรับใช้ภายในอาคารมีมากมายหลายชนิด การเลือกใช้อาจแตกต่างกันออกไปตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ราคา ราคานิยม ฯลฯ วัสดุที่มีใช้ภายในอาคารในที่นี้จะหมายถึงวัสดุต่างๆ ที่ปรากฏอยู่ภายในอาคาร ซึ่งมีทั้งส่วนประกอบของอาคาร วัสดุเครื่องเรือน ตลอดจนถึงวัสดุสำหรับการประดับตกแต่งอาคาร ในการศึกษาวิจัยจำเป็นต้องทราบถึงลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุที่นำมาทดสอบ ทั้งนี้เพื่อให้มีความเข้าใจถึงธรรมชาติของวัสดุและคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบเป็นอย่างดี วัสดุที่ใช้ในการทดสอบมีดังนี้

2.1.3.1 แกรนิต (Granite) เป็นตัวแทนของวัสดุธรรมชาติจำพวกหิน ใช้เป็นวัสดุปูพื้น บุษบก หรือใช้ทำเครื่องเรือนและเครื่องประดับตกแต่งที่ช่วยเสริมคุณค่าของการใช้งานได้อย่างดี ให้ความรู้สึกโอ่อ่า หรูหรา สวยงามตามธรรมชาติ มีความคงทนถาวรมากกว่าวัสดุหลายชนิด ทนทานต่อการขีดข่วน ทนแรงกดหรือกระแทกได้ดี การดูแลรักษาและทำความสะอาดง่าย ในปัจจุบันแกรนิตมีให้เลือกมากมายหลายสีและหลายแบบ มีทั้งแกรนิตที่ตัดเป็นแผ่นจากหินธรรมชาติและแกรนิตบดละเอียดที่นำมาอัดที่ความดันสูงจนเป็นแผ่นลักษณะเดียวกับกระเบื้อง ความจุความร้อนจำเพาะของแกรนิตมีค่าประมาณ 0.2 Btu/lb. F

2.1.3.2 กระเบื้องเซรามิก (Ceramics tile) กระเบื้องมีคุณสมบัติคงทนแข็งแรง ทนทานต่อสารเคมี มีความสวยงาม สะดวกในการใช้งานและดูแลรักษา มีขนาดและแบบต่างๆ ให้เลือกมากมายทั้งแบบเคลือบ มีลักษณะผิวเรียบลื่น เป็นมันเงา การเคลือบผิวจะช่วยให้ทนทานต่อการขีดข่วน ทนกรด ด่าง และน้ำยาทำความสะอาดต่างๆ ป้องกันการซึมน้ำได้ดี นิยมใช้ปูพื้นและบุผนังภายในอาคาร นอกจากนั้นยังมีกระเบื้องแบบไม่เคลือบ ซึ่งมีผิวสัมผัสและสีสันสวยงามตามเนื้อของดิน เหมาะสำหรับการตกแต่งที่เน้นให้มีบรรยากาศธรรมชาติ มีคุณสมบัติแข็งแรง ทนแรงกระแทกและรับน้ำหนักได้มาก ทนต่อการขีดข่วน กรดและด่าง ความจุความร้อนจำเพาะของเซรามิกมีค่าเท่ากับ 0.19 Btu/lb. F

2.1.3.3 ไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน (Hardwood and Softwood) ไม้เป็นของแข็งที่มีรูพรุน ประกอบด้วยสารพวกเซลลูโลสและลิกนินเป็นส่วนใหญ่ เนื้อไม้แต่ละชนิดจะมีความหนาแน่นแตกต่างกันออกไป ไม้ถูกใช้เป็นที่วัสดุโครงสร้าง เครื่องเรือน และวัสดุประดับตกแต่งภายในอาคาร นิยมใช้ทำพื้น ผนัง บานประตู หน้าต่าง เครื่องเรือน ฯลฯ มีความคงทนถาวรและให้ความสวยงามตามธรรมชาติได้เป็นอย่างดี ไม้มีคุณสมบัติเป็นฉนวนที่ดี ทนทานต่อแรงกระแทก ไม่แตกหักง่าย ข้อเสียของไม้คือ จะเสื่อมคุณภาพโดยน้ำ ความร้อน ลม แสง ความชื้น มีอายุการใช้งานสั้น และเป็นวัสดุที่ไวต่อการเผาไหม้ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกประการหนึ่งในการเลือกใช้วัสดุจำพวกไม้ได้แก่ ความคงทนต่อปัจจัยอันเกิดจากแมลง ปลวก มอด ดังนั้นเพื่อให้ไม้มีความแข็งแรงทนทานยิ่งขึ้นจึงนิยมใช้ไม้อบน้ำยา หรือใช้วัสดุเคลือบผิวไม้ ไม้ที่ใช้ภายในอาคารมีทั้งไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้สัก ไม้แดง ไม้มะค่า ไม้เต็ง ไม้ตะแบก ไม้ยาง เป็นต้น ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุประเภทไม้เท่ากับ 0.39 Btu/lb. F

2.1.3.4 ยิปซัม (Gypsum) วัสดุเพดานและประดับตกแต่งเพดานมีมากมายหลายชนิดดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 แต่วัสดุที่เป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีและนิยมใช้สำหรับเพดานภายในอาคารชนิดหนึ่งได้แก่ ยิปซัมบอร์ด ยิปซัมเป็นวัสดุทนไฟ น้ำหนักเบา มีขนาด สี และลักษณะต่างๆ ให้เลือกใช้ สามารถใช้งานได้ทั้งเป็นส่วนประกอบหรือประดับตกแต่งเพดานและเป็นส่วนประกอบผนัง ยิปซัมมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ 0.26 Btu/lb. F

2.1.3.5 เหล็ก (Iron) เป็นตัวแทนของวัสดุประเภทโลหะ วัสดุจำพวกโลหะ (Metals) ในบรรดาวัสดุกลุ่มโลหะทั้งหมด เหล็กเป็นโลหะที่มีบทบาทในงานวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมมากที่สุด อีกทั้งเป็นวัสดุที่มีราคาค่อนข้างถูกเมื่อเทียบกับวัสดุอื่นๆ เหล็กมีมากมายหลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กนั้น มีการทำเป็นรูปร่างลักษณะต่างๆ เพื่อให้สะดวกต่อการนำไปใช้งาน ข้อดีของเหล็กคือมีความแข็งแรง ทนทาน ส่วนใหญ่จะใช้ในการงานเกี่ยวกับโครงสร้าง การรับน้ำหนัก หรือส่วนที่ต้องการความแข็งแรงของอาคาร อาจมีการใช้ภายในอาคารโดยใช้ทำกรอบประตู หน้าต่าง เครื่องเรือน หรือเครื่องประดับตกแต่งอื่นๆ ข้อเสียของเหล็ก คือ เป็นสนิมได้ง่าย โดยเฉพาะการใช้งานในเขตที่มีอากาศร้อนและมีความชื้นสูงเช่นประเทศไทย เหล็กมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ 0.12 Btu/lb. F

2.1.3.6 พรม (Carpet) เป็นวัสดุปูพื้นสมัยใหม่ที่นิยมกันแพร่หลายสำหรับการประดับตกแต่งภายในอาคารสำนักงานและที่อยู่อาศัย ให้ความรู้สึกภูมิฐาน หูหรร่า สวยงาม การดูแลรักษาง่าย เพียงแค่ดูดฝุ่นเท่านั้น ปัจจุบันมีการผลิตจำหน่ายให้เลือกใช้มากมาย เช่น พรมขนแกะ พรมทอลาย พรมใยสังเคราะห์ พรมทอเครื่อง พรมอัด เป็นต้น ใช้งานสะดวก ประหยัดเวลา ไม่ว่าพื้นห้องจะอยู่ในสภาพใดก็สามารถปูพรมได้เลย การดูแลรักษาทำได้ง่าย เพียงแค่ดูดฝุ่นสัปดาห์ละครั้งเท่า

นั้น ไม่ต้องมีการขัด เช็ด ทุกวัน นอกจากนั้นพรมยังสามารถเก็บเสียงได้ดี และให้สัมผัสที่อ่อนนุ่มอีกด้วย คุณสมบัติของพรมแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดของพรม ความจุความร้อนจำเพาะของพรมที่ทอจากเส้นใยธรรมชาติ เช่น ขนสัตว์ หรือเส้นใยจากพืชมีค่าประมาณ 0.34 Btu/lb. F แต่หากเป็นพรมที่ทอจากเส้นใยพลาสติกจำพวกโพลีเอสเตอร์ ค่าความจุความร้อนจำเพาะจะมีค่าต่ำกว่า และแตกต่างออกไปแล้วแต่ชนิดของเส้นใย

2.1.3.7 กระดาษ (Paper) เป็นวัสดุประเภทที่พบบ่อยมากภายในอาคาร โดยเฉพาะอาคารสำนักงานทั่วไปซึ่งจะต้องมีหนังสือ และเอกสารต่างๆ การเลือกนำวัสดุกระดาษมาทำการทดสอบจะทำให้ทราบว่าหากมีวัสดุจำพวกนี้อยู่ภายในห้องปริมาณมากจะเกิดผลอย่างไร กระดาษยังสามารถแบ่งออกได้อีกหลายชนิดขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิต กระดาษต่างชนิดกันก็มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันด้วย ในการทดสอบไม่สามารถนำกระดาษทุกชนิดมาทำการทดสอบได้ เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาและเครื่องมือ ดังนั้นจึงเลือกกระดาษเพียง 2 ชนิดที่มีเนื้อกระดาษหรือความหนาแน่นของกระดาษแตกต่างกันมาเป็นตัวอย่างไม่้น โดยมีข้อสมมติฐานว่ากระดาษที่มีเนื้อกระดาษหรือความหนาแน่นมากจะมีการดูดซับความร้อนและความชื้นน้อยกว่ากระดาษที่มีเนื้อกระดาษหรือความหนาแน่นน้อยกว่า ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุประเภทกระดาษมีค่าประมาณ 0.32 Btu/lb. F

2.1.3.8 อิฐดินเผา (Brick; fired clay) หรืออิฐมอญ เป็นตัวแทนของวัสดุจำพวกดินเผา วัสดุพวกนี้ส่วนใหญ่จะใช้เป็นวัสดุโครงสร้าง โคนใช้ก่อร่วมกับปูน กระเบื้องดินเผาใช้ปูพื้น บุษนังใช้เป็นเครื่องใช้หรือเครื่องประดับตกแต่งภายในอาคารให้มีความสวยงาม รูปแบบของวัสดุส่วนใหญ่จะเป็นกระเบื้อง เครื่องประดับตกแต่ง หรือภาชนะต่างๆ มีความแข็งแรงทนทานพอสมควร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิในการเผา การเคลือบผิว เป็นต้น ความจุความร้อนจำเพาะมีค่าประมาณ 0.2 Btu/lb. F

2.1.3.9 ปูน (Plaster) เป็นวัสดุตกแต่งผิว (Covering) ทั้งส่วนที่เป็นพื้น ผนัง และเพดาน ภายในอาคารส่วนใหญ่ ประกอบด้วยซีเมนต์และทราย ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยน้ำ เวลาใช้งานจะฉาบทับวัสดุที่เป็นโครงสร้างแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง ที่พบบ่อยที่สุดจะเป็นอิฐก่อฉาบปูน โดยจะฉาบปูนปิดทับอิฐก่อหนาประมาณ 2.0-3.0 เซนติเมตร ดังนั้นปูนจึงเป็นส่วนที่สัมผัสโดยตรงกับอากาศ ความจุความร้อนจำเพาะของปูนมีค่าประมาณ 0.2 Btu/lb. F

วัสดุที่เลือกมาทดสอบทั้ง 9 ประเภทข้างต้นเป็นการเลือกโดยใช้เกณฑ์ในการเลือกคือประเภทของวัสดุ วัสดุที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นวัสดุประเภทต่างๆ กัน มีค่าความจุความร้อนจำเพาะแตกต่างกัน โดยมีสมมติฐานของการวิจัยว่าวัสดุต่างประเภทกันจะมีการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นแตกต่างกัน

2.2 การปรับอากาศ

2.2.3 ความหมายของการปรับอากาศ

โมะโตะกิ มัตซึโอะ (10) กล่าวว่า การปรับอากาศ หมายถึง การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาดของอากาศ และกระแสลมในห้องให้อยู่ในภาวะที่ต้องการ โดยมีเครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ดังกล่าว ซึ่งนอกจากเครื่องปรับอากาศจะทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแล้ว ยังมีอุปกรณ์ทำความสะอาดอากาศ (เครื่องกรองอากาศ) อยู่ภายในอีกด้วย

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (5) ได้ให้ความหมายของการปรับอากาศไว้ว่า เป็นการปรับสภาวะอากาศภายในห้องให้มีความเย็นที่เหมาะสมและให้ความสบายต่อผู้อยู่อาศัย โดยการนำภาระความร้อนออกจากห้อง

Burgess H. Jennings (11) ได้ให้ความหมายของการปรับอากาศว่าเป็นการสร้างและดูแลบรรยากาศให้มีสภาวะด้านอุณหภูมิ (Temperature), ความชื้น (Moisture), การหมุนเวียน (Air Circulation) และความสะอาดของอากาศ (Air Purify) ที่เหมาะสมต่อผู้อยู่อาศัยหรือวัสดุภายในพื้นที่หรือห้องนั้นๆ

จากความหมายของการปรับอากาศดังกล่าวข้างต้น อาจพอสรุปคำจำกัดความของการปรับอากาศได้ดังนี้ การปรับอากาศ หมายถึง การปรับสภาวะอากาศภายในห้องให้มีความเหมาะสมและให้ความสบาย (Comfort) ต่อผู้อยู่อาศัยและสิ่งต่างๆ ในห้อง โดยการควบคุมปัจจัย 4 ประการ ได้แก่

- อุณหภูมิ ต้องถูกต้องและมีความเหมาะสมกับการใช้งาน
- ความชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะต้องเหมาะสมและสัมพันธ์กับอุณหภูมิ
- ความสะอาดของอากาศ อากาศต้องมีความสะอาดปราศจากฝุ่นละออง และกลิ่นที่รบกวน หรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพ หรือจะต้องมีเชื้อโรค แบคทีเรียปะปนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
- กระแสลมหรือการหมุนเวียนอากาศภายในห้อง ต้องมีการหมุนเวียนของอากาศอย่างสม่ำเสมอและเพียงพอ ไม่มีจุดอับ เพื่อให้ทุกส่วนของห้องหรืออาคารมีคุณภาพอากาศตามต้องการ

ดังนั้นการปรับอากาศสำหรับประเทศร้อนชื้นดังเช่นประเทศไทย จึงหมายถึงการปรับสภาวะอากาศให้มีความร้อนและความชื้นลดลงอยู่ในเกณฑ์หรือปริมาณที่เหมาะสม (Cooling and dehumidifying moist air) โดยการนำภาระความร้อนและความชื้นออกจากห้องเพื่อให้ห้องเกิด

ความเย็นสบาย ทั้งนี้รวมถึงการปรับการหมุนเวียนและความสะอาดของอากาศให้มีคุณภาพดีด้วย สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการปรับอากาศสำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น ดังนั้นการศึกษาจึงเน้นเรื่องการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องเป็นหลัก

2.2.4 เครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้ในบ้านอยู่อาศัยในปัจจุบัน มี 3 ชนิด (6) คือ

1) ชนิดติดหน้าต่าง (Window type or Room unit) จะเหมาะสมกับห้องที่มีลักษณะที่ติดตัวกับหน้าต่าง ติดกระจกช่องแสงติดตาย บานกระทุ้ง บานเกล็ด เป็นต้น มีขนาดตั้งแต่ 9,000 – 24,000 Btu / ชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพ (EER) ตั้งแต่ 7.5 – 10 Btu / ชั่วโมง / วัตต์

2) ชนิดแยกส่วนตั้งพื้น (Floor split type) เหมาะสมกับห้องที่มีลักษณะเป็นห้องกระจกทั้งหมดหรือเป็นผนังทึบ ซึ่งไม่สามารถเจาะช่องเพื่อติดตั้งได้ เรียกว่าระบบแยกส่วน เพราะเครื่องทำความเย็นอยู่ภายในอาคาร ขุดระบายความร้อนและคอมเพรสเซอร์อยู่ภายนอกอาคาร เมื่อเปรียบเทียบเครื่องปรับอากาศชนิดต่างๆ ที่มีขนาดเท่ากัน เครื่องปรับอากาศชนิดนี้มักจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่า มีขนาดตั้งแต่ 12,000 – 36,000 Btu / ชั่วโมง มีค่า EER ตั้งแต่ 6 – 11 Btu / ชั่วโมง / วัตต์

3) ชนิดแยกส่วนติดฝาผนังหรือแขวน (Wall split type) เหมาะสมกับห้องที่มีลักษณะทึบ ติดตั้งได้สวยงาม แต่จะมีราคาแพงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศชนิดอื่นๆ ที่มีขนาด (Btu / ชั่วโมง) เท่ากัน เครื่องปรับอากาศชนิดนี้ส่วนใหญ่จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าชนิดอื่นๆ และจะมีสวิตช์ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติแบบอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับควบคุมอุณหภูมิของห้อง มีขนาดตั้งแต่ 8,000 – 24,000 Btu / ชั่วโมง ค่า EER ตั้งแต่ 7.5 – 13 Btu / ชั่วโมง / วัตต์

2.2.5 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (12)

การทำงานของเครื่องปรับอากาศเริ่มต้นจากอุปกรณ์ถ่ายสารทำความเย็นจะป้อนสารทำความเย็นเหลวอุณหภูมิและความดันต่ำในปริมาณที่พอเหมาะกับความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร เข้าสู่คอยล์ทำความเย็นซึ่งก็คือ อีวาพอเรเตอร์ โดยจะมีพัดลม (Blower) ดูดเอาอากาศร้อนขึ้นและสกปรกภายในอาคารผ่านแผ่นกรองอากาศ (Air Filter) ซึ่งวางอยู่หน้าคอยล์ทำความเย็นออกไป เมื่ออากาศร้อนขึ้นเคลื่อนที่ผ่านคอยล์ จะคายความร้อนให้แก่สารทำความเย็นที่ไหลอยู่ภายใน ทำให้มีอุณหภูมิและความชื้นลดลง และถูกส่งเข้าสู่อาคารเพื่อรับความร้อนอีกครั้งหนึ่ง

ส่วนสารทำความเย็นเหลวภายในคอยล์ซึ่งได้รับความร้อนจากอากาศ จะระเหยกลายเป็นไอที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำ ถูกคอมเพรสเซอร์ดูดเข้าไปและอัดออกมาเป็นไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูง เคลื่อนที่เข้าสู่คอนเดนเซอร์เพื่อระบายความร้อนให้แก่น้ำหรืออากาศภายนอกอาคาร

ทำให้กลั่นตัวกลับเป็นสารทำความเย็นเหลวที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงกลับเข้าสู่อุปกรณ์
สารทำความเย็นอีกครั้งหนึ่ง วงเวียนเป็นวัฏจักรเช่นนี้ตลอดเวลา

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการปรับอากาศ

2.3.3 ภาระการทำความเย็น

ความร้อนและความชื้นภายในห้องปรับอากาศมีผลโดยตรงต่อการปรับอากาศ เนื่องจากการปรับอากาศเป็นการปรับสภาวะอากาศให้มีความร้อนและความชื้นลดลง โดยการนำภาระความร้อนและความชื้นออกจากห้องเพื่อให้ห้องเกิดความเย็น และลดภาระความชื้นของอากาศภายในห้องให้อยู่ในเกณฑ์หรือปริมาณที่เหมาะสมกับอุณหภูมิ หากความร้อนและความชื้นในห้องมีปริมาณมาก ภาระในการปรับอากาศย่อมมีมาก และต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในการปรับอากาศ

ความร้อนและความชื้นภายในห้อง ซึ่งเป็นภาระในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ จะมีแหล่งที่มา 2 แหล่งคือ

- 1) ความร้อนจากภายนอกห้อง ซึ่งได้แก่ ความร้อนและความชื้นเนื่องจากรังสีอาทิตย์ และอากาศภายนอกที่ผ่านเข้ามาทางหลังคา เพดาน ฝาผนัง หน้าต่างกระจก รอยรั่วของประตูหน้าต่าง การเปิด-ปิดประตู หน้าต่าง เป็นต้น
- 2) ความร้อนและความชื้นที่เกิดจากภายในห้อง ซึ่งอาจจำแนกได้เป็น 5 ส่วน ดังนี้

2.1 ความร้อนที่ผ่านตัวกลาง (Barrier) เช่น ผนัง ประตู หน้าต่าง เพดาน พื้น ฯลฯ เข้ามาภายในอาคาร ความร้อนดังกล่าวมีการถ่ายเทจากภายนอกผ่านตัวกลางเข้ามาสู่ภายในอาคารเนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างภายนอกกับภายในอาคาร

2.2 รังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยอาจแยกได้เป็น

- รังสีความร้อนที่ผ่าน (Transmit) กระจกเข้ามาภายในอาคารแล้วถูกดูดซับไว้โดยพื้นผิวและวัสดุที่อยู่ภายในอาคาร
- รังสีความร้อนที่ถูกดูดซับไว้โดยผนังและหลังคา ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องรับแสงอาทิตย์โดยตรง แล้วถ่ายเท (Transfer) ความร้อนเข้ามาสู่ภายในอาคาร

2.3 ความร้อนของอากาศที่แทรกซึมเข้ามาภายในอาคารโดยผ่านช่องว่างหรือรอยรั่วต่างๆ ของอาคาร เช่น การเปิดปิดประตู การเปิดปิดหน้าต่าง รอยรั่วที่มีการอุด (sealed) ที่ไม่ดี เป็นต้น

2.4 ความร้อนจากอุณหภูมิร่างกายของผู้ที่อยู่อาศัยภายในอาคาร ซึ่งระบายออกจากร่างกายตลอดเวลา ทั้งนี้จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ที่อยู่ในอาคาร และกิจกรรมที่ทำด้วย

2.5 ความร้อนจากเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่อยู่ในอาคาร ซึ่งจะมีการระบายความร้อนออกสู่อากาศภายในห้องตลอดระยะเวลาที่ใช้งาน

การคำนวณภาระของการปรับอากาศหรือปริมาณความร้อนของห้องที่จะทำการปรับอากาศเป็นสิ่งจำเป็นในการจัดการเกี่ยวกับการปรับอากาศ เราอาจแบ่งความร้อนในการปรับอากาศออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ความร้อนแฝง (Latent Heat) และความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

- ความร้อนแฝง คือ ความร้อนที่ต้องนำออกเนื่องจากการลดความชื้นของอากาศ หรือ ความร้อนที่ต้องใช้ในการทำให้ไอน้ำในอากาศระเหยออกไปจนกระทั่งอากาศมีความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับอุณหภูมิ
- ความร้อนสัมผัส คือ ความร้อนที่รู้สึกได้ หรือความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลง ซึ่งผู้ที่อยู่ในห้องจะสามารถรับรู้ได้โดยการสัมผัส

การคำนวณภาระการทำความเย็นจะต้องคำนวณจากผลรวมของความร้อนทั้ง 2 ประเภท โดยอาจแบ่งการคำนวณตามจุดประสงค์ของการนำไปใช้งานได้เป็น 2 วิธี (13) ได้แก่

- 1) การคำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load Calculation) ซึ่งเป็นการคำนวณภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นเมื่อสภาพอากาศอยู่ในภาวะที่ไม่พึงประสงค์มากที่สุด เพื่อใช้ในการกำหนดขนาดของเครื่องปรับอากาศสำหรับบริเวณที่ต้องการทำความเย็น
- 2) การคำนวณภาระการทำความเย็นกำหนด (Term Cooling Load Calculation) เป็นการคำนวณภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งที่กำหนด

นอกจากนั้นการคำนวณภาระการทำความเย็นจะต้องคำนึงถึงความสามารถในการสะสมความร้อนของส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารด้วย เพราะการสะสมความร้อนของส่วนประกอบของอาคารจะทำให้ความร้อนนั้นถูกหน่วงเวลาเอาไว้ระยะหนึ่ง (Time Lag) จนกระทั่งส่วนประกอบของอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายในห้องหรือเมื่อมีการเปิดเครื่องปรับอากาศ ความร้อนส่วนนี้จึงจะถูกคายออกมา

2.3.4 ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการปรับอากาศ ถ้าปัจจัยอื่นๆ คงที่ เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า ย่อมจะทำให้การปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูงกว่าด้วย การแสดงให้เห็นประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ สามารถแสดงได้โดย สัมประสิทธิ์ในการทำงาน (Coefficient Of Performance; COP) และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio; EER) (14)

1) สัมประสิทธิ์ในการทำงาน (COP) เป็นค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพของวัฏจักรการทำความเย็นคือ อัตราส่วนระหว่างพลังงานที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำความเย็นได้ ต่อพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ โดยทั่วไปประสิทธิภาพของเครื่องย่นความร้อนจะมีค่าน้อยกว่า 1 แต่สำหรับวัฏจักรการทำความเย็นนั้นต่างจากเครื่องย่นความร้อน เพราะเครื่องทำความเย็นทำหน้าที่เป็นปั๊มสำหรับถ่ายเทความร้อน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบงานที่ทำในเครื่องอัดกับความสามารถในการทำความเย็นแล้ว ความสามารถในการทำความเย็นจะมีค่าสูงกว่า ดังนั้นประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศจึงมีค่ามากกว่า 1

2) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เช่นเดียวกับสัมประสิทธิ์ในการทำงาน เพียงแต่พลังงานความเย็นที่ใช้มีหน่วยเป็น บีทียู/ชั่วโมง (Btu/h) แต่พลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีหน่วยเป็น วัตต์ (W) เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพพลังงานหรือ EER จึงมีหน่วยเป็น (Btu/h)/W ตัวอย่างเช่น ถ้าเครื่องปรับอากาศมีความสามารถในการทำความเย็นเท่ากับ 12,000 Btu/h และต้องใช้พลังงานในการทำความเย็นเท่ากับ 1,000 W ก็หมายความว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องนั้นมีค่า EER เท่ากับ $12,000/1,000 = 12$ เป็นต้น

การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ในการทำงาน (COP) และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) มีค่าสูง ซึ่งจะส่งผลให้การปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูง และเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้วย อย่างไรก็ตามสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้กำหนดให้ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเป็นตัวแปรควบคุม โดยกำหนดให้ใช้เครื่องปรับอากาศที่มีค่าประสิทธิภาพเดียวกันคือ เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ซึ่งมีค่า EER = 12 (Btu/h)/W

2.3.5 การใช้งานเครื่องปรับอากาศ

ปัจจุบันได้มีหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับพลังงานได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงานไว้มากมาย ซึ่งการใช้งานเครื่องปรับอากาศที่ถูกต้องและเหมาะสมจะสามารถช่วยลดพลังงานในการปรับอากาศลงได้ส่วนหนึ่ง

จากคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องปรับอากาศของหลายๆ หน่วยงานอาจพอสรุปแนวทางการใช้งานเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมได้ดังนี้ (4, 6, 15)

- 1) การติดตั้งเครื่องปรับอากาศจะต้องติดตั้งในที่ที่เหมาะสม คือ ต้องสูงจากพื้นพอสมควร ไม่มีสิ่งกีดขวางช่องสำหรับระบายอากาศที่ด้านหลังเครื่อง เพื่อให้ความเย็นสามารถเป่าออกจากเครื่องและหมุนเวียนภายในห้องได้อย่างทั่วถึง และไม่ควรถูกติดตั้งเครื่องปรับอากาศให้ถูกแสงแดดหรือความร้อน
- 2) ระวังอย่าให้ความเย็นรั่วไหล ห้องที่มีการปรับอากาศควรมีการปิดอย่างมิดชิด ไม่ให้มีการรั่วไหลของอากาศ
- 3) ปรับปุ่มต่างๆ ให้เหมาะสม เช่น ตั้งค่าอุณหภูมิในการปรับอากาศให้พอเหมาะ ไม่ต่ำจนเกินไป การตั้งอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส จะประหยัดค่าไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 10
- 4) หมั่นทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศและตะแกรงด้านหลังเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้อากาศผ่านเข้าออกได้สะดวก
- 5) ใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดเหมาะสมกับขนาดของห้องที่ต้องการปรับอากาศและมีประสิทธิภาพสูงที่สุด คือใช้กระแสไฟฟ้าที่น้อยที่สุด เพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ
- 6) ถ้าไม่จำเป็นไม่ควรเปิดช่องระบายอากาศ (Exhaust) หรือช่องอากาศเข้า (Vent) เนื่องจากจะทำให้อากาศร้อนจากภายนอกเข้ามาภายในห้อง ก่อให้เกิดภาระในการปรับอากาศเพิ่มขึ้น

คำแนะนำที่เกี่ยวข้องกับการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศจะพบว่าคำแนะนำส่วนใหญ่ให้ปิดเครื่องปรับอากาศทุกครั้งเมื่อไม่ได้ใช้งานหรือหยุดใช้งานเกิน 1 ชั่วโมง แต่จากสภาพอากาศของประเทศไทยซึ่งมีความร้อนและความชื้นสูง หากเราปิดเครื่องปรับอากาศแม้เพียงระยะเวลาสั้นๆ อากาศภายในห้องก็จะมีความร้อนและความชื้นเพิ่มขึ้นปริมาณหนึ่ง จึงมีข้อขัดแย้งว่าเมื่อเราปิดเครื่องปรับอากาศเป็นระยะเวลาสั้นๆ แทนที่จะเป็นการประหยัดไฟฟ้า ความร้อนและความชื้นจากอากาศที่ผ่านเข้าไปภายในห้องอาจจะก่อให้เกิดภาระต่อการปรับอากาศเพิ่มขึ้น ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีข้อพิสูจน์ที่ชัดเจนสำหรับกรณีนี้

2.4 สภาพอากาศของประเทศไทยและภาวะความสบาย

2.4.1 สภาพอากาศ (Climate) ของประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีลักษณะอากาศทั่วๆ ไปแบ่งออกได้ 2 แบบ ดังนี้ (16)

แบบที่ 1 ภูมิอากาศแบบผสมหรือแบบมรสุม (Composite or Monsoon Climates) ลักษณะภูมิอากาศแบ่งออกเป็นฤดูกาล สำหรับประเทศไทยอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อนซึ่งมีอากาศร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมไปจนถึงเดือนพฤษภาคม อากาศมีอุณหภูมิสูง ฤดูฝนซึ่งมีอากาศอบอุ่นขึ้น เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาวซึ่งมีอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้ง เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนจนถึงต้นเดือนมีนาคม ภูมิอากาศแบบนี้จะพบในเขตภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกของประเทศ

แบบที่ 2 ภูมิอากาศแบบอบอุ่นชื้น (Warm Humid Climates) ภูมิอากาศแบบนี้จะพบในเขตภาคตะวันตกและภาคใต้ของประเทศ ลักษณะที่สำคัญของภูมิอากาศแบบนี้คือ

- อุณหภูมิในเวลากลางวันสูง มีอุณหภูมิขึ้นๆ ลงๆ ไม่แน่นอนระหว่างเวลากลางวัน/กลางคืน และระหว่างฤดูกาล
- ความชื้นอากาศสูงตลอดปี
- ปริมาณฝนมาก โดยเฉพาะเวลาที่ได้รับอิทธิพลของลมมรสุม ความแรงของลมค่อนข้างต่ำ
- ได้รับแสงอาทิตย์ปริมาณมากและเกือบตลอดปี

อาจสรุปได้ว่าประเทศไทยมีสภาพอากาศร้อนชื้น เนื่องจากมีช่วงระยะเวลาของฤดูฝนที่ยาวนาน อากาศร้อนเกือบตลอดทั้งปี มีอุณหภูมิและความชื้นของอากาศสูง ทำให้ปริมาณความร้อนและความชื้นในบรรยากาศมีมาก ซึ่งทั้งความร้อนและความชื้นของอากาศล้วนมีผลต่อการปรับอากาศ โดยเฉพาะในปัจจุบันอากาศร้อนมากขึ้น เนื่องจากมีผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมที่ถูกทำลาย ทำให้มีแนวโน้มว่าอุณหภูมิของอากาศจะสูงขึ้น ดังนั้นแนวโน้มการใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิจึงเพิ่มขึ้นตลอดเวลา (3) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1

เนื่องจากการใช้เครื่องปรับอากาศที่เพิ่มขึ้นอย่างมากระยะนี้เอง ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปริมาณมากด้วย หากสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการปรับอากาศได้ ก็จะลดการสิ้นเปลืองพลังงานลงได้มหาศาล แนวทางหนึ่งที่จะสามารถช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานในการปรับอากาศได้ก็คือ การเลือกใช้วัสดุสำหรับก่อสร้าง ประดับตกแต่งอาคารให้เหมาะสมกับสภาพอากาศ เพื่อลดภาระในการปรับอากาศนั่นเอง

2.4.2 ภาวะความสบาย

ภาวะความสบายหรือขอบเขตสบาย หมายถึงขอบเขตของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึก ร้อนหนาวของมนุษย์ โดยทั่วไปหมายถึงขอบเขตที่มนุษย์ไม่สามารถบอกได้ว่าร้อนหรือหนาว หรือ หมายถึงภาวะที่คนส่วนใหญ่อยู่อย่างน้อยที่สุดร้อยละ 80 มีความรู้สึกสบาย (17) ขอบเขตนี้ขึ้นกับตัวแปรต่างๆ 6 ตัวแปร ได้แก่

- 1) อุณหภูมิของอากาศ (Air Temperature)
- 2) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
- 3) อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature)
- 4) ความเร็วลม (Air Velocity)
- 5) อัตราการเผาผลาญพลังงานภายในร่างกาย (Metabolism Rate)
- 6) เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo-Value)

จากการวิจัยพบว่าขอบเขตสบายของมนุษย์ทั่วโลกจะมีค่าใกล้เคียงกัน จากการศึกษาของ นักวิทยาศาสตร์อเมริกันพบว่า เกณฑ์ภาวะความสบายควรจะใช้ค่าอยู่ระหว่าง 73°F ET ถึง 77°F ET หรือ 22.8°C ET ถึง 25°C ET ซึ่งเป็นมาตรฐานอุณหภูมิสมประสงต์ (Effective Temperature; ET) ซึ่งคำนึงถึงผลกระทบของตัวแปรต่างๆ 3 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และการเคลื่อนไหวของอากาศร่วมกัน (8)

ขณะที่มาตรฐานอุณหภูมิสมประสงต์ (Effective Temperature; ET) คำนึงถึงผลกระทบของตัวแปร 3 ตัว “มาตรฐานอุณหภูมิสมประสงต์แก้ไข” (Corrected Effective Temperature; CET) จะคำนึงถึงผลกระทบของตัวแปรถึง 4 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น การเคลื่อนไหวของอากาศ และผลกระทบจากการแผ่รังสี และจากการศึกษาพบว่า ภาวะความสบายจะอยู่ระหว่าง 69°F CET ถึง 76°F CET หรือ 20.5°C CET ถึง 24.5°C CET (18)

จากการศึกษาของ ม.ล.ประทีป มาลากุล และคณะ (18) โดยใช้เกณฑ์ของมาตรฐานอุณหภูมิสมประสงต์แก้ไข พบว่า เกณฑ์ความสบายสำหรับประเทศไทย ควรจะอยู่ระหว่าง 22°C CET ถึง 24.5°C CET ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงใช้ค่าอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศที่ก่อให้เกิดความสบายแก่ผู้อยู่อาศัย และประหยัคพลังงานในการปรับอากาศ คือ อุณหภูมิประมาณ 25 °C CET (4)

ค่าภาวะของอากาศที่นิยมใช้กันทั่วไปในการปรับอากาศเพื่อความสบายสำหรับการปรับอากาศในเมืองร้อน จะมีค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งอยู่ที่ประมาณ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50-55% แต่สำหรับที่อยู่อาศัยหรืออาคารทั่วไปในประเทศไทยค่าของอุณหภูมิอาจจะต้องลดลงมากกว่านี้เพื่อให้รู้สึกสบาย เนื่องจากอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุโดยรอบที่อยู่อาศัยมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องมากและมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิผิวภายนอกของผู้อยู่อาศัยด้วย ทำให้เกิดการแผ่รังสีความร้อนจากพื้นผิววัสดุมายังตัวคน ซึ่งความร้อนนี้เรียกว่า ความร้อนจากการแผ่รังสี (Mean Radiant Temperature; MRT) (13)

จากภาวะความสบายดังกล่าวข้างต้น การทดสอบครั้งนี้จึงใช้ค่าอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศประมาณ 25-26 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50% ซึ่งเป็นอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ก่อให้เกิดภาวะความสบายและประหยัดพลังงานในการปรับอากาศ

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อนและการถ่ายเทความร้อน

เนื่องจากงานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับโดยตรงกับความร้อนและการถ่ายเทความร้อนของวัสดุภายในอาคาร ดังนั้นการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับความร้อนและการถ่ายเทความร้อนจึงมีความจำเป็นมาก

2.5.1 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

แหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนที่ใหญ่ที่สุดสำหรับโลกได้แก่ ดวงอาทิตย์ พลังงานที่ส่งมาจากดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า บริเวณนอกชั้นบรรยากาศของโลกพลังงานของดวงอาทิตย์มีค่าประมาณ 1400 วัตต์/ตารางเมตร พื้นที่รับแสงของผิวโลกเฉลี่ยเท่ากับ 1.24×10^{14} ตารางเมตร ดังนั้นพลังงานที่โลกได้รับจึงมีค่าประมาณ 1.74×10^{17} วัตต์/ตารางเมตร

พลังงานของดวงอาทิตย์ 1.74×10^{17} วัตต์/ตารางเมตร ไม่ได้ตกถึงผิวโลกทั้งหมด เนื่องจากเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศจะมีพลังงานบางส่วนถูกสะท้อนกลับไปด้วยเมฆ ไอน้ำ หรืออนุภาคของฝุ่นละอองในบรรยากาศ และเมื่อตกกระทบพื้นผิวโลกก็จะมีพลังงานบางส่วนถูกสะท้อนกลับออกไปอีก โดยปริมาณการสะท้อนจะขึ้นกับลักษณะพื้นผิวของโลกบริเวณที่ถูกตกกระทบ เช่น บริเวณที่เป็นป่าไม้จะมีการสะท้อนน้อยกว่าบริเวณขั้วโลกที่เป็นน้ำแข็งปกคลุมอยู่ พลังงานทั้งหมดที่สะท้อนออกไปจากโลกมีค่าประมาณ 36% ของพลังงานทั้งหมดของดวงอาทิตย์ที่มาถึงโลก (19)

รังสีของดวงอาทิตย์มีลักษณะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แผ่รังสีมายังโลก 2 ลักษณะคือ

1) การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่อยู่บนชั้นบรรยากาศของโลก (Solar Radiation) ที่มีลักษณะเป็นรังสีคลื่นสั้น (Short-wave Radiation) เป็นรังสีที่มีอุณหภูมิสูง เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศปริมาณความร้อนจะลดลงเนื่องจากถูกดูดกลืนและสะท้อนกลับ ปริมาณรังสีความร้อนจะแปรผก

ผันกับระยะทางที่แสงส่องผ่านบรรยากาศ เช่น ในเวลาเที่ยงวันเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในแนวตั้งฉากกับผิวโลกมากที่สุด ระยะทางที่แสงส่องมายังโลกสั้นที่สุด ความเข้มของแสงอาทิตย์ก็จะมากที่สุดด้วย ในทางกลับกัน เวลาเช้าและเย็น ดวงอาทิตย์ไม่ได้อยู่ในแนวตั้งฉากกับผิวโลก ระยะทางที่แสงส่องมายังโลกจะเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นความเข้มของแสงอาทิตย์ก็จะลดลงตามลำดับ รังสีคลื่นสั้นจะมีความยาวคลื่นแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ดังนี้

รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultra-Violet) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่ารังสี UV หรือแสงเหนือม่วง เป็นตัวการทำให้สีของวัสดุซีดจาง ผิวหนังไหม้เกรียม มีความยาวคลื่นประมาณ 290-380 นาโนเมตร (10^{-9} เมตร)

รังสีช่วงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็น (Visible Light) มีความยาวคลื่นประมาณ 380-700 นาโนเมตร

รังสีอินฟราเรด (Infrared or Short Infrared) มีความยาวคลื่นประมาณ 700-2,300 นาโนเมตร

ตารางที่ 2-1 แสดงสัดส่วนพลังงาน ของรังสีช่วงคลื่นต่างๆ ที่ผ่านชั้นบรรยากาศลงสู่พื้นผิวโลก

Radiation Type	Wavelength (nm)	Energy (%)
UV-Radiation	200-380	7%
Visible Radiation	380-780	47%
Heat Radiation	780-3000	46%

ที่มา:Narenda K. Bansai, Gerd Hauser and Gernot Minke, Passive Building Design A Handbook of Natural Climate Control, 1994,23.

โลกมีการโคจรรอบดวงอาทิตย์ตลอดเวลา ดังนั้นระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์จึงมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา รังสีของดวงอาทิตย์ในแนวตั้งฉากซึ่งถือเป็นค่า Solar Constant มีค่าประมาณ 1,395 วัตต์/ตารางเมตร ภูมิภาคต่างๆ ของโลกจะได้รับความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกันออกไปตามค่ามุมที่รังสีตกกระทบ ความเข้มของรังสีที่ตกกระทบ ณ บริเวณใดๆ จะเท่ากับผลคูณของค่า Solar Constant กับค่า Cosine ของมุมที่รังสีตกกระทบนั่นเอง

2) การแผ่รังสีบนพื้นผิวโลก (Long-wave Radiation) เกิดจากแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นการแผ่รังสีคลื่นสั้นที่ส่องผ่านชั้นบรรยากาศลงมายังพื้นผิวโลก โดยผ่านลงมาด้วยวัตถุต่างๆ เช่น หลังคา ผนัง ทำให้วัตถุต่างๆ นั้นร้อนขึ้นและถ่ายเทความร้อนไปยังบริเวณที่เย็นกว่า ความร้อนที่เกิดขึ้นภายหลังจากนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นรังสีความร้อนคลื่นยาว การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์สามารถส่งผลมายังพื้นผิวโลก 3 ลักษณะ (20) คือ

รังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Solar Radiation or Direct Sun) คือรังสีความร้อนในทิศทางที่พลังงานจากดวงอาทิตย์ส่งมายังพื้นโลกโดยตรง เมื่อมาถึงชั้นบรรยากาศของโลกมีค่าประมาณ 429 Btu/hr.ft² เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์อยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นผิวโลก โดยผ่านชั้นบรรยากาศที่บางที่สุด ถ้าแนวรังสีเบนออกจากแนว 90 องศา ค่าความเข้มของพลังงานจะลดลงตามมุม Attitude เท่ากับ 30 องศา ค่าความเข้มของ Solar Radiation ก็จะเสมือนว่าส่องผ่านชั้นบรรยากาศที่มีความหนาขึ้นเป็น 2 เท่า และที่มุม Attitude เท่ากับ 19 องศา ค่า Solar Radiation จะเสมือนผ่านชั้นบรรยากาศเท่ากับ 3 เท่า

รังสีกระจาย (Diffuse Radiation) คือรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านลงมาถึงชั้นบรรยากาศ และถูกทำให้กระจายออกโดยไอน้ำและฝุ่นละอองต่างๆ ที่อยู่ในอากาศ ซึ่งจะกระจายไม่สม่ำเสมอในห้องฟ้า แต่จะมีความเข้มสูงบริเวณรอบดวงอาทิตย์และที่ใกล้กับเส้นขอบฟ้า ค่า Diffuse Radiation จะมีค่าประมาณ 10-90% ของปริมาณพลังงานจากดวงอาทิตย์โดยรวมที่เข้าสู่อาคาร

รังสีสะท้อน (Reflected Radiation) คือรังสีดวงอาทิตย์ที่สะท้อนจากผิวต่างๆ Reflected Radiation จะมีค่าขึ้นอยู่กับค่า Reflectance ของพื้นผิวที่สะท้อนรังสี ปริมาณความร้อนที่สะท้อนสู่อาคารมีอิทธิพลมาจากลักษณะพื้นผิวและทิศทางของวัสดุที่อยู่โดยรอบอาคาร สำหรับสภาพอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทย ห้องฟ้าจะมีปริมาณเมฆและละอองน้ำสูง ทำให้ Diffuse Radiation และ Reflected Radiation มีผลมากต่อการทำความเย็น

การแผ่รังสีบนพื้นผิวโลกนี้จะมีปริมาณน้อยกว่ารังสีทั้งหมดที่ส่องลงมา เนื่องจากรังสีบางส่วนเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศจะถูกสะท้อนกลับออกไปโดยก้อนเมฆ ไอน้ำ และอนุภาคของฝุ่นละอองในบรรยากาศ บางส่วนถูกดูดกลืนไปโดยส่วนประกอบต่างๆ ในชั้นบรรยากาศ และบางส่วนจะถูกกระจายออกโดยโมเลกุลในบรรยากาศ รังสีบางส่วนเมื่อตกกระทบผิวโลกแล้วก็กลับสะท้อนออกไป มีรังสีปริมาณเพียง 50% ของรังสีทั้งหมดที่ถูกทำให้กระจายออก รังสีส่วนนี้จะตกลงมายังพื้นโลกและถูกดูดกลืนไว้โดยผิวโลก ซึ่งรังสีที่อยู่บนพื้นผิวโลกนี้จะกลายเป็นพลังงานความร้อนที่มีพลังงานความร้อนน้อยกว่า Solar Radiation ประมาณ 1/160,000 เท่า ที่บริเวณแหล่งกำเนิด

2.5.2 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

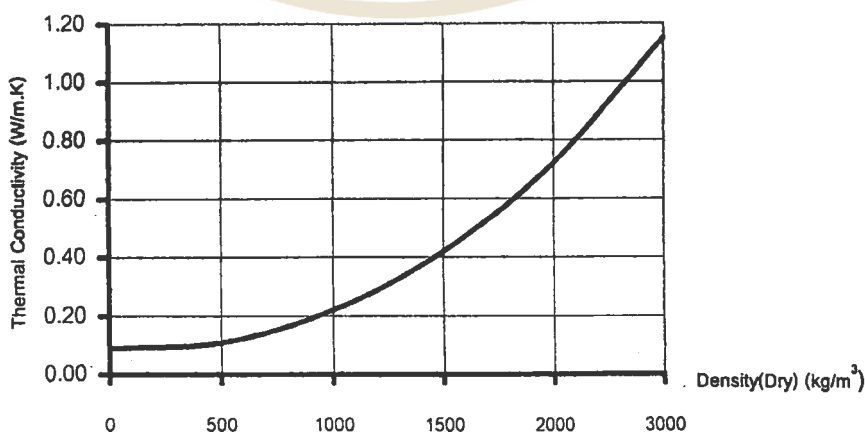
โดยปกติแล้วความร้อนจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิสูง ไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ และกระบวนการนี้จะดำเนินไปจนกระทั่งเข้าสู่สมดุลของอุณหภูมิ (Thermal Equilibrium) นั่นคือทุกๆ บริเวณมีอุณหภูมิเท่ากัน ประเทศไทยซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นในอากาศสูงกว่าขอบเขตของภavnาน้ำสบาย (Comfort Zone) เกือบตลอดเวลา ภายในอาคารจึงจำเป็นต้องมีการปรับอากาศเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการอยู่อาศัย หรือปรับอากาศเพื่อให้อยู่ในภavnาน้ำสบาย เมื่อมีการปรับอากาศภายในอาคารจะทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร ความร้อนจากอากาศที่อยู่ภายนอกจึงพยายามถ่ายเทเข้ามาภายในอาคารโดยกระบวนการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

2.5.3 กระบวนการถ่ายเทความร้อน

กระบวนการที่ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนประกอบด้วยปรากฏการณ์ 3 รูปแบบคือการนำความร้อน (Conduction), การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) และการพาความร้อน (Convection) (21)

การนำความร้อน (Conduction)

จากการศึกษาของ Katherine Panchyk พบว่าการคายความร้อนของวัสดุจะขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อน (Heat or Thermal Conductance) และความหนาแน่น (Density) ของวัสดุ โดยที่วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำจะสามารถส่งผ่านความร้อนออกมาได้น้อยและช้า วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง เช่น โลหะ การส่งผ่านความร้อนออกมายังภายนอกก็จะมีปริมาณมากและรวดเร็ว (8)



รูปที่ 2-1 แสดงความสัมพันธ์ของการนำความร้อนของวัสดุกับความหนาแน่นของวัสดุ

ที่มา: Narendra K. Bansal, Gerd Hauser and Gernot Minke. *Passive Building Design A Handbook of Natural Climatic Control*, 1994, 38.

การนำความร้อนเป็นการถ่ายเทพลังงานความร้อนจากแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยอาศัยพลังงานจลน์ (Kinetic energy) จากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสสาร เมื่อมีการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้าไปในสสาร โมเลกุลของสสารจะเกิดการเคลื่อนที่ โมเลกุลของของเหลวและอิเล็กตรอนอิสระ (Free electron) ของของแข็งจะเกิดการเคลื่อนที่ชนกัน ของแข็งที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำความร้อนที่ดี เช่น ทองแดง เงิน เป็นต้น จะมีอิเล็กตรอนอิสระจำนวนมากเคลื่อนที่อยู่ พลังงานจลน์เนื่องจากการชนกันของอะตอมหรือโมเลกุลจะทำให้เกิดความร้อนเกิดขึ้น และส่งผ่านตัวกลางคือ อะตอมหรือโมเลกุลของวัสดุที่อยู่ติดกันต่อไป ตัวอย่างของการนำความร้อนผ่านตัวกลางได้แก่ การนำความร้อนของไอน้ำผ่านท่อออกมาข้างนอก เป็นต้น

การนำความร้อนจะเกิดขึ้นเท่าๆ กันในทุกทิศทาง ไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก และจะเกิดขึ้นจนกว่าทุกๆ จุดที่สัมผัสกันมีอุณหภูมิเท่ากัน นอกจากนั้นการนำความร้อนยังขึ้นกับโครงสร้างของโมเลกุลและค่าการนำความร้อน (Thermal Conductance) ด้วย สำหรับวัสดุภายในอาคารค่าการนำความร้อนจะขึ้นกับความหนาแน่น (Density; D) ของวัสดุ (22) วัสดุที่มีความหนาแน่นสูงจะมีการนำความร้อนสูงด้วย ตัวอย่างวัสดุที่มีการนำความร้อนสูง ได้แก่ โลหะต่างๆ เช่น เหล็ก (Steel), อลูมิเนียม (Aluminum), ทองแดง (Copper) ฯลฯ วัสดุจำพวกคอนกรีต (Concrete), หิน อิฐ ปูน (Masonry) ก็มีการนำความร้อนสูง (แต่ต่ำกว่าโลหะ) ส่วนวัสดุจำพวกไม้จะมีการนำความร้อนต่ำ อากาศ (Air), ก๊าซต่างๆ (Gases) และวัสดุที่มีความพรุน (Porous Materials) เช่น ขนสัตว์ ฉนวนไฟเบอร์กลาส, โฟมแข็ง (Rigid Foam) เป็นตัวนำความร้อนที่เลว ดังนั้นมันจึงถูกใช้เป็นวัสดุฉนวนสำหรับอาคารและห้องปรับอากาศ

ค่าการนำความร้อน (Heat or Thermal Conductance) คือความร้อนที่ถูกถ่ายเทโดยการนำความร้อน ผ่านสสารที่มีความหนาค่าหนึ่ง ในหนึ่งหน่วยเวลา เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสสาร 2 ชนิดเท่ากับหนึ่งหน่วย คำนวณได้จาก

$$\text{Thermal Conductance} = k \cdot D$$

โดยที่	Thermal Conductance	=	ค่าการนำความร้อน (Btu / hr . ft ²)
	k	=	ค่า Thermal Conductivity (Btu . ft / hr . lb . °F)
	D	=	ความหนาแน่น (Density) ของวัสดุ (lb / ft ³)

ค่า Thermal Conductivity; k คือ ความร้อนที่ถูกถ่ายเทผ่านสสารที่มีความหนาหนึ่งหน่วย โดยการนำความร้อน ในหนึ่งหน่วยเวลา หนึ่งหน่วยมวล และหนึ่งหน่วยอุณหภูมิหน่วยของ k คือ $\text{Btu} \cdot \text{ft} / \text{hr} \cdot \text{lb} \cdot ^\circ\text{F}$ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าต่างๆ ต่อไปนี้

- ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิระหว่าง 2 จุดที่มีการนำความร้อนเกิดขึ้น
- ความหนาของสสาร หรือระยะทางในการนำความร้อน
- พื้นที่ที่สัมผัสความร้อน
- ระยะเวลาที่สัมผัสกับความร้อน

ค่าที่ใช้ในการคำนวณเพื่อการออกแบบจนวนกันความร้อนของอาคารจะใช้ค่าความต้านทานการนำความร้อน (Thermal Resistance; R) ซึ่งเป็นส่วนกลับของค่าการนำความร้อน (Thermal Conductance; Conductance) หรือ $R = 1 / \text{Conductance}$ โดยที่จะพิจารณาเลือกใช้วัสดุที่มีค่า R สูงๆ เพราะวัสดุชนิดนั้นจะมีความเป็นฉนวนสูง สามารถป้องกันการนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารหรือภายในห้องได้ดี (22)

สำหรับวัสดุสำหรับอาคารชนิดอื่นๆ ที่มีใช้วัสดุนวน พฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นแตกต่างออกไป คุณสมบัติการนำความร้อนจะบอกถึงความสามารถของวัสดุในการถ่ายเทความร้อนจากแกนผ่านสสารของวัสดุออกมาที่ผิว (Surface) ของวัสดุ จากนั้นจึงถ่ายเทให้กับอากาศภายในห้องที่เย็นกว่าเพื่อให้เกิดการถ่ายเทออกไปยังภายนอกห้อง อันเป็นกระบวนการปรับอากาศภายในห้องนั่นเอง

การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Waves) ที่ได้จากพลังงานในการเคลื่อนที่หรือสั่นของโมเลกุลของสสาร เมื่อโมเลกุลเกิดการสั่นมันจะให้พลังงานออกมาในรูปของรังสีหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่นเดียวกับการนำไฟฟ้า พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า แต่ข้อที่แตกต่างจากการนำความร้อนก็คือ การแผ่รังสีไม่ต้องอาศัยตัวกลาง สามารถเกิดได้แม้ในสภาวะสุญญากาศ (Vacuum) ขณะที่การนำความร้อนต้องอาศัยตัวกลางคือโมเลกุลของสสารต่างๆ ในการนำความร้อน

การสั่นของโมเลกุลที่ผิวของวัสดุจะทำให้เกิดรังสีหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งจะเคลื่อนที่หลุดออกจากผิวของวัสดุโดยมีความเร็วเท่ากับความเร็วแสง การสั่นจะถูกทำให้ช้าลงเมื่อพลังงานความร้อนถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานของรังสีความร้อน รังสีเหล่านี้จะเคลื่อนที่ออกจากผิวของวัสดุ

จนกระทั่งไปตกกระทบกับผิวของวัสดุอื่นและเกิดการดูดซับรังสีความร้อนขึ้น โมเลกุลที่ผิวของวัสดุที่ถูกตกกระทบจะดูดซับพลังงานของรังสีความร้อนและเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงานความร้อน ทำให้ตัวมันเองเกิดการสั่นและมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการนำความร้อน การแผ่รังสีความร้อนจะไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก และสามารถเกิดได้ในทุกทิศทาง

อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุมีได้ขึ้นกับอุณหภูมิที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนเท่านั้น แต่จะขึ้นกับความยาวคลื่น (Wavelength; λ) หรือความถี่ (Frequency; f) ของรังสีด้วย โมเลกุลของสสารหรือวัตถุจะสั่นด้วยความเร็วที่ขึ้นกับความยาวคลื่นและความถี่ของรังสี โมเลกุลที่มีความเร็วสูงสุดหรือมีอุณหภูมิสูงสุด จะปลดปล่อยรังสีความร้อนที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุด (Minimum λ) และมีความถี่สูงสุด (Maximum f) (22)

การวัดค่าของการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุจะกระทำโดยการวัดค่าของการปลดปล่อยพลังงานรังสีความร้อนที่แผ่ออกมาจากผิวของวัสดุ ต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Radiant flux; R_f) ค่าการแผ่รังสีความร้อน (R_f) จะมีหน่วยเป็น $\text{Btu} / \text{hr} \cdot \text{ft}^2$ เมื่อมีรังสีความร้อนมาตกกระทบวัสดุ พฤติกรรมของวัสดุที่จะตอบสนองต่อรังสีความร้อนจะมี 3 รูปแบบคือ การดูดซับ (Absorb), การสะท้อน (Reflect) และการส่งผ่าน (Transmit) ความร้อน โดยที่ผลรวมของค่าการดูดซับ (Absorptance), ค่าการสะท้อน (Reflectance) และค่าการส่งผ่าน (Transmittance) จะเท่ากับ 1.0 (23)

ความสามารถในการปลดปล่อยหรือการคายความร้อน (Emissivity; E) เป็นค่าที่ใช้วัดความสามารถของพื้นผิวของวัสดุในการคายรังสีความร้อน เมื่อได้รับความร้อนค่าหนึ่ง ซึ่งจะมีค่าอยู่ในช่วง 0.0 คือไม่สามารถคายรังสีความร้อนออกมาได้เลย จนถึง 1.0 คือมีการแผ่รังสีในอัตราสูงสุด ซึ่งวัสดุที่จะเกิดการคายรังสีความร้อนแบบนี้ได้ เรียกว่า วัตถุดำ (Black body) ที่อุณหภูมิต่างๆ ค่าของการคายรังสีความร้อนของพื้นผิวจะมีค่าเท่ากับค่าการดูดซับความร้อน (Absorptance) ตามกฎของเคอร์ชอฟ (Kirchoff's Law) วัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่จะสามารถดูดซับและคายรังสีความร้อนในช่วง far - IR ได้ดี (22)

โลหะที่มีพื้นผิวเป็นมันวาวจะมีค่าการดูดซับความร้อนต่ำ และค่าการสะท้อนความร้อนสูง ดังนั้นค่าการคายความร้อนจึงมีค่าต่ำ เกิดการแผ่รังสีได้ยาก แต่ถ้าหากมีความร้อนเกิดขึ้นที่ผิวของวัสดุแล้วจะสามารถดูดซับความร้อนเอาไว้ได้ดี ส่วนใหญ่โลหะจะมีค่าการคายความร้อนต่ำ ส่วนอโลหะจะมีค่าการคายความร้อนสูง ค่าการคายความร้อนจะขึ้นกับลักษณะพื้นผิว และสีของวัสดุ

การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อนเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผิวของของแข็งที่สัมผัสกับของไหล ซึ่งได้แก่ ของเหลวและก๊าซ การพาความร้อนเกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหล เช่น อากาศ และน้ำ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างผิวของของแข็งนั้น การพาความร้อนจะเกิดร่วมกับการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน การถ่ายเทความร้อนระหว่าง 2 บริเวณของของแข็งที่มีอุณหภูมิต่างกัน ของไหลที่ไหลผ่านสัมผัสของแข็งที่มีอุณหภูมิสูงจะถูกทำให้ร้อนขึ้นโดยกระบวนการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน ความร้อนดังกล่าวจะถูกแพร่ให้กับส่วนอื่นๆ ของของไหล โดยกระบวนการนำความร้อนและการผสมกัน (Physical mixing) ของของเหลว เมื่อของไหลไหลผ่านบริเวณผิวของของแข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ความร้อนจะถูกถ่ายเทอีกครั้งให้กับของแข็ง โดยกระบวนการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน

ข้อแตกต่างของการนำความร้อนและการพาความร้อนก็คือชนิดของโมเลกุลที่มีการเคลื่อนที่ ในกระบวนการนำความร้อนโมเลกุลไม่มีการเคลื่อนย้ายตำแหน่ง แต่จะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับโมเลกุลอื่นๆ โดยการสั่นกระทบหรือชนต่อเนื่องกันไป สำหรับการพาความร้อน พลังงานความร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับโมเลกุลอื่นๆ โดยการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของโมเลกุลของของไหลที่เป็นตัวกลางเมื่อได้รับความร้อน ตัวอย่างการพาความร้อนที่พบได้ทั่วไป (Natural Convection) ได้แก่ การไหลเวียนของอากาศ (Thermal circulation) ภายในห้อง เมื่ออากาศได้รับความร้อน โมเลกุลของมันจะเกิดการเคลื่อนที่ห่างจากกันมากขึ้น จึงทำให้ความหนาแน่นของอากาศลดลง อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะไหลเข้าไปแทนที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า และเนื่องจากการพาความร้อนขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจึงไหลขึ้นด้านบนเสมอ

การพาความร้อนอีกรูปแบบหนึ่งที่เกิดขึ้นในการปรับอากาศ คือ การพาความร้อนที่เกิดจากแรงภายนอก (Forced Convection) การพาความร้อนแบบนี้เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกระทำจากภายนอก เช่น แรงจากพัดลมดูดอากาศ เครื่องปรับอากาศ การเคลื่อนไหวของลม เป็นต้น การพาความร้อนรูปแบบนี้จะต่างจากการพาความร้อนทั่วไป (Natural Convection) คือจะไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงและการลอยตัวของอากาศ การไหลของความร้อนจะเกิดขึ้นได้ทุกทิศทาง หรือเกิดขึ้นในทิศทางที่ถูกกระทำโดยอุปกรณ์ต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ความร้อนจากวัสดุจะถูกพาออกจากวัสดุโดยอากาศที่อยู่รอบๆ ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า เพื่อถ่ายเทออกไปยังภายนอกห้อง อันเป็นกระบวนการปรับอากาศภายในห้องนั่นเอง



เห็นได้ว่าการดูดซับและคายความร้อนของวัสดุจะเกิดขึ้นจากกระบวนการทั้ง 3 รูปแบบ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วประกอบกัน ดังนั้นในการพิจารณาการดูดซับและการคายความร้อนของวัสดุจึงต้องพิจารณาคุณสมบัติการนำความร้อน, การแผ่รังสีความร้อนและการพาความร้อนร่วมกัน แต่เนื่องจากการคำนวณในส่วนของการแผ่รังสีความร้อนและการพาความร้อนมีความยุ่งยากมาก ดังนั้นโดยทั่วไปแล้วในการพิจารณาจึงมักจะพิจารณาค่าการส่งผ่านความร้อน (Thermal Transmittance; U) แทน โดยถือว่าได้คิดรวมเอาค่าการแผ่รังสีความร้อนและค่าการพาความร้อนเอาไว้ด้วยแล้ว

ค่าการส่งผ่านความร้อน เป็นค่าที่ใช้วัดปริมาณความร้อนที่ถูกส่งผ่านวัสดุ ในหนึ่งหน่วยเวลา และหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยที่ค่าการส่งผ่านความร้อนจะเป็นส่วนกลับของผลรวมค่าการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance; R) และมีหน่วยเช่นเดียวกับค่าการนำความร้อน (Conductance; Conductance) แต่ไม่เท่ากับผลรวมของค่าการนำความร้อน

$$U = \frac{1}{\text{Sum } R}$$

โดยที่ $U = \text{ค่าการส่งผ่านความร้อน (Btu / hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F)}$
 $\text{Sum } R = \text{ผลรวมของค่าการต้านทานความร้อน (hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F/Btu)}$

หมายเหตุ* $U \neq \text{Conductance}$

โดยสรุป ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ (Heat Absorption) จะขึ้นกับค่าต่างๆ ต่อไปนี้ คือ

- 1) ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat; c)
- 2) ค่าความจุความร้อน (Thermal Capacity)
- 3) ค่า Thermal Conductivity และ
- 4) ค่าความหนาแน่นของวัสดุ (Density Of Materials)

Fuller Moore (22) ได้กล่าวถึงการดูดซับความร้อน (Heat or Thermal Storage) ของวัสดุ ภายในอาคารว่า เกิดขึ้นปริมาณไม่มากนักเมื่อเทียบกับความร้อนที่ผ่านเข้ามาโดยตรง, ผ่านเข้ามาโดยรังสีของความร้อน และรั่วไหลเข้ามาจากภายนอก แต่ก็สามารถแสดงให้เห็นได้ในเชิงเปรียบ

เทียบระหว่างวัสดุ วัสดุที่มีน้ำหนักเบา (comparative light in weight) เช่น ไม้ แก้ว โลหะ ฯลฯ จะสามารถสะสมและคายความร้อนได้เร็วกว่าวัสดุที่มีน้ำหนักมากกว่า (more massive materials) เช่น คอนกรีต อิฐ ฯลฯ ความสามารถในการดูดซับความร้อนของวัสดุ จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น (Density), ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) และค่าสภาพนำความร้อน (Thermal Conductivity) อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้การกล่าวถึงการดูดซับความร้อนของวัสดุนั้นจะหมายถึง การดูดซับความร้อนและการคายความร้อนของวัสดุด้วย

ถ้าอุณหภูมิภายนอกอาคารมีค่าค่อนข้างคงที่ การดูดซับความร้อนของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารจะมีผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในอาคารเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ถ้าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดเวลา การเลือกวัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนสูง จะช่วยให้อุณหภูมิภายในอาคารมีความคงที่มากขึ้น สำหรับประเทศในเขตที่มีอากาศหนาวเย็น จะใช้วัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนสูง เนื่องจากต้องการกักเก็บความร้อนเอาไว้ภายในอาคารมากที่สุด เพื่อความอบอุ่น ในประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศในเขตร้อน การพิจารณาเลือกวัสดุสำหรับห้องที่มีการปรับอากาศจะต้องกระทำกลับกัน คือจะต้องเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนต่ำ เพื่อให้อุณหภูมิภายในอาคารลดลง

เมื่อแสงอาทิตย์หรือรังสีความร้อน (Solar Radiation) ผ่านเข้ามายังบริเวณภายในอาคารหรือบริเวณที่ต้องการปรับอากาศ กระกระทบกับวัสดุและพื้นผิวต่างๆ บางส่วนของรังสีความร้อนจะถูกดูดซับอยู่ในรูปของความร้อนโดยวัสดุและพื้นผิวนั้น รังสีส่วนที่เหลือจะถูกสะท้อน (reflected) ออกมาในรูปของแสง ซึ่งค่าของการดูดซับและสะท้อนนี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง เช่น สีของวัสดุ ลักษณะพื้นผิวของวัสดุ มุมที่รังสีตกกระทบวัสดุ เป็นต้น ตัวอย่างเช่น วัสดุที่มีสีอ่อนจะสามารถสะท้อนแสงหรือรังสีความร้อนได้ดี ส่วนสีเข้มจะดูดซับความร้อนเอาไว้ได้ปริมาณมาก และวัสดุที่มีผิวเรียบจะสามารถดูดซับความร้อนได้น้อยกว่าวัสดุที่มีผิวไม่สม่ำเสมอ (7)

ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ (Heat Absorption of Materials) จะขึ้นอยู่กับค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat; c) ของวัสดุ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดความสามารถในการดูดซับความร้อนของวัสดุ มีหน่วยเป็น Btu/lb.°F (8) ในการวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะจะใช้ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเป็นค่ามาตรฐาน โดยที่น้ำจะมีค่าความจุความร้อนจำเพาะเท่ากับ 1.0 Btu/lb.°F วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนจำเพาะสูง จะดูดซับความร้อนได้มากและมีการคายความร้อนที่ดูดซับอยู่ได้ช้า ในการทำให้วัสดุประเภทนี้มีอุณหภูมิลดลงจึงต้องใช้ความเย็นปริมาณมากและระยะเวลานาน ค่าจำกัดความของค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ คือ ถ้าปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุนวลหนึ่งหน่วย มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย ซึ่งสามารถแสดงการคำนวณได้ดังนี้

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T}$$

โดยที่	c	=	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (Btu / lb . °F)
	ΔQ	=	ปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไป (Btu)
	m	=	มวลของวัสดุ (lb)
	ΔT	=	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป (°F)

โดยปกติเราจะใช้ความจุความร้อนจำเพาะเพียงค่าเดียวเป็นดัชนีในการกำหนดความเหมาะสมของวัสดุในด้านการดูดซับความร้อน แต่เนื่องจากค่าความจุความร้อนจำเพาะมิได้นำเอาปริมาตรของวัสดุซึ่งมีผลต่อการดูดซับความร้อนมาคำนวณด้วย การกำหนดความเหมาะสมจึงอาจเกิดการผิดพลาดได้ จากการศึกษาของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานในการก่อสร้างอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติจะใช้ค่าความจุความร้อน (Heat or Thermal Capacity; TC) ในการกำหนดค่าความเหมาะสมของวัสดุ อาคารดังกล่าวมีการใช้ผนังกันห้องภายในอาคารที่มีค่าความจุความร้อนน้อย ไม่ดูดซับความร้อน เพื่อลดความร้อนสะสมภายในอาคาร นอกจากนั้นยังมีการใช้วัสดุภายในที่มีค่าความจุความร้อนน้อย ไม่ดูดซับความร้อน เพื่อลดการสูญเสียพลังงานของเครื่องปรับอากาศด้วย (24)

ค่าความจุความร้อนของวัสดุ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าไปในวัสดุแล้วทำให้วัสดุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย และค่าความจุความร้อนต่อหนึ่งหน่วยมวลของวัสดุก็คือค่าความจุความร้อนจำเพาะนั่นเอง ($TC / m = c$) ดังนั้นความจุความร้อนจำเพาะจึงแปรผันตามความจุความร้อนด้วย จะเห็นได้ว่าค่าที่มีความเหมาะสมในการพิจารณาการดูดซับความร้อนมากกว่า ได้แก่ ค่าความจุความร้อน (Heat or Thermal Capacity; TC) เพราะเป็นค่าที่แสดงปริมาณความร้อนที่วัสดุสามารถดูดซับไว้ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร อย่างไรก็ตามค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุสามารถใช้ประเมินแนวโน้มในการดูดซับความร้อนของวัสดุได้ ค่าความจุความร้อน สามารถแสดงการคำนวณได้จาก

$$TC = \frac{\Delta Q}{V \cdot \Delta T}$$

โดยที่	TC	=	ค่าความจุความร้อนของวัสดุ (Btu / ft ³ . °F)
	ΔQ	=	ปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไป (Btu)
	V	=	ปริมาตรของวัสดุ (ft ³)
	ΔT	=	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป (°F)

หรือจะอาศัยค่าความหนาแน่นของวัสดุช่วยในการคำนวณดังนี้

$$TC = \frac{m \cdot \Delta Q}{D \cdot \Delta T}$$

โดยที่	TC	=	ค่าความจุความร้อนของวัสดุ (Btu / ft ³ . °F)
	m	=	มวลของวัสดุ (lb)
	D	=	ความหนาแน่นของวัสดุ (lb / ft ³)
	ΔQ	=	ปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไป (Btu)
	ΔT	=	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป (°F)

ข้อจำกัดอีกข้อหนึ่งที่สามารถเกิดขึ้นได้ในเรื่องของการดูดซับความร้อนก็คือ หากความร้อนมิได้ถูกนำเข้าไปจนถึงศูนย์กลางหรือแกนของวัสดุ (Core of Materials) อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุจะสูงขึ้น ขณะที่อุณหภูมิที่แกนของวัสดุยังคงต่ำ ดังนั้นค่าความจุความร้อนของแกนวัสดุจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ เนื่องจากอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณได้

ทั้งค่าความจุความร้อน (TC) และค่าความจุความร้อนจำเพาะ (c) ของวัสดุจะมีค่าไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้หรือจะแปรเปลี่ยนไปตามค่าของอุณหภูมิ ดังนั้นในการบอกค่าจึงต้องระบุภาวะขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงความร้อนด้วยว่าเกิดขึ้นภายใต้ภาวะที่ความดันคงที่หรือปริมาตรคงที่ จึงจะสามารถระบุได้ว่าเป็น ความจุความร้อนและความจุความร้อนจำเพาะเมื่อความดันคงที่ (TC_p และ c_p) หรือความจุความร้อนและความจุความร้อนจำเพาะเมื่อปริมาตรคงที่ (TC_v และ c_v) (14) สำหรับสารที่เป็นของแข็งหรือของเหลวภายใต้อุณหภูมิหนึ่งๆ พบว่า TC = TC_v = TC_p และ

$c = c_v = c_p$ ดังนั้นของแข็งและของเหลวจึงมีค่าความจุความร้อนและความจุความร้อนจำเพาะเพียงค่าเดียว สำหรับอากาศซึ่งอยู่ในสถานะก๊าซจะใช้ค่าความจุความร้อนจำเพาะเมื่อความดันคงที่ในการคำนวณค่าต่างๆ โดยที่ค่าความจุความร้อนจำเพาะเมื่อความดันคงที่จะแปรผันตามค่าอุณหภูมิ (21)

เพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการที่ความร้อนถูกนำเข้าไปไม่ถึงศูนย์กลางหรือแกนของวัสดุ การนำความร้อน (Conductance) เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ใช้เป็นดัชนีกำหนดความเหมาะสมของวัสดุในแง่ของการดูดซับความร้อน โดยที่ความสามารถในการดูดซับความร้อนของวัสดุ (Heat Absorption; HA) จะคำนวณได้จาก

$$HA = D \times c \times k$$

โดยที่ HA = ความสามารถในการดูดซับความร้อนของวัสดุ
(Btu²/hr.ft⁴.°F²)

D = ความหนาแน่นของวัสดุ (lb/ft³)

c = ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (Btu/lb.°F)

k = ค่า Thermal Conductivity ของวัสดุ (Btu.ft/hr.ft².°F)

มวลสารและการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

มวลสาร (Mass) ของวัสดุ หมายถึง เนื้อของวัสดุที่รวมอัดแน่นกันอยู่ในวัสดุนั้น มวลสารของวัสดุจะมีค่าคงที่ไม่ว่าวัสดุนั้นจะอยู่ที่ใดก็ตาม ซึ่งต่างกับน้ำหนักของวัสดุที่หมายถึงแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อมวลสารของวัสดุ ดังนั้นถ้าชั่งน้ำหนักของวัสดุในบริเวณที่มีแรงดึงดูดของโลกต่างกัน เช่น ที่ระดับน้ำทะเลและบนยอดเขาสูง จะได้ค่าน้ำหนักของวัสดุแตกต่างกัน ขณะที่มวลสารของวัสดุเป็นค่าเดียวกัน อย่างไรก็ตามมวลสารและน้ำหนักของวัสดุจะมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้นบนผิวโลก เราจึงสามารถใช้ค่าน้ำหนักของวัสดุแทนค่ามวลสารของวัสดุได้

การหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Thermal Time Lag or Time Lag) หมายถึง ระยะเวลาที่ความร้อนเคลื่อนที่จากด้านที่ร้อนกว่าไปยังด้านที่เย็นกว่า ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้สำหรับผนังหรือหลังคาของอาคาร แต่ถ้ากล่าวถึงวัสดุภายในอาคารก็จะหมายถึงระยะเวลาที่ความร้อนเคลื่อนที่จากชั้นของวัสดุที่มีความร้อนมากกว่าไปยังชั้นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ถ้าเป็นกระบวนการดูดซับความร้อนจะหมายถึงระยะเวลาที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณผิวของวัสดุที่มีความร้อนสูงกว่าลงไปยังเนื้อของวัสดุชั้นที่ลึกลงจนกระทั่งถึงแกนของวัสดุไปซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า และถ้าเป็นกระบวนการคายความร้อน

ก็จะหมายถึงระยะเวลาที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณส่วนกลางหรือภายในเนื้อของวัสดุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าออกมายังบริเวณผิวของวัสดุซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า มวลสารของวัสดุมีความสัมพันธ์กับการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุ คือวัสดุที่มีมวลสารมากจะมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเอาไว้ได้นานกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยกว่า

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้นและการดูดซับความชื้น

โมเลกุลของอากาศจะมีความชื้นเป็นส่วนประกอบอยู่ปริมาณมากในรูปของไอน้ำ ปริมาณไอน้ำอันท่วมที่อยู๋ภายในอากาศจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ ถ้าอากาศมีอุณหภูมิต่ำ ไอน้ำที่อยู๋ภายในอากาศจะมีปริมาณน้อย แต่ถ้าอุณหภูมิของอากาศสูง ไอน้ำที่อยู๋ภายในอากาศก็จะมีปริมาณสูงด้วย โดยทั่วไปแล้วอากาศอยู่ที่สภาวะต่ำกว่าจุดอิ่มตัว

ปริมาณความชื้นในอากาศมี 2 ความหมายคือ ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) และ ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

ความชื้นจำเพาะ เป็นน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศแห้ง สามารถแสดงได้ทั้งหน่วยปอนด์ของไอน้ำต่อปอนด์ของอากาศแห้ง และ Grain ของไอน้ำต่อปอนด์ของอากาศแห้ง

ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นการวัดระดับความอึมตัวของอากาศที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature; DB) แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของการอึมตัว โดยที่ 100% ของความชื้นสัมพัทธ์จะแสดงถึงการอึมตัวอย่างสมบูรณ์หรือมีไอน้ำอยู่ในอากาศสูงสุด และ ความชื้นสัมพัทธ์ 0% แสดงว่าไม่มีไอน้ำอยู่ในอากาศ หรืออากาศแห้งอย่างสมบูรณ์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นอัตราส่วนระหว่างความดันของไอน้ำที่เกิดขึ้นจริงต่อความดันร่วมของไอน้ำอึมตัวที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งใดๆ

ความชื้นเป็นสิ่งสำคัญอีกสิ่งหนึ่งในการปรับอากาศ เนื่องจากความชื้นเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงภาวะความสบายได้ด้วย ความชื้นจะควบคุมการระเหยของเหงื่อ น้ำและไอน้ำที่อยู๋ภายในบริเวณปรับอากาศ ซึ่งแสดงถึงการกำจัดความร้อนออกจากวัสดุและผู้อยู่อาศัยด้วย เมื่อซึ่งอากาศมีความชื้นเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วยมีการถ่ายเทอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้อง จึงทำให้อากาศที่อยู๋ภายในอาคารมีความชื้นเพิ่มขึ้น วัสดุภายในอาคารดูดซับความชื้นดังกล่าวไว้ได้ วัสดุต่างชนิดกันจะสามารถดูดซับความชื้นไว้ได้มากน้อยต่างกัน หากวัสดุมีการดูดซับความชื้นเอาไว้มาก เมื่อมีการเปิดเครื่องปรับอากาศ ภาระในการปรับอากาศส่วนหนึ่งจะเกิดจากการรีดเอาความชื้นออกจากวัสดุ ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุที่มีการดูดซับความชื้นต่ำจึงมีความเหมาะสมสำหรับบริเวณที่มีการปรับอากาศ เพื่อให้ประหยัดพลังงานในการปรับอากาศลงได้ ความชื้นสามารถผ่านเข้าสู่ภายในอาคารได้หลายทาง ดังนี้

เมื่อวัสดุดูดซับความชื้นซึ่งอยู่ในรูปของไอน้ำเอาไว้ มวลของวัสดุจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นเราอาจคำนวณความชื้นที่วัสดุดูดซับเอาไว้ได้จากค่าผลต่างของมวลวัสดุที่เพิ่มขึ้นภายหลังการดูดซับความชื้น และค่าอัตราการดูดซับความชื้นก็จะคำนวณจากมวลของวัสดุที่เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งหน่วยเวลา สมการในการคำนวณแสดงได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ถูกดูดซับ โดยวัสดุ} = \left[\frac{m_1 - m_0}{m_0} \right] \times 100$$

$$\text{อัตราการดูดซับความชื้นของวัสดุ} = \frac{m_1 - m_0}{t}$$

โดยที่ m_0 = มวลของวัสดุก่อนการดูดซับความชื้น
 m_1 = มวลของวัสดุหลังการดูดซับความชื้น
 t = ระยะเวลาที่วัสดุดูดซับความชื้น

บทที่ 3

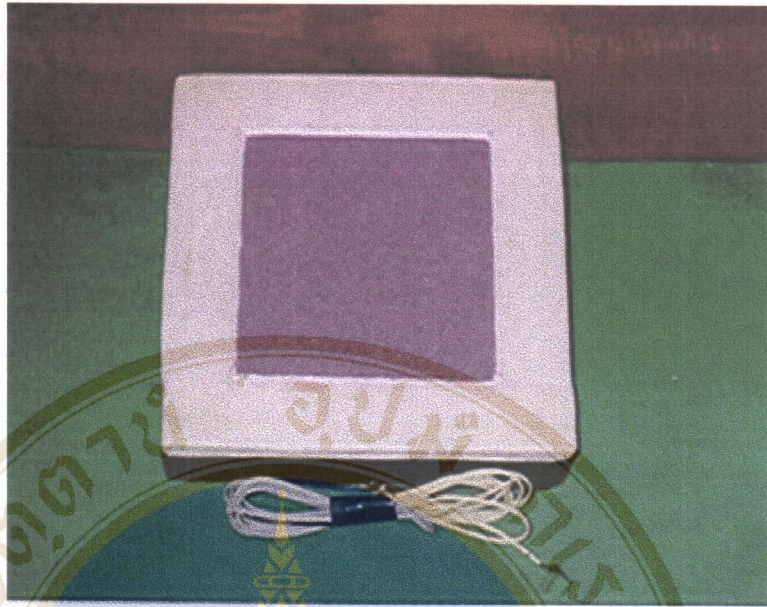
วิธีการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา และวิธีการศึกษา โดยแสดงรายละเอียด วิธีการใช้งาน และข้อจำกัดต่างๆ

3.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

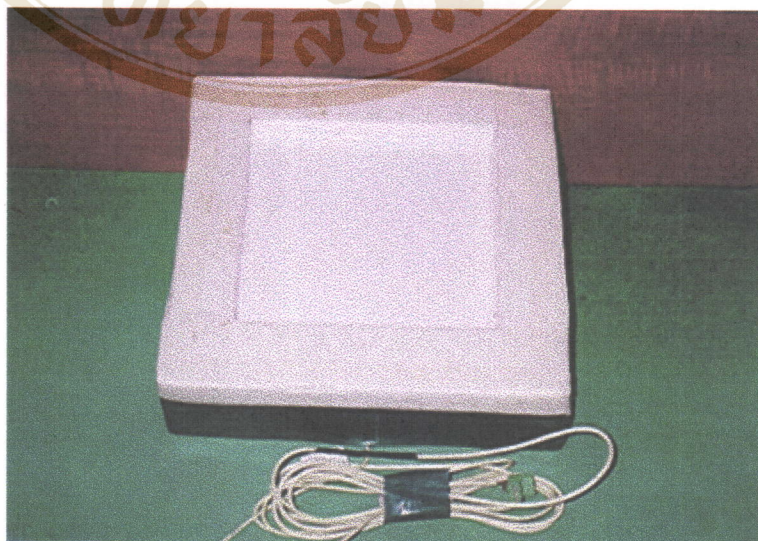
ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าวัสดุภายในอาคารนั้นมีมากมายหลายชนิด การนำวัสดุทุกชนิดมาทำการทดสอบเป็นไปได้ยาก เนื่องจากข้อจำกัดด้านเครื่องมือและระยะเวลาในการทดสอบ ดังนั้นการเลือกวัสดุจึงใช้ประเภทของวัสดุเป็นเกณฑ์ในการเลือก โดยพยายามให้ได้วัสดุครบทุกประเภทที่มีใช้งานอยู่จริง แบ่งวัสดุชนิดเดียวกันออกเป็น 2 ชุดสำหรับการทดสอบการดูดซับความร้อน 1 ชุด และสำหรับการทดสอบการดูดซับความชื้น 1 ชุด สาเหตุที่ต้องแบ่งวัสดุออกเป็น 2 ชุด เนื่องจากวัสดุที่จะใช้ทดสอบการดูดซับความร้อนจะต้องมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศมากเพียงพอ ทั้งนี้เพื่อให้การคำนวณเทียบเป็นพื้นที่ที่มากขึ้นมีความผิดพลาดน้อยลง ส่วนวัสดุที่ใช้ทดสอบการดูดซับความชื้นนั้นถึงแม้จะต้องการให้มีพื้นที่ผิวมากเช่นเดียวกัน แต่มีข้อจำกัดที่ต้องมีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักไม่เกิน 430 กรัม เพราะเครื่องชั่งที่ใช้สำหรับการทดสอบการดูดซับความชื้นสามารถชั่งน้ำหนักได้มากที่สุดเพียง 430 กรัมเท่านั้น รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบมีดังนี้

3.1.1 แกรนิต (Granite) แกรนิตที่นำมาทดสอบเป็นกระเบื้องแกรนิตที่ทำจากหินแกรนิตบดละเอียดอัดเป็นแผ่น สำหรับทดสอบการดูดซับความร้อน ขนาด 19x19 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร น้ำหนัก 805.3 กรัม สำหรับทดสอบการดูดซับความชื้น ขนาด 15x15 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร น้ำหนัก 411.5 กรัม



รูปที่ 3-1 แสดงลักษณะของกระเบื้องแกรนิตที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน

3.1.2 กระเบื้องเซรามิก (Ceramics tile) กระเบื้องเซรามิกที่นำมาทดสอบเป็นกระเบื้องแบบเคลือบ สำหรับทดสอบการดูดซับความร้อน ขนาด 20x20 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร น้ำหนัก 578.8 กรัม สำหรับทดสอบการดูดซับความชื้น ขนาด 15x15 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร น้ำหนัก 263.0 กรัม

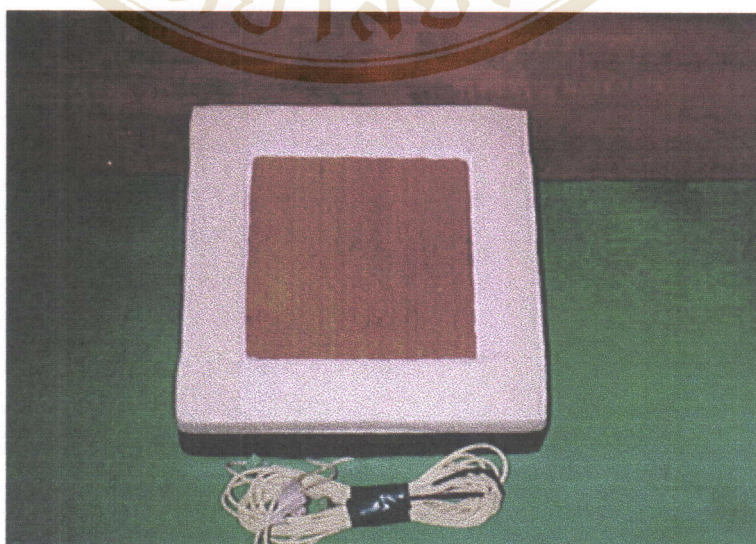


รูปที่ 3-2 แสดงลักษณะของกระเบื้องเซรามิกที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน

3.1.3 ไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน (Hardwood and Softwood) ไม้เนื้อแข็งที่นำมาทดสอบ ได้แก่ ไม้เต็ง สำหรับทดสอบการดูดซับความร้อน ขนาด 18x19 เซนติเมตร หนา 2.0 เซนติเมตร น้ำหนัก 798.8 กรัม สำหรับทดสอบการดูดซับความชื้น ขนาด 15x15 เซนติเมตร หนา 1.0 เซนติเมตร น้ำหนัก 257.3 กรัม ไม้เนื้ออ่อนที่นำมาทดสอบเป็น ได้แก่ ไม้ยาง หรือไม้เบง สำหรับทดสอบการดูดซับความร้อน ขนาด 19x20 เซนติเมตร หนา 2.0 เซนติเมตร น้ำหนัก 582.0 กรัม สำหรับทดสอบการดูดซับความชื้น ขนาด 15x15 เซนติเมตร หนา 2.0 เซนติเมตร น้ำหนัก 271.2 กรัม



รูปที่ 3-3 แสดงลักษณะของ ไม้เนื้อแข็งที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน



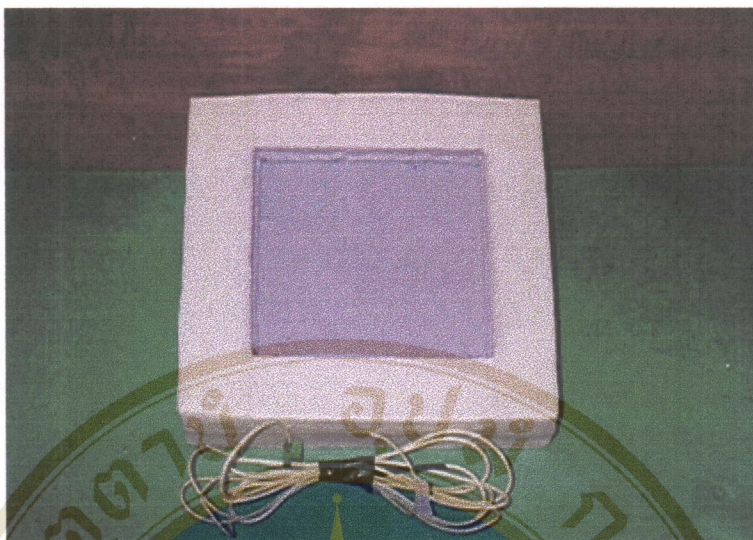
รูปที่ 3-4 แสดงลักษณะของ ไม้เนื้ออ่อนที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน

8.1.4 ยิปซัม (Gypsum) ยิปซัมที่นำมาทดสอบเป็นแผ่นยิปซัมชนิดไม่กันความชื้นปิดด้วยกระดาษทั้งสองด้าน สำหรับทดสอบการดูดซับความร้อน ขนาด 20x20 เซนติเมตร หนา 1.0 เซนติเมตร น้ำหนัก 392.1 กรัม สำหรับทดสอบการดูดซับความชื้น ขนาด 15x15 เซนติเมตร หนา 1.0 เซนติเมตร น้ำหนัก 158.3 กรัม



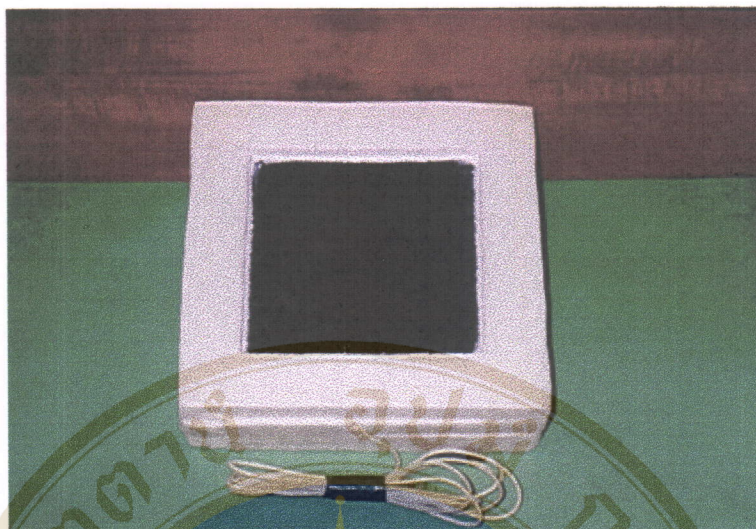
รูปที่ 8-5 แสดงลักษณะของยิปซัมที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน

8.1.5 เหล็ก (Iron) สำหรับเหล็กที่นำมาทดสอบเป็นแผ่นเหล็กกล้าทาสี สำหรับทดสอบการดูดซับความร้อน ขนาด 20x20 เซนติเมตร หนา 0.2 เซนติเมตร น้ำหนัก 875.8 กรัม ส่วนสำหรับทดสอบการดูดซับความชื้น ขนาด 15x15 เซนติเมตร หนา 0.2 เซนติเมตร น้ำหนัก 374.1 กรัม เนื่องจากเหล็กมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat; c) เท่ากับ 0.11 Btu/lb.F ขณะที่สนิมเหล็กมีค่าเท่ากับ 0.17 Btu/lb.F (Burgess H. Jennings, 1978) หากเหล็กเกิดสนิมอาจทำให้ผลการทดสอบผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงต้องหาสีเคลือบที่ผิวเพื่อป้องกันการเกิดสนิม

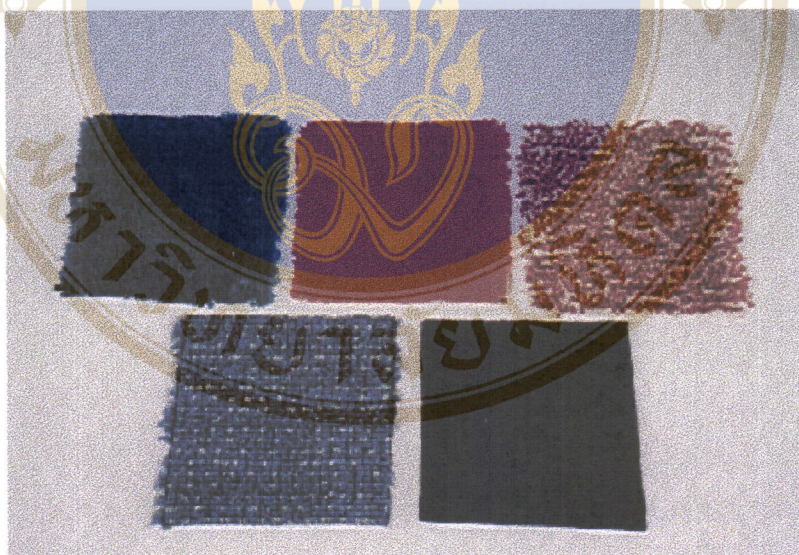


รูปที่ 3-6 แสดงลักษณะของแผ่นเหล็กที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน

3.1.6 ▶ พรม (Carpet) พรมที่นำมาทดสอบมี 5 ชนิดคือ พรมอะคริลิก พรม Axminster (80%Wool 20%Nilon) พรมขนแกะ (100%Wool) พรมเส้นใยโพลีเอทิลีน (PES) และพรมเส้นใยโพลีโพรพิลีน (PP) สำหรับการทดสอบการดูดซับความร้อน ใช้พรมอะคริลิก ขนาด 20x20 เซนติเมตร หนา 1.0 เซนติเมตร น้ำหนัก 201.9 กรัม สำหรับทดสอบการดูดซับความชื้น ใช้พรม 5 ชนิด ขนาด 15x15 เซนติเมตร หนา 0.5 และ 1.0 เซนติเมตร



รูปที่ 3-7 แสดงลักษณะของพรอมอะคริลิกที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน



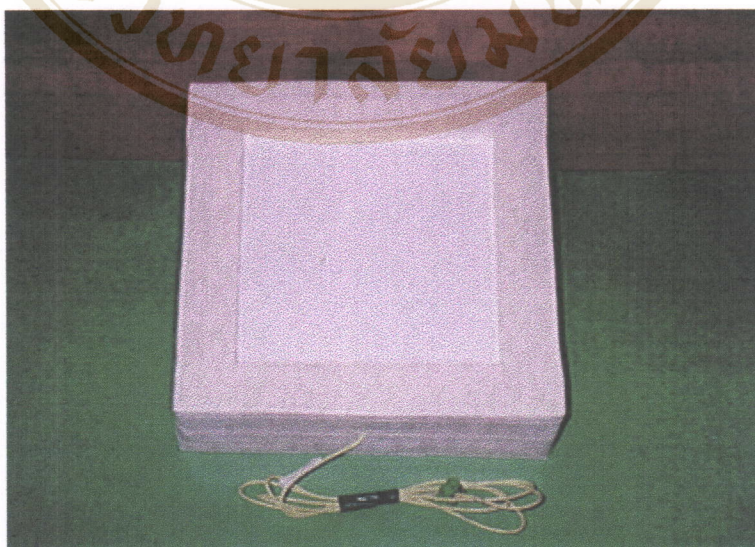
รูปที่ 3-8 แสดงลักษณะของพรอม 5 ชนิดที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความชื้น

3.1.7 กระดาษ (Paper) กระดาษที่นำมาทดสอบมี 2 ชนิดคือ กระดาษที่มีความหนาแน่นต่ำ ใช้กระดาษจากสมุดโทรศัพท์ ซึ่งมีความหนาแน่นประมาณ 50 กรัมต่อตารางเมตร สำหรับทดสอบการดูดซับความร้อน ขนาด 20x20 เซนติเมตร หนา 2.0 เซนติเมตร น้ำหนัก 694.3 กรัม สำหรับทดสอบการดูดซับความชื้น ขนาด 15x15 เซนติเมตร หนา 1.0 เซนติเมตร น้ำหนัก 134.0 กรัม และกระดาษที่มีความหนาแน่นสูงกว่า ใช้กระดาษถ่ายเอกสารอย่างดี 80 แกรม สำหรับ

ทดสอบการดูดซับความร้อน ขนาด 20x20 เซนติเมตร หน้า 1.0 เซนติเมตร น้ำหนัก 556.2 กรัม
 สำหรับทดสอบการดูดซับความชื้น ขนาด 15x15 เซนติเมตร หน้า 1.0 เซนติเมตร น้ำหนัก 200.3
 กรัม

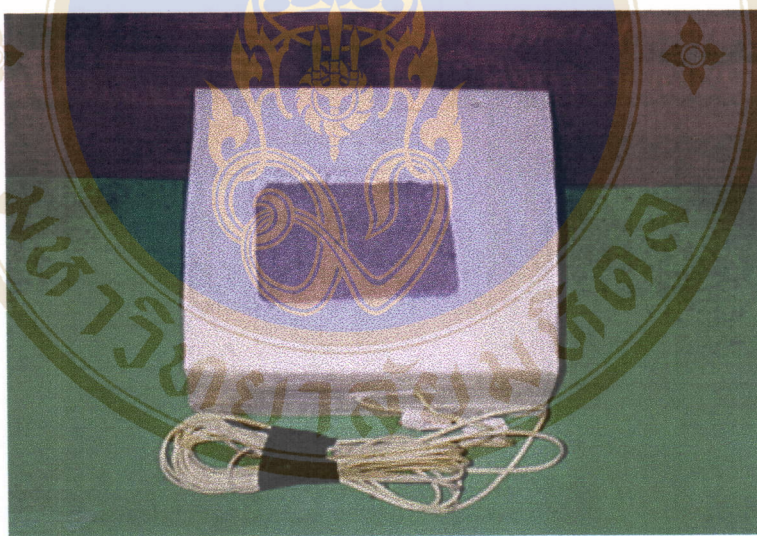


รูปที่ 3-9 แสดงลักษณะของกระดานสุญญากาศที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน

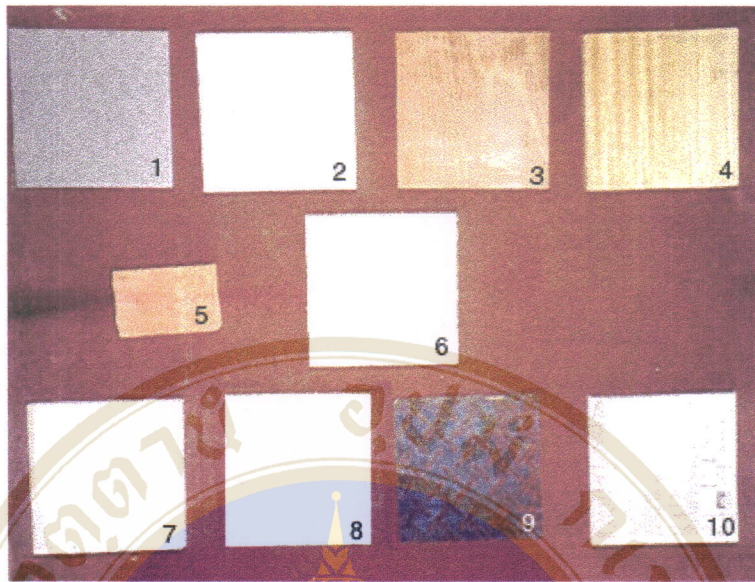


รูปที่ 3-10 แสดงลักษณะของกระดาน 80 แกรม ที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน

3.1.8 วัสดุอิฐก่อฉาบปูน สำหรับวัสดุที่นำมาทดสอบการดูดซับความร้อน เพื่อให้มีความใกล้เคียงกับการใช้งานจริง จึงใช้อิฐก่อฉาบปูน หนาประมาณ 4 นิ้ว ปูนที่ฉาบหนาประมาณ ด้านละ 2.0 เซนติเมตร โดยทำลักษณะเกี่ยวกับการก่อผนัง แต่ย่อส่วนลงมาเพื่อให้สะดวกต่อการทำการทดสอบ น้ำหนัก 1030.3 กรัม สำหรับทดสอบการดูดซับความชื้นใช้อิฐดินเผา เนื้อดินมีความพรุน ไม่มีการเคลือบผิว ขนาด 6.5x10 เซนติเมตร หนา 3.0 เซนติเมตร น้ำหนัก 304.9 กรัม และปูนฉาบสำเร็จรูป ขนาด 15x15 เซนติเมตร หนา 1.0 เซนติเมตร เหตุที่ต้องแยกวัสดุอิฐกับปูนฉาบในการทดสอบการดูดซับความชื้น เพราะเครื่องชั่งสามารถชั่งน้ำหนักได้สูงสุดเพียง 430 กรัม หากใช้อิฐก่อฉาบปูนจะมีน้ำหนักมากเกินไป (เฉพาะอิฐ 1 ก้อน น้ำหนักประมาณ 600 กรัม) การประเมินค่าการดูดซับความชื้นสำหรับวัสดุอิฐก่อฉาบปูน จึงใช้ค่าจากการประเมินโดยเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของวัสดุต่อหนึ่งหน่วยของอิฐก่อฉาบปูน



รูปที่ 3-11 แสดงลักษณะของอิฐก่อฉาบปูนที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน



รูปที่ 3-12 แสดงลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อน

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1 = กระเบื้องแกรนิต | 2 = กระเบื้องเซรามิก |
| 3 = ไม้เนื้อแข็ง | 4 = ไม้เนื้ออ่อน |
| 5 = อิฐดินเผา | 6 = ปูนฉาบ |
| 7 = แผ่นยิปซัม | 8 = กระดาษ 80 แกรม |
| 9 = แผ่นเหล็ก | 10 = กระดาษสมุดโทรศัพท์ |

หมายเหตุ: โดยปกติแล้วการใช้งานวัสดุบางชนิดจะมีการเคลือบหรือปิดผิวด้วยวัสดุอื่น เช่น สี แล็กเกอร์ น้ำมัน เคลือบผิว กระดาษ พลาสติก ฯลฯ ซึ่งทำให้คุณสมบัติการดูดซับความร้อนและความชื้นเปลี่ยนแปลงไป วัสดุที่ใช้ในการทดสอบเป็นวัสดุที่ไม่ได้เคลือบผิวด้วยวัสดุใดๆ ดังนั้นผลการทดสอบจึงเป็นการประเมินการทำความเย็นของวัสดุเท่านั้น หากการใช้งานแตกต่างไปจากนี้ การทำความเย็นที่เกิดขึ้นอาจเปลี่ยนแปลงไป

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความร้อนและความชื้นครั้งนี้ประกอบด้วย

3.2.1 เครื่องชั่ง

ในการวิจัยนี้ใช้เครื่องชั่งสำหรับชั่งน้ำหนักของวัสดุในการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุ เนื่องจากความชื้นที่ถูกดูดซับโดยวัสดุจะมีปริมาณน้อยมาก หากเครื่องชั่งไม่ละเอียดพอ อาจไม่สามารถสังเกตความแตกต่างของน้ำหนักวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไปได้ ดังนั้นการทดสอบจึงต้องใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดสูง แต่เนื่องจากเครื่องชั่งยังมีความละเอียดมากจะมีข้อจำกัดคือ เครื่องชั่งจะสามารถชั่งน้ำหนักได้ไม่มากนัก เช่น เครื่องชั่งแบบดิจิตอล ที่สามารถชั่งน้ำหนักได้ละเอียดถึง

+0.0001 กรัม จะสามารถชั่งน้ำหนักได้มากที่สุดเพียงประมาณ 200-300 กรัมเท่านั้น ขณะที่เครื่องชั่งแบบ Triple Beam ที่สามารถชั่งน้ำหนักได้ละเอียดถึง +0.1 กรัม จะสามารถชั่งน้ำหนักได้มากที่สุดประมาณ 2000-3000 กรัม สำหรับการทดสอบครั้งนี้จะใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง +0.001 กรัม และสามารถชั่งน้ำหนักได้มากที่สุด 430 กรัม ทั้งนี้เพื่อให้สามารถชั่งน้ำหนักของวัสดุที่นำมาทำการทดสอบการดูดซับความชื้นได้และมีความละเอียดมากพอ

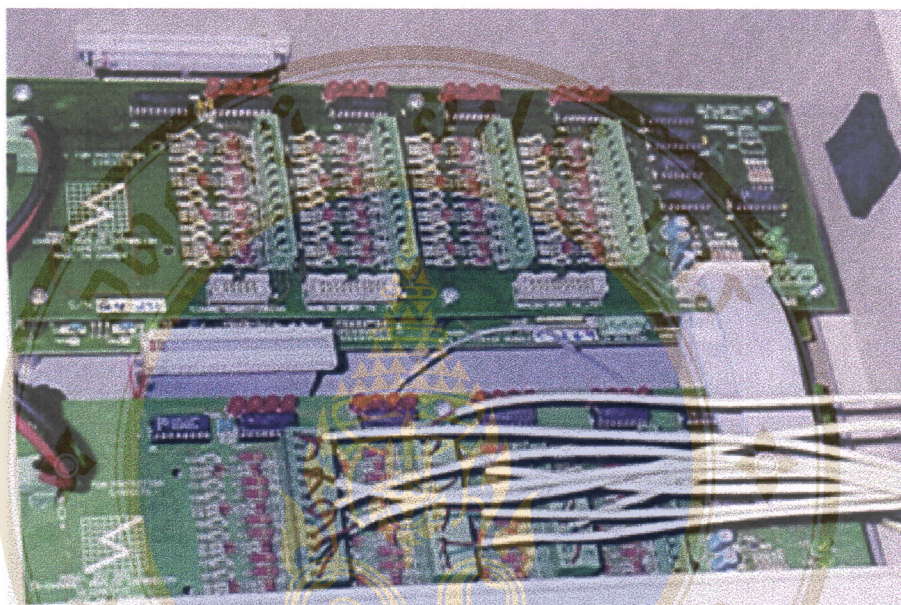


รูปที่ 3-13 แสดงลักษณะของเครื่องชั่งที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับความชื้น

3.2.2 เครื่อง Data Logger

เครื่อง Data Logger เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการอ่านค่าข้อมูลในการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุ โดยจะทำงานร่วมกับเซนเซอร์ที่ใช่วัดค่าต่างๆ สำหรับการทดสอบครั้งนี้เป็นการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุ โดยใช้เครื่อง Data Logger ของ “Sciometric Instruments System 200 Model 236 Hardware (High Speed A/D Converter)” เซนเซอร์ที่ใช้จะเป็นเซนเซอร์ที่ใช่วัดอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุ ได้แก่ เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) เครื่อง Data Logger

จะทำหน้าที่ส่งถ่ายข้อมูลระหว่างเซนเซอร์กับคอมพิวเตอร์ เพื่อบันทึกและจัดการข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ ส่วนซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับจัดการข้อมูลครั้งนี้คือ “ Sciometric Gen 200 Windows-Based Software Version 1.46 ”



รูปที่ 3-14 แสดงลักษณะของ Data Logger ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

3.2.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ในการวิจัยนี้ใช้เทอร์มิสเตอร์ที่มีค่าความต้านทาน 10 K Ω เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดค่าข้อมูลอุณหภูมิของวัสดุ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าข้อมูลอุณหภูมิที่ราคาไม่แพง สะดวกในการเคลื่อนย้าย โดยเทอร์มิสเตอร์จะเชื่อมกับสายโทรศัพท์ (Station Wire) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสายนำสัญญาณที่ปลายด้านหนึ่ง ปลายอีกด้านหนึ่งต่อเข้าช่องที่ต้องการของ เครื่อง Data Logger เทอร์มิสเตอร์จะทำงานร่วมกับเครื่อง Data Logger ของ “ Sciometric Instruments System 200 Model 236 Hardware (High Speed A/D Converter) ” โดยจะส่งค่าอุณหภูมิที่ Detect ได้ไปยัง Data Logger ในรูปของสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้น Data Logger จะแปลงค่าสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ให้เป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อส่งให้คอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลต่อไป

3.2.4 เทอร์โมมิเตอร์

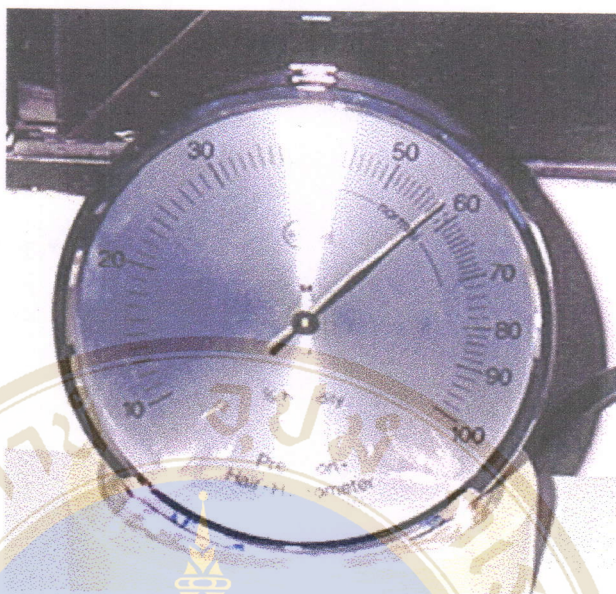
เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเทอร์โมมิเตอร์ปรอทที่อ่านค่าได้ตั้งแต่ 0-100 องศาเซลเซียส ใช้วัดค่าอุณหภูมิของอากาศเพื่อตรวจสอบกับค่าที่วัดได้จากเทอร์มิสเตอร์



รูปที่ 3-15 แสดงลักษณะของเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.5 เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (Hygrometer)

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคือ Precision-Hair-Hygrometer 410 เครื่องมือนี้จะสามารถอ่านค่าร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (% Relative humidity; %RH) เป็นตัวเลขได้ทันที มีขนาดเล็กกะทัดรัด ใช้งานสะดวก โดยวางเครื่องมือนี้ให้สัมผัสกับอากาศ ณ ตำแหน่งที่ต้องการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ทิ้งไว้สักครู่แล้วอ่านค่า



รูปที่ 3-16 แสดงลักษณะของเครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (Hygrometer)

3.3 การจัดเตรียมวัสดุและเครื่องมือ

3.3.1 การทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

การวิจัยครั้งนี้ใช้เทอร์มิสเตอร์ 10 KOhm เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิ เพื่อให้ผลการทดสอบมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ก่อนทำการทดสอบจึงต้องมีการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของเทอร์มิสเตอร์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เสียก่อน โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

3.3.1.1 ทดสอบค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่เทอร์มิสเตอร์สามารถวัดค่าได้

การทดสอบค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่เทอร์มิสเตอร์สามารถวัดค่าได้มีจุดประสงค์เพื่อให้แน่ใจว่าเทอร์มิสเตอร์จะสามารถวัดค่าอุณหภูมิในช่วงที่ต้องการทดสอบได้จริง

การทดสอบทำโดยการนำเทอร์มิสเตอร์ทั้งหมดวัดอุณหภูมิของน้ำที่จุดเดือดและจุดเยือกแข็ง ที่ความดันอากาศปกติ อุณหภูมิของน้ำที่จุดเดือดจะมีค่าประมาณ 90-100 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของน้ำที่จุดเยือกแข็งจะมีค่าประมาณ 0 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วงของอุณหภูมิดังกล่าวจะมีค่าครอบคลุมอุณหภูมิในช่วงที่ต้องการทดสอบคือประมาณ 20-40 องศาเซลเซียส

3.3.1.2 ทดสอบค่าความถูกต้องของการวัดอุณหภูมิ

การทดสอบค่าความถูกต้องของการวัดอุณหภูมิมีจุดประสงค์เพื่อทดสอบเทอร์มิสเตอร์ทุกตัวว่าสามารถวัดค่าได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และมีคุณสมบัติที่เท่าเทียมกัน

การทดสอบทำโดยการนำเทอร์มิสเตอร์ทั้งหมดมาวัดอุณหภูมิให้คงที่ที่ประมาณ 26 องศาเซลเซียส บันทึกค่าอุณหภูมิที่วัดได้ทุกๆ 5 นาทีเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำค่าอุณหภูมิที่วัดได้ทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย เลือกเทอร์มิสเตอร์ที่มีความถูกต้องในการวัดค่าอุณหภูมิจากค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่เทอร์มิสเตอร์วัดได้เกณฑ์การเลือกเทอร์มิสเตอร์ที่จะนำมาใช้ในการทดสอบคือ จะต้องวัดค่าอุณหภูมิได้แตกต่างจากอุณหภูมิจริงไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส และเทอร์มิสเตอร์แต่ละตัวจะต้องวัดค่าได้ต่างกันไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; SD) ของอุณหภูมิที่เทอร์มิสเตอร์แต่ละตัววัดได้ 24 ค่า (ทุกๆ 5 นาที รวมเวลา 2 ชั่วโมง) และอุณหภูมิเฉลี่ยที่เทอร์มิสเตอร์ทุกตัววัดได้เปรียบเทียบกับกัน ไม่เกิน 0.2



รูปที่ 3-17 แสดงการติดตั้งเทอร์มิสเตอร์เพื่อการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือ

3.3.2 การเตรียมวัสดุสำหรับการทดสอบ

วัสดุที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ จะใช้วัสดุที่มีลักษณะเหมือนหรือใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากที่สุด การทดสอบจะใช้วัสดุที่มีขนาดและมวลไม่มากเกินไปนัก เพื่อให้สามารถนำมาทำการทดสอบได้สะดวก ตัวอย่างเช่น กระเบื้องที่นำมาทดสอบ จะใช้กระเบื้องเพียงแผ่นเดียวเท่านั้น แต่สามารถหาปริมาณความร้อนและความชื้นที่ถูกดูดซับโดยกระเบื้องหลายๆ แผ่นได้โดยการคำนวณเทียบเป็นพื้นที่กระเบื้องที่มากขึ้น ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์

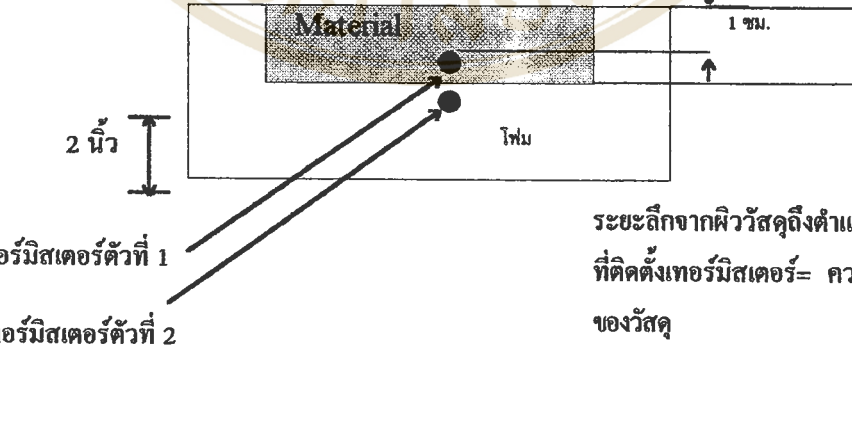
3.3.2.1 วัสดุสำหรับทดสอบการดูดซับความร้อน

จัดเตรียมเทอร์มิสเตอร์ โดยต่อเทอร์มิสเตอร์เข้ากับสายโทรศัพท์และใช้พลาสติกบางๆ หุ้มทับเทอร์มิสเตอร์เอาไว้อย่างมิดชิดก่อนนำไปใช้งาน เนื่องจากเทอร์มิสเตอร์จะเกิดความเสียหาย ไม่สามารถอ่านค่าอุณหภูมิได้อย่างถูกต้อง หากได้รับความชื้นแม้เพียงเล็กน้อย

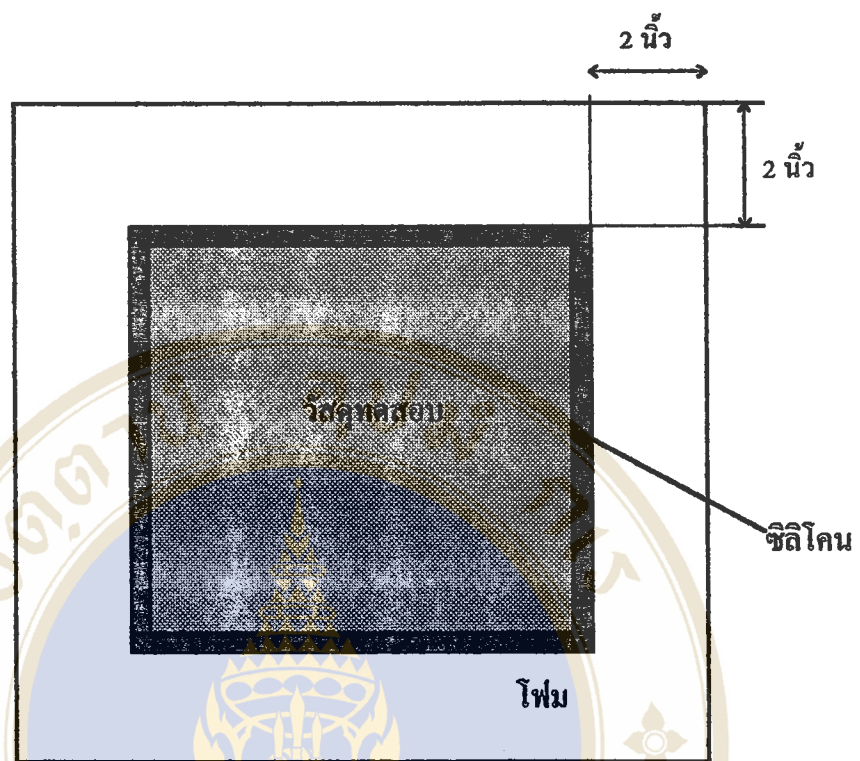
การติดตั้งเทอร์มิสเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิของวัสดุ กรณีที่วัสดุมีความหนาเกิน 2.0 เซนติเมตร จะติดตั้งเทอร์มิสเตอร์ที่ผิวด้านล่างของวัสดุและฝังเทอร์มิสเตอร์ในเนื้อของวัสดุให้ลึกลงไปจากผิวด้านบนของวัสดุเป็นระยะๆ เพื่อใช้วัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของวัสดุเมื่อเกิดการดูดซับความร้อน ส่วนวัสดุที่มีความหนาไม่เกิน 2.0 เซนติเมตร จะติดตั้งเทอร์มิสเตอร์เฉพาะที่ผิวด้านล่างของวัสดุเท่านั้น การคิดและฝังเทอร์มิสเตอร์จะต้องทำอย่างระมัดระวัง โดยจะต้องติดตั้งเทอร์มิสเตอร์ให้สัมผัสกับผิวของวัสดุ ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการวัดอุณหภูมิของวัสดุ และเนื่องจากเทอร์มิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีความไวต่อความร้อน ดังนั้นจึงต้องใช้วัสดุที่เป็นฉนวนติดป้องกันเทอร์มิสเตอร์ไว้ เพื่อป้องกันความร้อนเนื่องจากสิ่งแวดล้อมอื่นๆ นอกเหนือจากความร้อนของวัสดุ สำหรับวัสดุฉนวนที่ใช้ได้แก่ โฟมหนาประมาณ 2 นิ้ว โดยติดตั้งโฟมให้สนิทกับพื้นผิวของวัสดุทุกด้าน ยกเว้นผิวด้านบนซึ่งต้องการให้สัมผัสกับอากาศเท่านั้น และใช้ซิลิโคนปิดรอยต่อระหว่างโฟมและวัสดุเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เทอร์มิสเตอร์สัมผัสกับอากาศ นอกจากนั้นยังเป็นการบังกั้นทิศทางของความร้อนให้ถูกถ่ายเทจากผิวด้านบนของวัสดุซึ่งสัมผัสกับอากาศลงยังด้านล่างของวัสดุซึ่งติดตั้งเทอร์มิสเตอร์ไว้อีกด้วย



ทิศทางการถ่ายเทความร้อน



แสดงภาพตัดขวางของวัสดุที่มีความหนาเกิน 2.0 เซนติเมตร ที่จัดเตรียมโดยติดตั้งเทอร์มิสเตอร์ 2 ตำแหน่ง พร้อมสำหรับนำไปทดสอบการดูดซับ



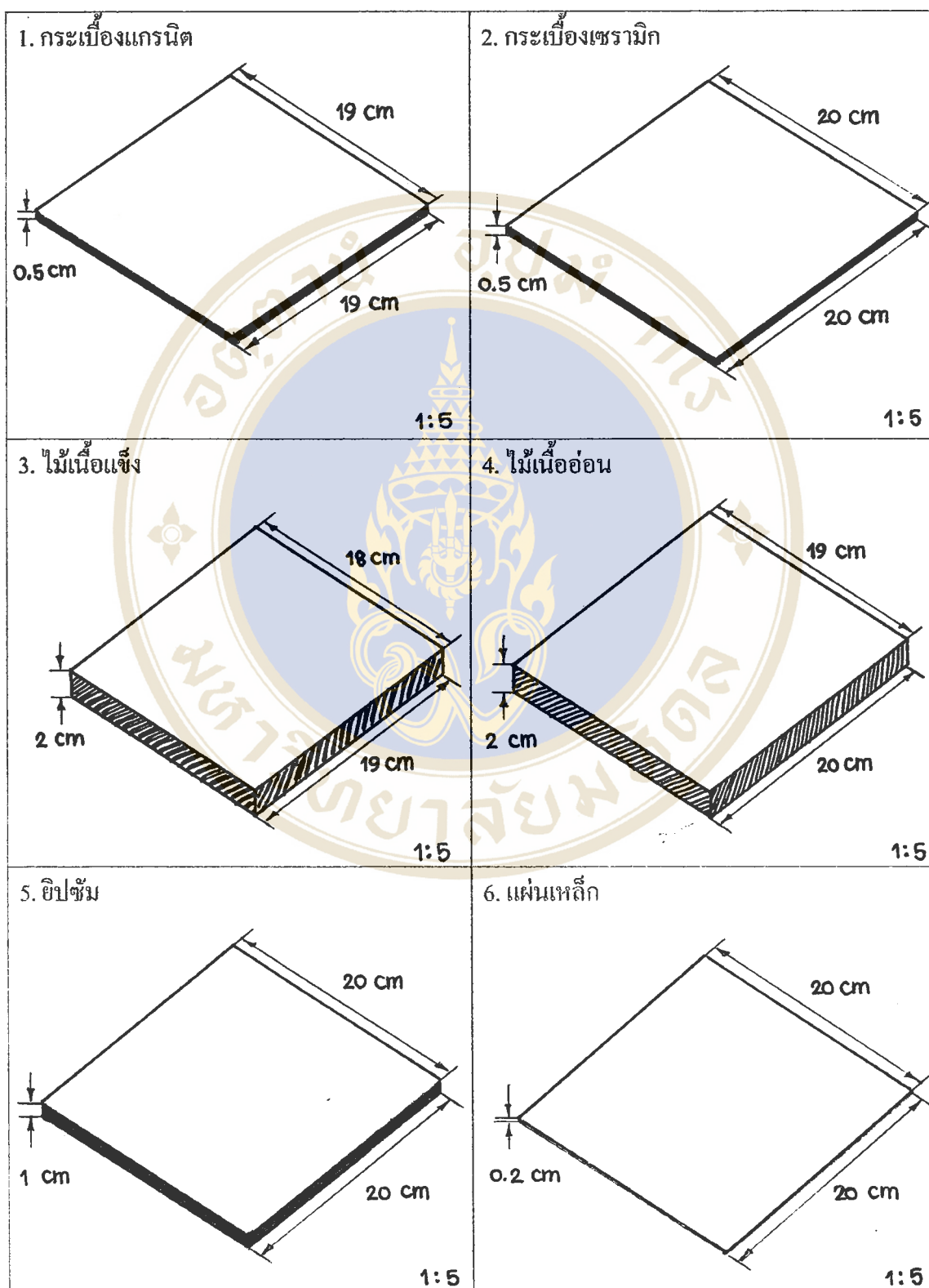
รูปที่ 3-20 แสดงลักษณะด้านบน (Top view) ของวัสดุสำหรับการทดสอบการดูดซับความร้อนที่จัดเตรียมเสร็จแล้ว

3.3.2.2 วัสดุสำหรับการทดสอบการดูดซับความร้อน

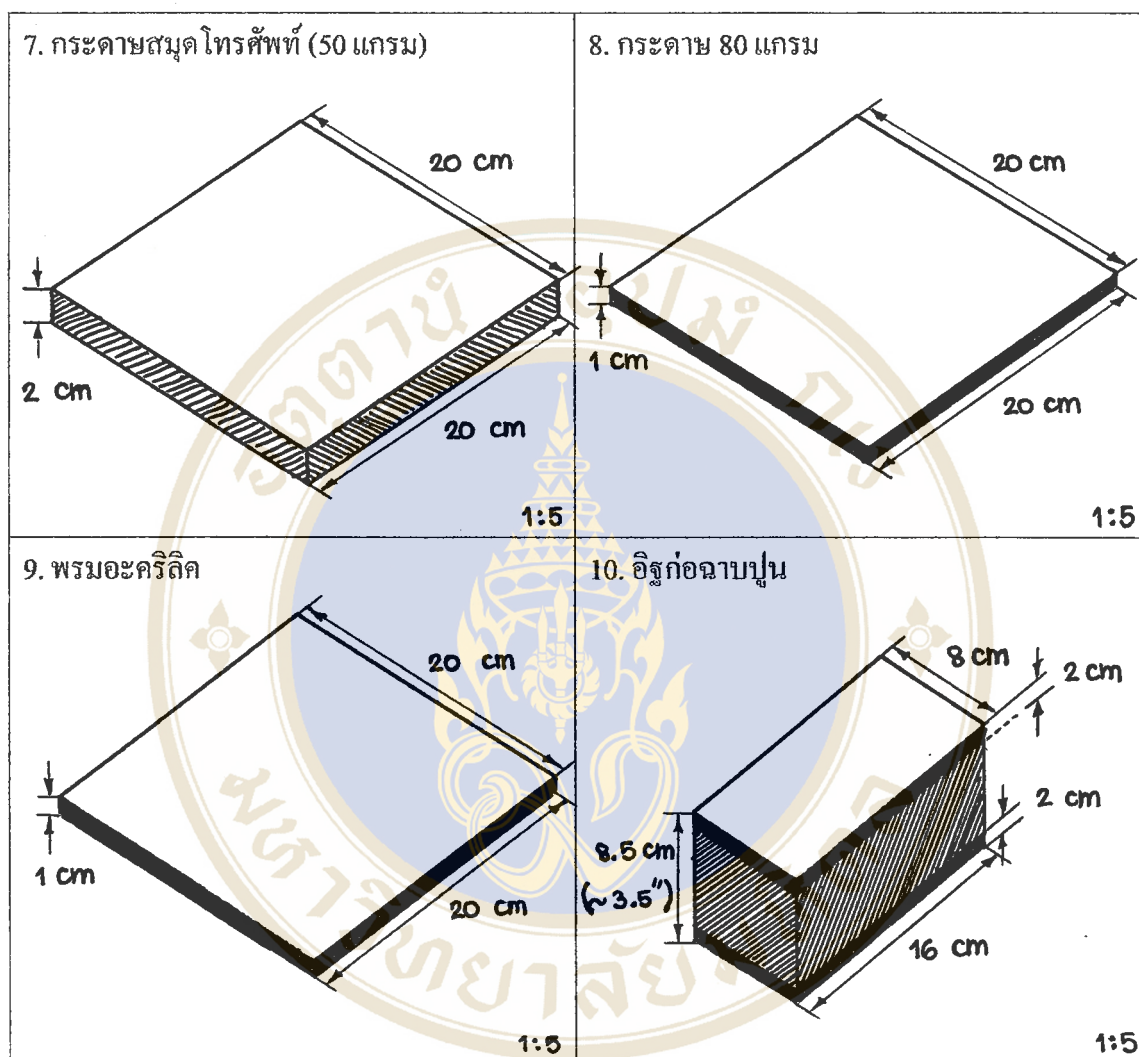
เตรียมวัสดุสำหรับทดสอบ โดยจัดทำวัสดุให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยม มีพื้นที่ผิวเท่าๆ กัน ประมาณ 15x15 เซนติเมตร มีความหนาต่างๆ กัน และมีน้ำหนักไม่เกิน 430 กรัม เพื่อให้สามารถชั่งได้โดยเครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง +0.001 กรัม

หมายเหตุ: ลักษณะและขนาดของวัสดุทดสอบการดูดซับความร้อนและการดูดซับความร้อน รูปที่ 3-1 ถึง 3-12 และตารางที่ 3-1 และ 3-2)

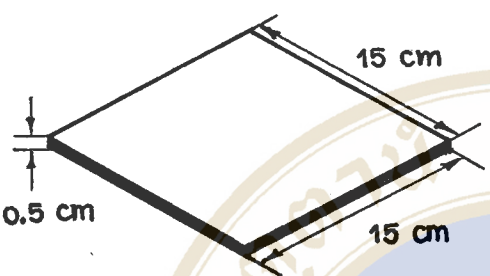
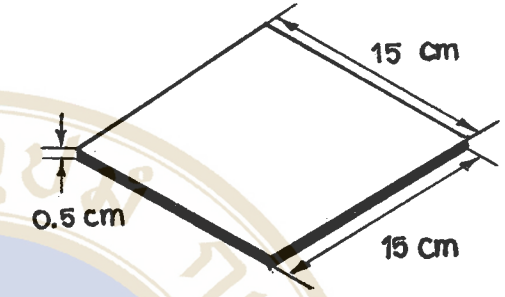
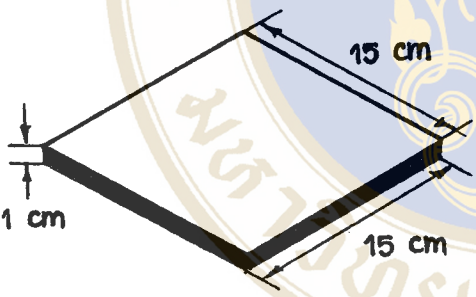
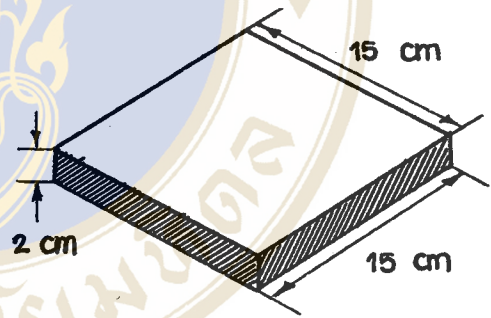
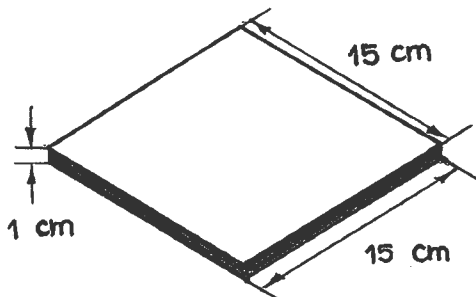
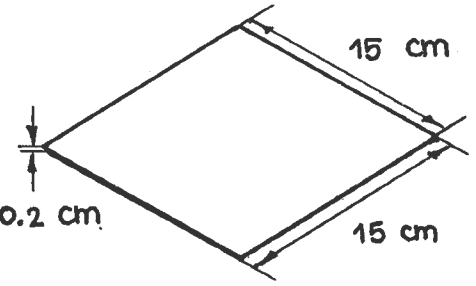
ตารางที่ 3-1 แสดงขนาดของวัสดุที่ใช้ทดสอบการดูดซับความร้อน



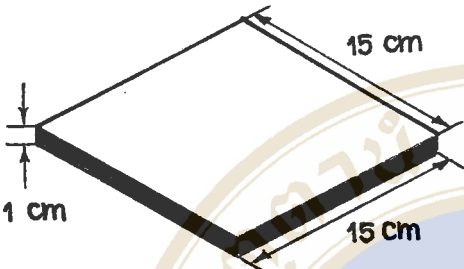
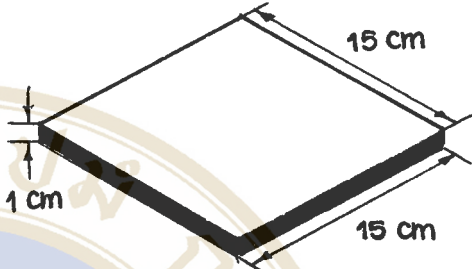
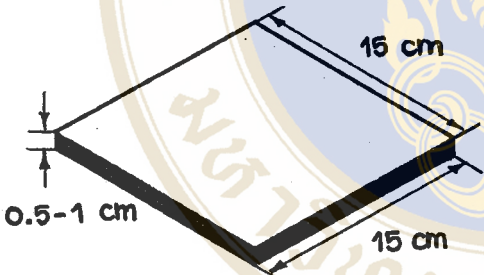
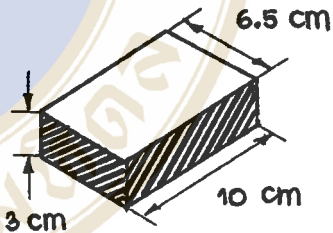
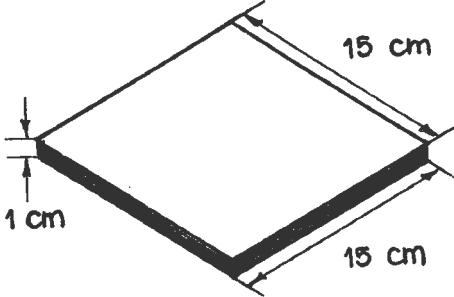
ตารางที่ 3-1 แสดงขนาดของวัสดุที่ใช้ทดสอบการดูดซับความร้อน (ต่อ)



ตารางที่ 3-2 แสดงขนาดของวัสดุที่ใช้ทดสอบการดูดซับความชื้น

1. กระเบื้องแกรนิต  1:5	2. กระเบื้องเซรามิก  1:5
3. ไม้เนื้อแข็ง  1:5	4. ไม้เนื้ออ่อน  1:5
5. ยิปซัม  1:5	6. แผ่นเหล็ก  1:5

ตารางที่ 3-2 แสดงขนาดของวัสดุที่ใช้ทดสอบการดูดซับความชื้น (ต่อ)

7. กระดาษสมุดโทรศัพท์ (50 แกรม)  1:5	8. กระดาษ 80 แกรม  1:5
9. พรม (5 ชนิด)  1:5	10. อิฐดินเผา  1:5
11. ปูนฉาบ  1:5	

3.4 การทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ

เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งเพื่อปรับอากาศภายในห้อง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปรับอากาศจะมีค่าคงที่ วัสดุต่างๆ ที่สัมผัสกับอากาศภายในห้องปรับอากาศก็จะมีอุณหภูมิคงที่เท่ากับอุณหภูมิอากาศด้วยตามหลักการของการถ่ายเทความร้อน และเมื่อเราเปิดเครื่องปรับอากาศ เปิดประตู-หน้าต่าง ความร้อนจากอากาศภายนอกจะถ่ายเทเข้ามาแทนที่อากาศภายในห้องปรับอากาศจนกระทั่งเกิดการสมดุลของความร้อน (Thermal Equilibrium) วัสดุต่างๆ ภายในห้องก็เช่นเดียวกัน เมื่อสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น อุณหภูมิของวัสดุจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ดังนั้นเพื่อทราบพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับอากาศเมื่ออุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงไป และเพื่อกำหนดรูปแบบของการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุได้อย่างเหมาะสม ทำการทดสอบโดยการวัดค่าอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศภายนอกห้องปรับอากาศซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดการทดสอบดังนี้

3.4.1.1 นำวัสดุทดสอบที่จัดเตรียมเสร็จแล้ววางภายนอกห้องปรับอากาศให้สัมผัสกับอากาศ แต่ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง สร้างหลังคาปกคลุมให้กับวัสดุตลอดเวลา โดยจะต้องใช้โฟมและกระดาษฟอยล์ที่ใต้หลังคาด้วย ทั้งนี้เพื่อป้องกันอิทธิพลจากรังสีของแสงอาทิตย์

หมายเหตุ : ทำการศึกษาเฉพาะอิทธิพลของความร้อนจากอากาศเท่านั้น

3.4.1.2 บันทึกค่าเวลา อุณหภูมิของวัสดุและอุณหภูมิของอากาศภายนอกทุกๆ 1 ชั่วโมง ติดต่อกันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.4.1.3 สังเกตและบันทึกสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุและอากาศภายนอก เช่น มีฝนตก ลมแรง ท้องฟ้ามีดริ่ม เป็นต้น

3.4.1.4 นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของวัสดุกับอุณหภูมิของอากาศ เพื่อกำหนดรูปแบบการทดสอบการดูดซับความร้อนในคราวต่อไป



3.4.2 ทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุ

การทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุจะเป็นการจำลองสภาพการใช้งานจริงของวัสดุภายในห้องปรับอากาศเมื่อมีการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นบริเวณที่ใช้ในการทดสอบจึงมี 2 บริเวณ ได้แก่

- 1) ภายในห้องปรับอากาศ ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ค่อนข้างคงที่ที่ประมาณ 25-26 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 45-50 เปอร์เซ็นต์
- 2) ภายนอกห้องปรับอากาศซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา สำหรับบริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่ใช้แทนการจำลองสภาพอากาศเมื่อมีการปิดเครื่องปรับอากาศ

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำให้ทราบเวลาที่อากาศมีอุณหภูมิสูงสุดของแต่ละวันซึ่งจะเป็นเวลาใกล้เคียงกัน จากหลักการของการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) และสมดุลของอุณหภูมิ (Thermal Equilibrium) พบว่าอุณหภูมิของวัสดุจะเพิ่มขึ้นจนสูงสุดเท่ากับหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศภายหลังเวลาที่อุณหภูมิอากาศสูงสุดเล็กน้อย สามารถกำหนดรูปแบบการทดสอบการดูดซับความร้อนได้ดังนี้

3.4.2.1 วางวัสดุทดสอบไว้ในห้องปรับอากาศเพื่อปรับอุณหภูมิให้คงที่ที่ประมาณ 25-26 องศาเซลเซียสเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายในห้องปรับอากาศ ใช้เป็นอุณหภูมิเริ่มต้นสำหรับการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุ

3.4.2.2 นำวัสดุออกไปวางภายนอกห้องปรับอากาศได้หลังคาที่สร้างขึ้น เพื่อให้วัสดุเกิดการดูดซับความร้อนจากอากาศภายนอก ทิ้งไว้จนกระทั่งผ่านเวลาที่อุณหภูมิของอากาศภายนอกสูงสุดประมาณ 30 นาที (เวลาที่อุณหภูมิของอากาศภายนอกสูงสุดได้จากการทดสอบในข้อ 3.4.1) บันทึกค่าเวลา อุณหภูมิของวัสดุและอากาศภายนอกทุกๆ 15 นาที

3.4.2.3 สังเกตและบันทึกสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุและอากาศภายนอก เช่น มีฝนตก ลมแรง ท้องฟ้ามีเมฆมาก เป็นต้น ตลอดระยะเวลาการทดสอบ

3.4.2.4 นำวัสดุเข้ามาวางภายในห้องปรับอากาศอีกครั้งเพื่อให้เกิดการคายความร้อน ทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของวัสดุคงที่เท่ากับหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศ บันทึกค่าเวลา อุณหภูมิของวัสดุและอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศทุกๆ 15 นาที

3.4.2.5 สังเกตและบันทึกสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุและอากาศภายในห้องปรับอากาศ เช่น การปิด-เปิดประตูหน้าต่าง การเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เป็นต้น ตลอดระยะเวลาการทดสอบ

3.4.2.6 นำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์และประเมินผล

3.4.3 ทดสอบการดูดซับความชื้นของวัสดุ

เนื่องจากการทดสอบครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศที่เกิดจากการดูดซับความชื้นและความชื้นของวัสดุ โดยจะเน้นการดูดซับความชื้นและความชื้นที่เกิดจากการปิดเครื่องปรับอากาศระยะเวลาหนึ่งในตอนกลางวัน ขึ้นตอนและรายละเอียดของการทดสอบมีดังนี้

3.4.3.1 วางวัสดุไว้ภายในห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนข้างคงที่อย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อรีดความชื้นออกจากวัสดุ ชั่งน้ำหนักวัสดุ บันทึกค่าน้ำหนักของวัสดุ เวลา อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ใช้เป็นค่าเริ่มต้นของการทดสอบ

3.4.3.2 นำวัสดุวางภายนอกห้องปรับอากาศเพื่อให้วัสดุเกิดการดูดซับความชื้นจากอากาศ ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าน้ำหนักของวัสดุ

3.4.3.3 บันทึกสภาพอากาศภายนอกและปัจจัยอื่นๆ ที่คาดว่าจะมีผลกับการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัสดุ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ฝน เป็นต้น

3.4.3.4 เมื่อครบระยะเวลา นำวัสดุเข้ามาภายในห้องปรับอากาศ ชั่งน้ำหนักของวัสดุ บันทึกค่าน้ำหนักของวัสดุและเวลาที่ชั่งน้ำหนักจนกระทั่งได้ค่าน้ำหนักของวัสดุคงที่

3.4.3.5 บันทึกสภาพอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องปรับอากาศ

3.4.3.6 นำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์และประเมินผล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 คำนวณปริมาณความร้อนที่ถูกดูดซับไว้โดยวัสดุ และอัตราการดูดซับความร้อนของวัสดุ

จากสูตรการหาปริมาณความร้อนที่วัสดุดูดซับเอาไว้เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิ สามารถหาปริมาณความร้อนที่วัสดุดูดซับเอาไว้ ดังนี้

$$\Delta Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} \Delta Q &= \text{ปริมาณความร้อนที่วัสดุดูดซับเอาไว้ (Btu/m}^2\text{)} \\ m &= \text{มวลของวัสดุ (lb)} \\ c_p &= \text{ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) ของ} \\ &\quad \text{วัสดุเมื่อความดันอากาศคงที่ (Btu / lb . }^{\circ}\text{F)} \\ \Delta T &= \text{ผลต่างของอุณหภูมิ (}^{\circ}\text{F)} \end{aligned}$$

คำนวณอัตราการดูดซับและคายความร้อน (Thermal Absorption Rate and Thermal Emission Rate) ของวัสดุ ดังนี้

$$\text{อัตราการดูดซับและคายความร้อนของวัสดุ} = \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta t}$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} T_2 &= \text{อุณหภูมิของวัสดุที่เวลา } t_2 \text{ หรือหลังการทดสอบ} \\ T_1 &= \text{อุณหภูมิของวัสดุที่เวลา } t_1 \text{ หรือก่อนการทดสอบ} \\ \Delta t &= t_2 - t_1 \end{aligned}$$

8.5.2 คำนวณปริมาณความชื้นที่ถูกดูดซับไว้โดยวัสดุ และอัตราการดูดซับความชื้นของวัสดุ

ปริมาณความชื้นที่ถูกดูดซับไว้โดยวัสดุจะหาได้จากผลต่างของน้ำหนักวัสดุ เนื่องจากน้ำหนักของวัสดุที่เพิ่มขึ้นมาจากความชื้นที่วัสดุดูดซับเอาไว้

ปริมาณความชื้นที่ถูกดูดซับโดยวัสดุ (ΔW) = $(\max W)_{out} - (\min W)_{in}$

เมื่อ $(\max W)_{out}$ = น้ำหนักสูงสุดของวัสดุเมื่ออยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ (lb)
 $(\min W)_{in}$ = น้ำหนักต่ำสุดของวัสดุเมื่ออยู่ภายในห้องปรับอากาศ (lb)

เนื่องจากมวลของวัสดุที่ซัง โดยเครื่องซังที่มีความละเอียดสูงอาจมีการผิดพลาดได้ ดังนั้นปริมาณความชื้นที่ถูกดูดซับ โดยวัสดุจึงใช้น้ำหนักสูงสุดของวัสดุเมื่ออยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ และน้ำหนักต่ำสุดของวัสดุเมื่ออยู่ภายในห้องปรับอากาศในการคำนวณ

นอกจากนั้นความชื้นภายในวัสดุยังสามารถคำนวณได้ในรูปของเปอร์เซ็นต์ความชื้นของวัสดุ ซึ่งเป็นการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นในวัสดุต่อมวลของวัสดุ ดังนี้

เปอร์เซ็นต์ความชื้น (% Moisture; %M) = $\left[\frac{(\max W)_{out} - (\min W)_{in}}{(\min W)_{in}} \right] \times 100$

เมื่อ $(\max W)_{out}$ = น้ำหนักสูงสุดของวัสดุเมื่ออยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ (lb)
 $(\min W)_{in}$ = น้ำหนักต่ำสุดของวัสดุเมื่ออยู่ภายในห้องปรับอากาศ (lb)

คำนวณอัตราการดูดซับและคายความร้อน ของวัสดุ ดังนี้

$$\text{อัตราการดูดซับและคายความร้อน (lb/min)} = \frac{(\max W)_{\text{out}} - (\min W)_{\text{in}}}{\Delta t}$$

โดยที่ $(\max W)_{\text{out}} =$ น้ำหนักสูงสุดของวัสดุเมื่ออยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ (lb)

$(\min W)_{\text{in}} =$ น้ำหนักต่ำสุดของวัสดุเมื่ออยู่ในห้องปรับอากาศ (lb)

$\Delta t =$ ระยะเวลาที่วัสดุอยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ (min)

3.5.8 การประเมินค่าการดูดซับความร้อนและความชื้นของห้องปรับอากาศ

จากปริมาณความร้อนและความชื้นที่ได้จากการทดสอบการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุ นำค่าที่ได้มาประเมินค่าการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุโดยคิดเป็นค่าการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยจะใช้วิธีการทางสถิติคือ Linear Regression ในการประเมิน โดยจะต้องทราบค่าพื้นที่ของวัสดุที่มีอยู่ในห้องปรับอากาศที่ต้องการประเมิน

3.5.4 การคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load) เนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุ

จากที่กล่าวมาแล้วว่าภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศจะเกิดจากผลรวมของภาระการทำความเย็นจากความร้อนปรากฏ (Sensible Load) และภาระการทำความเย็นจากความร้อนแฝง (Latent Load) ซึ่งในที่นี้ความร้อนที่ถูกดูดซับโดยวัสดุจัดเป็นภาระการทำความเย็นจากความร้อนปรากฏ ส่วนความชื้นที่ถูกดูดซับโดยวัสดุจัดเป็นภาระการทำความเย็นจากความร้อนแฝง เนื่องจากการทำให้ความชื้นที่อยู่ในวัสดุระเหยออกไปจะต้องอาศัยความร้อนแฝงในการกลาย เป็นไอของน้ำซึ่งมีค่าประมาณ 1000 Btu/lb (11) การคำนวณภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุสามารถทำได้ดังนี้

Cooling Load = Sensible Load + Latent Load

เมื่อ **Sensible Load** = ปริมาณความร้อนที่ถูกดูดซับโดยวัสดุ (ΔQ)
Latent Load = ความร้อนแฝงในการทำให้ความชื้นหรือน้ำที่ถูกดูดซับโดยวัสดุกลายเป็นไอ ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

Latent Load = $\Delta W \times 1000$

เมื่อ ΔW = ปริมาณความชื้นที่ถูกดูดซับโดยวัสดุ (lb)
1000 = ความร้อนแฝงในการให้น้ำที่ถูกดูดซับในวัสดุ 1 ปอนด์กลายเป็นไอ (Btu/lb)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนและวิธีการดังที่ได้แสดงไว้แล้วในบทที่ 3 สามารถแสดงผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของเทอร์มิสเตอร์

4.1.1 อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่เทอร์มิสเตอร์สามารถวัดค่าได้

จากการทดสอบค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่เทอร์มิสเตอร์สามารถวัดค่าได้ ปรากฏว่าเทอร์มิสเตอร์ทุกตัวสามารถวัดค่าอุณหภูมิของน้ำที่จุดเดือดได้ค่าประมาณ 95-99 องศาเซลเซียส และวัดค่าอุณหภูมิของน้ำที่จุดเยือกแข็งได้ 0 องศาเซลเซียสเท่าๆ กัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเทอร์มิสเตอร์ทุกตัวที่นำมาทดสอบสามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ครอบคลุมช่วงที่ต้องการทดสอบคือ 20-40 องศาเซลเซียส

4.1.2 ความถูกต้องในการวัดอุณหภูมิ

จากผลการทดสอบในข้อ 4.1.1 สามารถเลือกเทอร์มิสเตอร์ที่สามารถวัดค่าได้ครอบคลุมอุณหภูมิในช่วงที่ต้องการวัดได้ 27 ตัว และเมื่อนำเทอร์มิสเตอร์ทั้ง 27 ตัวมาทดสอบค่าความถูกต้องในการวัดอุณหภูมิ ปรากฏว่าได้ผลการทดสอบค่าความถูกต้องในการวัดอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ดังนี้

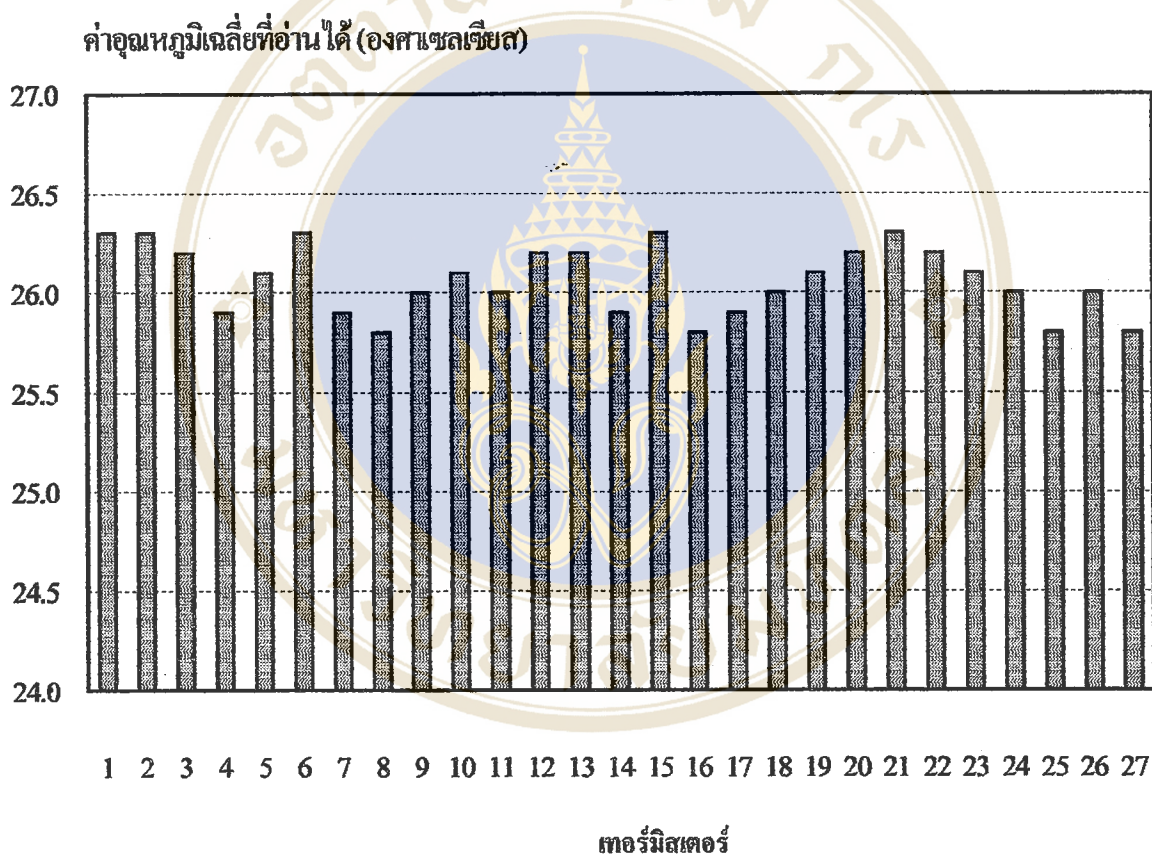
ตารางที่ 4-1 แสดงค่าอุณหภูมิจากการทดสอบการวัดอุณหภูมิตำแหน่งเดียวกัน ภายในห้องปรับ
อากาศที่มีอุณหภูมิคงที่ประมาณ 26 องศาเซลเซียส

เทอร์มิสเตอร์	ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ที่อ่านได้ (องศาเซลเซียส)	SD	เทอร์มิสเตอร์	ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ที่อ่านได้ (องศาเซลเซียส)	SD
1	26.3	0.13	15	26.3	0.14
2	26.3	0.09	16	25.8	0.13
3	26.2	0.10	17	25.9	0.11
4	25.9	0.09	18	26.0	0.09
5	26.1	0.09	19	26.1	0.13
6	26.3	0.11	20	26.2	0.14
7	25.9	0.08	21	26.3	0.12
8	25.8	0.11	22	26.2	0.14
9	26.0	0.11	23	26.1	0.12
10	26.1	0.10	24	26.0	0.10
11	26.0	0.09	25	25.8	0.12
12	26.2	0.14	26	26.0	0.10
13	26.2	0.14	27	25.8	0.12
14	25.9	0.11			

หมายเหตุ: อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 26.3 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 25.8 องศาเซลเซียส
ค่าเฉลี่ย 26.1 องศาเซลเซียส
SD ของอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งหมดที่วัดได้ 0.15

ผลต่างจากค่าที่อ่านได้จากเทอร์มิสเตอร์ (26 องศาเซลเซียส) 0.1 องศาเซลเซียส

จากผลการทดสอบที่ได้ (แผนภูมิที่ 4-1) จะพบว่า ค่าที่เทอร์มิสเตอร์แต่ละตัววัดได้ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (Mean Temperature) ต่างจากอุณหภูมิจริงเพียง 0.1°C ในขณะที่แต่ละตัววัดค่าได้แตกต่างกันไม่เกิน 0.5°C และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; SD) ของค่าที่วัดได้ 24 ครั้งเท่ากับ 0.08-0.14 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิเฉลี่ยที่เทอร์มิสเตอร์แต่ละตัววัดได้เท่ากับ 0.15 ซึ่งแสดงถึงการกระจายของค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีไม่มาก ดังนั้นจึงถือว่าเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในการทดลองมีคุณสมบัติไม่แตกต่างกัน และมีความน่าเชื่อถือในการนำมาวัดอุณหภูมิในการทดสอบ



แผนภูมิที่ 4-1 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ตำแหน่งเดียวกันที่เทอร์มิสเตอร์แต่ละตัววัดได้ภายในห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิคงที่ประมาณ 26 องศาเซลเซียส

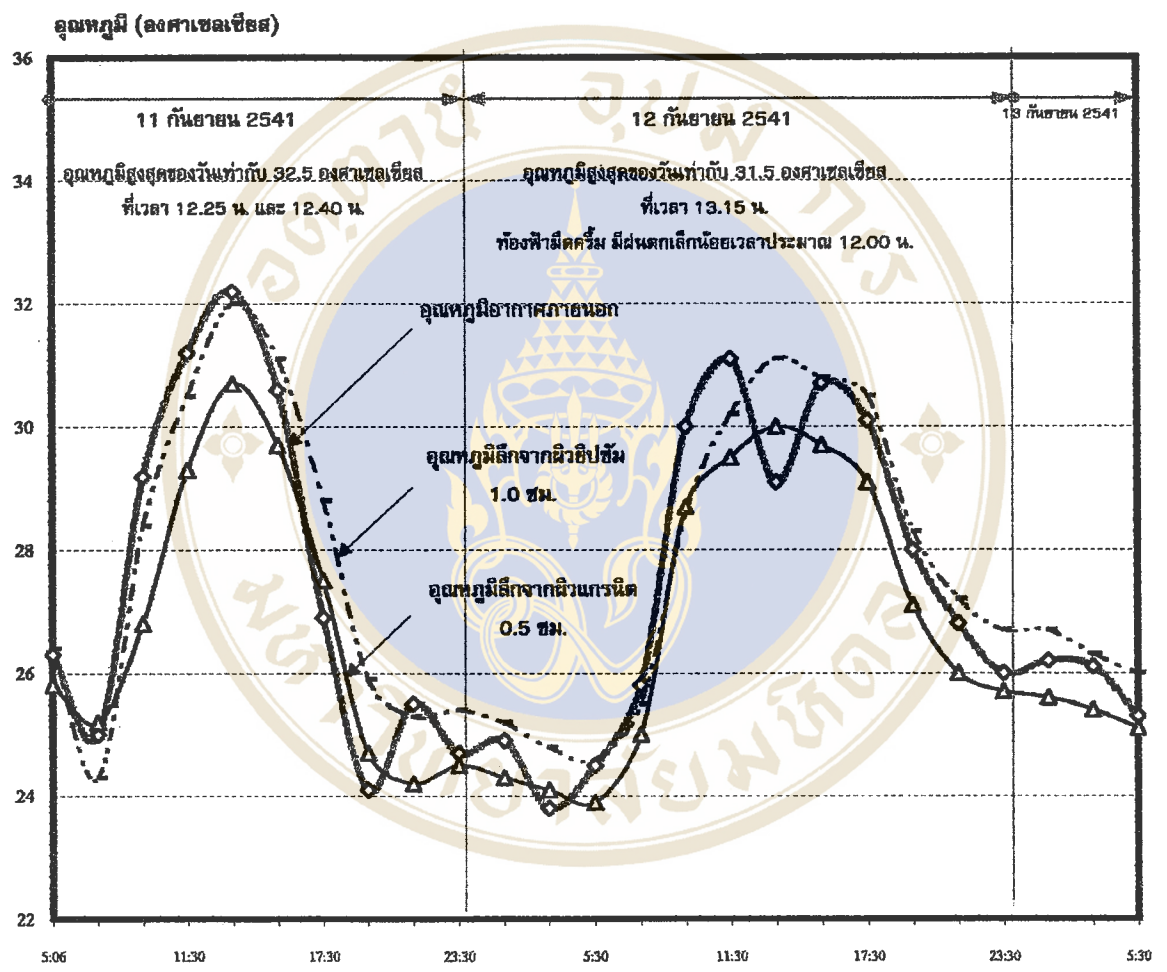
4.2 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ

จากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศเมื่อวันที่ 11-13 กันยายน 2541 ปรากฏผลดังนี้ จากแผนภูมิที่ 4-2 ถึง 4-5 พบว่าเมื่อวางวัสดุทดสอบให้สัมผัสกับอากาศภายนอก อุณหภูมิของวัสดุทุกชนิดจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของอากาศภายนอก กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของวัสดุทุกชนิดก็จะเพิ่มขึ้นด้วยปริมาณและอัตราการเพิ่มที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดซับความร้อนของวัสดุ วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงมีแนวโน้มที่จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่เร็วกว่าวัสดุที่มีการนำความร้อนต่ำกว่า แต่ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นมิได้ขึ้นกับค่าการนำความร้อน วัสดุที่มีการนำความร้อนสูงอาจมีปริมาณความร้อนที่สะสมไว้ต่ำกว่าวัสดุที่มีการนำความร้อนต่ำกว่าก็ได้ จากการคำนวณปริมาณความร้อนที่วัสดุดูดซับเอาไว้ จะเห็นได้ว่าปริมาณความร้อนนอกจากจะขึ้นกับค่าความจุความร้อนของวัสดุแล้ว ยังขึ้นกับมวลของวัสดุและผลต่างของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปอีกด้วย ดังนั้นวัสดุที่มีความจุความร้อนใกล้เคียงกัน หากมีมวลมากกว่า ความร้อนที่ถูกดูดซับเอาไว้ก็จะสูงกว่าด้วย แต่จากการทดสอบในวันที่ 11 กันยายน 2541 ผลของการดูดซับและสะสมความร้อนจะเห็นได้ไม่ชัดเจนนัก ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดเล็ก และมีมวลสารน้อยมาก ดังนั้นการสะสมความร้อนจึงเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย และมีช่วงเวลาสั้นๆ

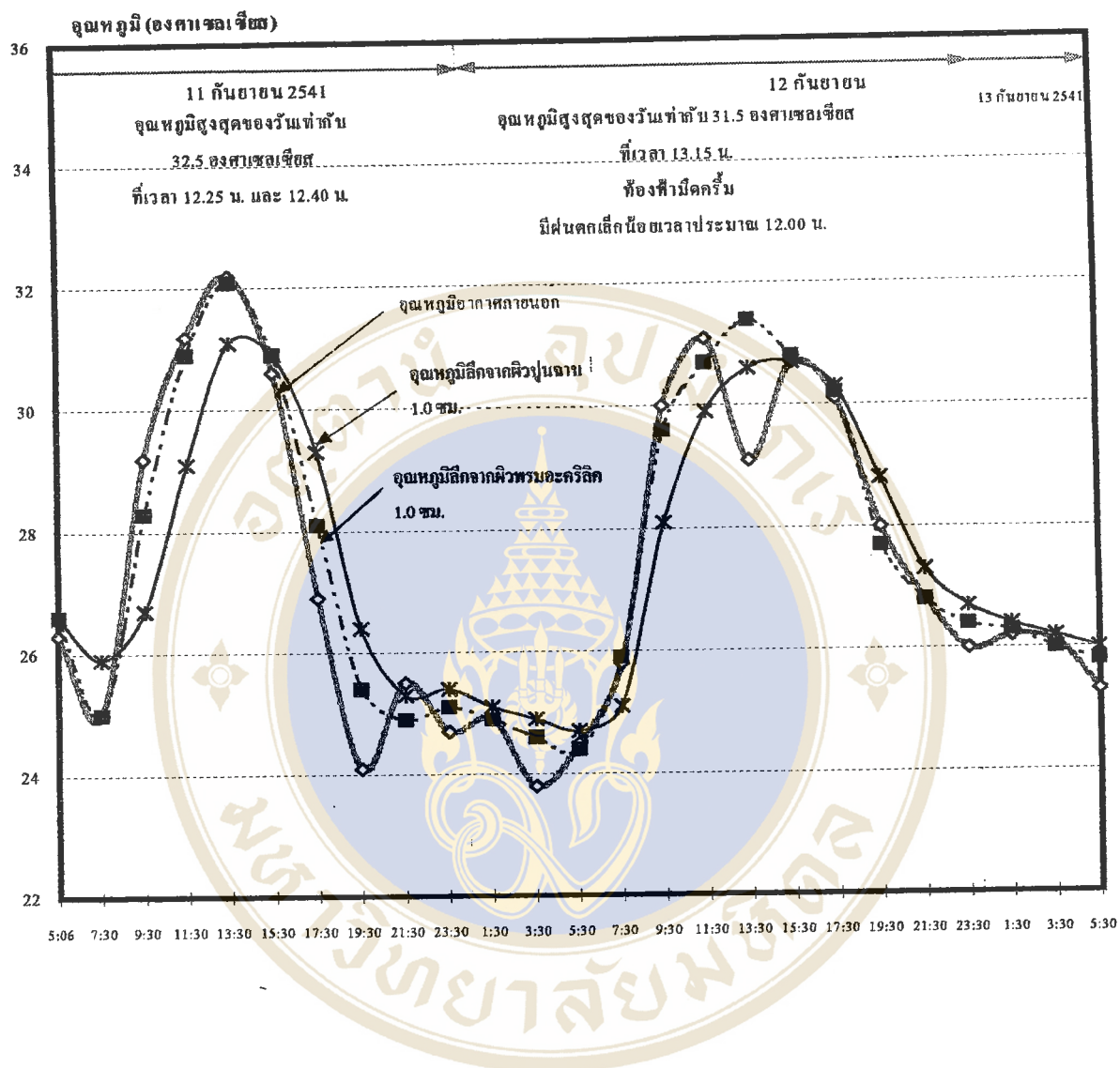
พฤติกรรมในการดูดซับและสะสมความร้อนของวัสดุจะเห็นได้ชัดเจนจากการทดสอบในวันที่ 12 กันยายน 2541 เนื่องจากมีฝนตกเล็กน้อยเมื่อเวลาประมาณ 12:00 น. ทำให้อุณหภูมิของอากาศลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด ขณะที่อุณหภูมิของวัสดุยังคงสูงขึ้นจนกระทั่งมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศ ตั้งแต่เวลาประมาณ 13:30-15:30 น. อันเป็นผลจากการดูดซับความร้อนเอาไว้ภายในเนื้อวัสดุนั่นเอง จากนั้นอุณหภูมิของวัสดุจึงเริ่มลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิอากาศลดลงที่เวลาประมาณ 15:30 น. ทั้งนี้เป็นเพราะเกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อนจากวัสดุซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าให้กับอากาศซึ่งอุณหภูมิต่ำกว่า

จากแผนภูมิ 4-2 ถึง 4-5 พบว่า พฤติกรรมในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายนอกจะมีลักษณะใกล้เคียงกันในแต่ละวัน กล่าวคือในตอนเช้าตั้งแต่เวลา 07:00 น. อุณหภูมิของอากาศจะเริ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมีอุณหภูมิสูงสุดเมื่อเวลาประมาณ 12:00-14:00 น. จากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มลดลงเรื่อยๆ ในตอนบ่ายจนกระทั่งมีอุณหภูมิต่ำสุดในเวลากลางคืน จากการทดสอบ อุณหภูมิสูงสุดของวันที่ 11 กันยายน 2541 และ 12 กันยายน 2541 จะมีค่า 32.5 องศาเซลเซียส ที่เวลาประมาณ 12:30 น. และ 31.5 องศาเซลเซียส ที่เวลาประมาณ 13:00 น. ตามลำดับ ดังนั้นเราจึงสามารถกำหนดรูปแบบในการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุเพื่อให้วัสดุเกิดการดูดซับความร้อน

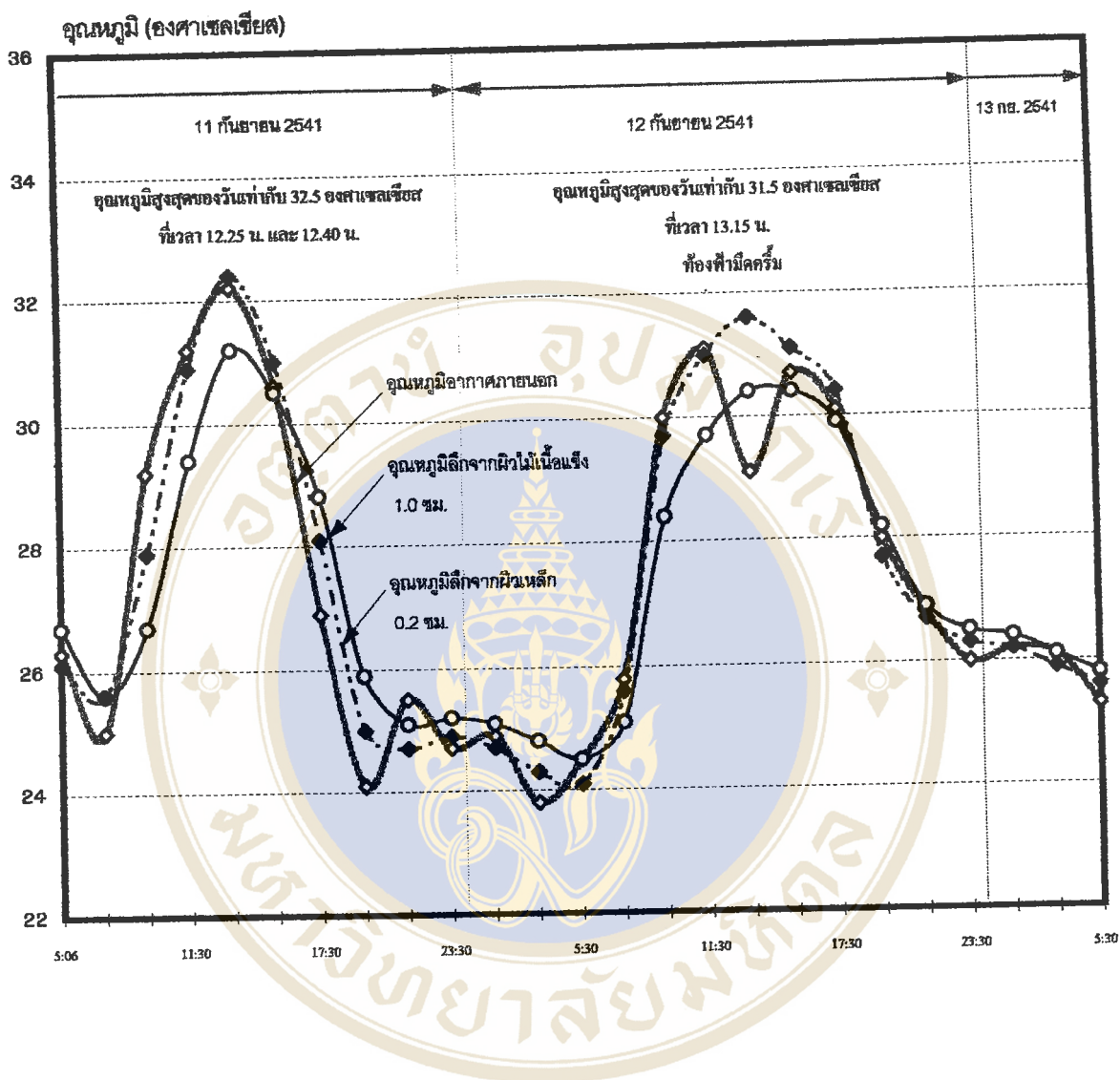
ร้อนปริมาณสูงสุดคือ เราจะนำวัสดุวางไว้ภายนอกห้องปรับอากาศจนกระทั่งถึงเวลาประมาณ 12:30-13:30 น. จากนั้นจึงจะนำวัสดุเข้ามาภายในห้องปรับอากาศเพื่อให้เกิดกระบวนการคายความร้อนต่อไป



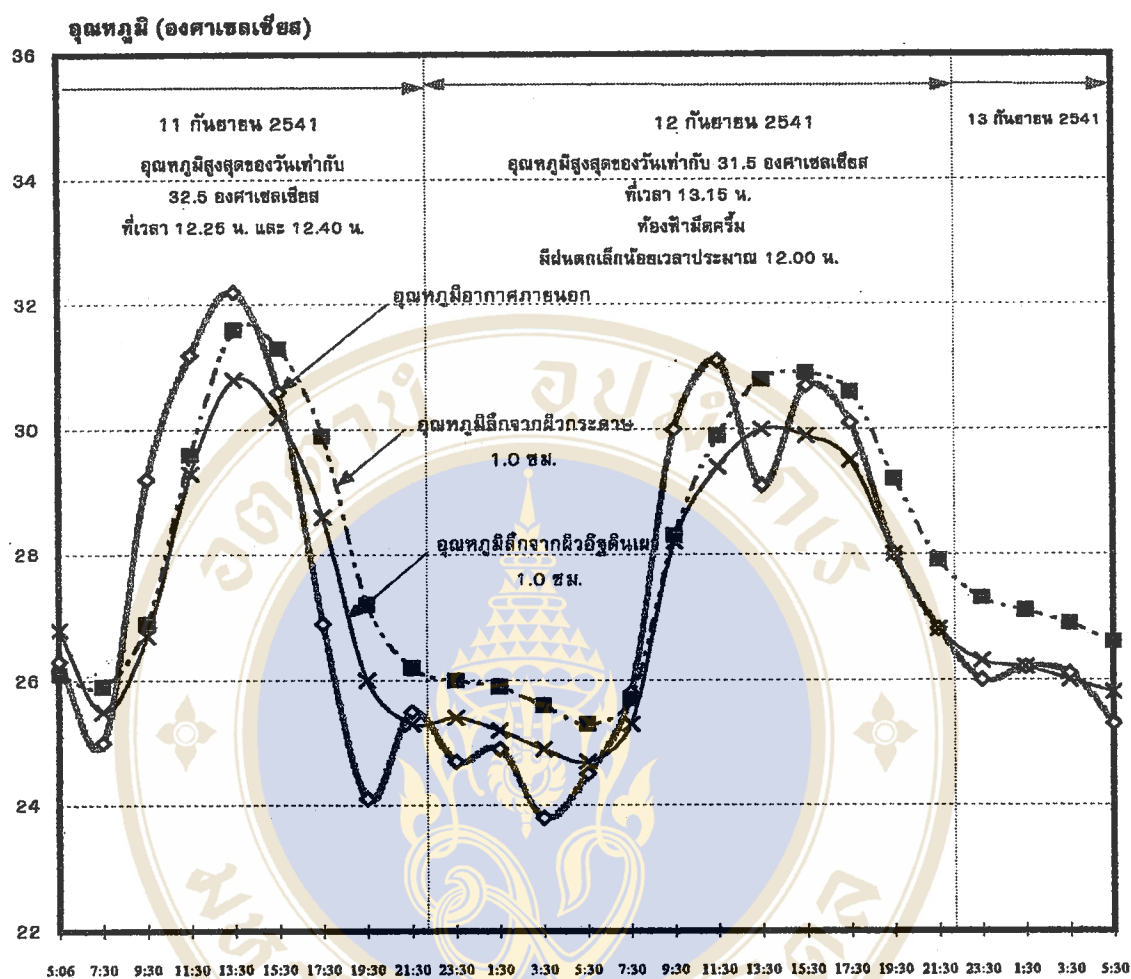
แผนภูมิที่ 4-2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของหินแกรนิตและอิฐปฉัณเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายนอก



แผนภูมิที่ 4-3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐก่อฉาบปูนและทรมเปรียบเทียบกับ
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายนอก



แผนภูมิที่ 4-4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไม้และเหล็กเปรียบเทียบกับ
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายนอก



แผนภูมิที่ 4-5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาดและอิฐดินเผาเปรียบเทียบกับ
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายนอก

4.8 ผลการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุ

จากผลทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศเมื่อวันที่ 11-13 กันยายน 2541 สามารถกำหนดรูปแบบการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุได้ดังนี้

1) วางวัสดุไว้ภายในห้องปรับอากาศเพื่อปรับอุณหภูมิตั้งแต่เวลา 18:00 น. ของวันที่ 13 กันยายน 2541 จนกระทั่งอุณหภูมิของวัสดุคงที่ กล่าวคือเท่ากับหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายในห้องปรับอากาศ

2) ตรวจสอบค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของการทดสอบ โดยให้อุณหภูมิของวัสดุคงที่เท่ากับหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายในห้องปรับอากาศมากที่สุด

3) นำวัสดุออกไปวางภายนอกห้องปรับอากาศตั้งแต่เวลา 09:00 น. ของวันที่ 14 กันยายน 2541 เพื่อให้วัสดุเกิดการดูดซับความร้อนจากอากาศภายนอก บันทึกค่าอุณหภูมิของวัสดุและอุณหภูมิอากาศภายนอกทุกๆ 15 นาที

4) ทิ้งวัสดุไว้ภายนอกจนกระทั่งถึงเวลา 13:00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่คาดว่าวัสดุจะมีอุณหภูมิสูงสุดจึงนำวัสดุเข้ามาภายในห้องปรับอากาศอีกครั้งเพื่อให้วัสดุเกิดการคายความร้อน บันทึกค่าอุณหภูมิของวัสดุและอุณหภูมิอากาศภายในห้องปรับอากาศทุกๆ 15 นาที ทิ้งวัสดุไว้ภายในห้องปรับอากาศจนกระทั่งอุณหภูมิคงที่เท่ากับหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายในห้องปรับอากาศ

4.8.1 การดูดซับและการคายความร้อน

จากการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541 พบว่าขณะที่นำวัสดุออกไปวางภายนอกห้องปรับอากาศเวลา 09:00 น. อุณหภูมิของอากาศภายนอกมีค่าประมาณ 31 องศาเซลเซียส ทันทีที่วัสดุสัมผัสกับอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงกว่า วัสดุจะดูดซับความร้อนจากอากาศ ทำให้ตัวมันเองมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ อัตราการเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุในช่วงแรกมีค่าสูงสุดเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวัสดุกับอากาศมีค่าสูงสุดคือประมาณ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิจะลดลง แต่วัสดุยังคงมีอุณหภูมิสูงขึ้นเพราะกระบวนการถ่ายเทความร้อนจะยังไม่สิ้นสุดจนกว่าจะเกิดสภาวะสมดุลของอุณหภูมิ (Thermal Equilibrium Condition) จนกระทั่งเวลาประมาณ 12:40 น. อุณหภูมิของอากาศภายนอกมีค่าสูงสุดที่ประมาณ 33 องศาเซลเซียส วัสดุก็จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดที่เวลาใกล้เคียงกัน เมื่อถึงเวลา 13:00 น. นำวัสดุเข้ามาภายในห้องปรับอากาศ ทันทีที่วัสดุสัมผัสกับอากาศภายในห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า วัสดุจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศทำให้ตัวมันเองมีอุณหภูมิลดต่ำลงเรื่อยๆ จนกระทั่งเข้าสู่สมดุลของความร้อน นั่นคือวัสดุมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของอากาศภายใน

ห้องปรับอากาศที่เวลาต่างๆ กัน ทั้งนี้ขึ้นกับความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ วัสดุบางชนิดมีอุณหภูมิลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิอากาศเมื่อเวลาผ่านไปเพียง 1 ชั่วโมง ขณะที่วัสดุบางชนิดยังคงมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศแม้ว่าเวลาจะผ่านไป 4-5 ชั่วโมงแล้วก็ตามผลการทดสอบการดูดซับและคายความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดมีดังนี้

จากการทดสอบ (แผนภูมิที่ 4-6) แสดงพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแกรนิตและเซรามิก ที่ตำแหน่งลึกจากผิวด้านบนซึ่งสัมผัสอากาศ 0.5 ซม. เท่าๆ กัน พบว่าพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุทั้ง 2 ชนิดมีรูปแบบใกล้เคียงกัน คือมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงในช่วงแรก 30 นาทีที่นำวัสดุจากภายนอกออกไปยังภายนอกห้องปรับอากาศ และช่วงที่นำวัสดุจากภายนอกเข้ามายังภายในห้องปรับอากาศ หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะเกิดขึ้นน้อยลงมาก ขณะที่อยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ เซรามิกจะมีอุณหภูมิสูงกว่าแกรนิตประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส ตลอดกระบวนการดูดซับความร้อน ภายหลังจากนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศระยะเวลาหนึ่ง อุณหภูมิของแกรนิตจะมีค่าต่ำกว่าเซรามิก อุณหภูมิสูงสุดขณะอยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ ณ เวลา 13:04 น. ของแกรนิต และเซรามิก มีค่า 31.9 และ 32.7 แกรนิตและเซรามิกจะเริ่มมีอุณหภูมิคงที่เท่ากับอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศ คือที่ประมาณ 25.6 องศาเซลเซียส หลังจากนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศประมาณ 1-2 ชั่วโมง

จากพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน ที่ตำแหน่งลึกจากผิวด้านบนซึ่งสัมผัสอากาศ 1.0 ซม. เท่าๆ กัน เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน (แผนภูมิที่ 4-7) พบว่าพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไม้ทั้งสองชนิดมีรูปแบบคล้ายคลึงกัน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุจำพวกไม้จะเกิดขึ้นช้ากว่าแกรนิตและเซรามิก อุณหภูมิของไม้ทั้งสองชนิดจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยขณะที่อยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ ไม้เนื้ออ่อนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าไม้เนื้อแข็งเล็กน้อย แต่หลังจากนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศ อุณหภูมิของไม้เนื้ออ่อนจะต่ำกว่าไม้เนื้อแข็ง ตลอดกระบวนการคายความร้อน อุณหภูมิสูงสุดขณะอยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ ณ เวลา 13:04 น. ของไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อนมีค่า 32.2 และ 32.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อนจะเริ่มมีค่าคงที่เท่ากับอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศหลังจากนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศแล้วประมาณ 2-3 และ 4-5 ชั่วโมง

จากการทดสอบการดูดซับความร้อนของยิปซัมและกระดาน ที่ตำแหน่งลึกจากผิวด้านบนซึ่งสัมผัสกับอากาศ 1.0 ซม. (แผนภูมิที่ 4-8) พบว่ายิปซัมจะมีพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้รวดเร็วกว่ากระดาน สังเกตได้จากเส้นกราฟที่มีความชันมากกว่า ขณะที่อยู่ภายนอกห้องปรับอากาศในช่วงแรก กระดานจะมีอุณหภูมิสูงกว่ายิปซัมเล็กน้อย แต่หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 1 ชั่วโมง อุณหภูมิของยิปซัมจะสูงขึ้นจนมากกว่าอุณหภูมิของกระดานประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส

และภายหลังจากนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศ ในช่วง 1 ชั่วโมงแรกอุณหภูมิของยิปซัมจะมีค่าต่ำกว่ากระดาศ แต่หลังจากนั้นยิปซัมก็จะมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่สูงกว่ากระดาศจนกระทั่งถึงเวลา 17:20 น. อุณหภูมิสูงสุดขณะอยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ ณ เวลา 13: 04 น. ของยิปซัม และกระดาศ มีค่า 32.7 และ 32.0 โดยที่กระดาศจะเริ่มมีอุณหภูมิกงที่เท่ากับอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศ ประมาณ 25.6 องศาเซลเซียส หลังจากนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศประมาณ 3 ชั่วโมง ขณะที่ยิปซัมใช้เวลาเพียงประมาณ 1-2 ชั่วโมง

จากการทดสอบพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพรมอะคริลิก ที่ตำแหน่งลึกจากผิวด้านบนซึ่งสัมผัสอากาศ 1.0 ซม. เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน (แผนภูมิที่ 4-9) พบว่าพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพรมจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ณ ช่วงเวลาก่อนนำวัสดุออกไปภายนอกห้องปรับอากาศและหลังจากที่นำวัสดุเข้ามาภายในห้องปรับอากาศประมาณ 30 นาที เห็นได้จากเส้นกราฟที่ตำแหน่งดังกล่าวจะมีความชันสูงมาก หลังจากนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะเริ่มลดลงจนกระทั่งเข้าสู่สมดุลของอุณหภูมิหรืออากาศมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอีกครั้ง อุณหภูมิสูงสุดขณะอยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ ณ เวลา 13:04 น. ของพรมมีค่า 32.4 องศาเซลเซียส และภายหลังจากนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศ พรมจะมีอุณหภูมิกงที่ประมาณ 25.5 องศาเซลเซียส เท่ากับอุณหภูมิอากาศภายในห้องปรับอากาศ โดยใช้เวลาในการเข้าสู่สมดุลของอุณหภูมิเพียงประมาณ 1 ชั่วโมงเท่านั้น

จากแผนภูมิแสดงพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาศ 2 ชนิดที่มีเนื้อกระดาศหรือความหนาแน่นต่างกัน ที่ตำแหน่งลึกจากผิวด้านบนซึ่งสัมผัสอากาศ 1.0 ซม. เท่าๆ กัน เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน (แผนภูมิที่ 4-10) พบว่าพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาศ 2 ชนิดมีรูปแบบที่ต่างกัน กล่าวคือขณะที่อยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ 1 ชั่วโมงแรกกระดาศ 80 แกรมจะมีอุณหภูมิสูงกว่ากระดาศสมุดโทรศัพท์ แต่หลังจากนั้นอุณหภูมิของกระดาศ 80 แกรมจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยจะเพิ่มขึ้นสูงสุดไม่เกิน 0.3 องศาเซลเซียสกระดาศสมุดโทรศัพท์จะเริ่มมีอุณหภูมิสูงกว่ากระดาศ 80 แกรม ตั้งแต่เวลาประมาณ 11:00 น. อุณหภูมิสูงสุดขณะอยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ ณ เวลา 13: 04 น. ของกระดาศสมุดโทรศัพท์และกระดาศ 80 แกรม มีค่า 32.6 และ 32.0 องศาเซลเซียส โดยที่กระดาศ 80 แกรม จะเริ่มมีอุณหภูมิกงที่เท่ากับอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศประมาณ 25.6 องศาเซลเซียส หลังจากนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศประมาณ 1-2 ชั่วโมง ขณะที่กระดาศสมุดโทรศัพท์ต้องใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง

แผนภูมิที่ 4-11 แสดงพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาศชนิดเดียวกันที่ตำแหน่งลึกจากผิวด้านบนซึ่งสัมผัสอากาศเท่ากับ 1.0 และ 2.0 ซม. เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน จากการทดสอบ พบว่าพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาศชนิดเดียวกันที่ความ

ลึกต่างกันมีรูปแบบคล้ายคลึงกัน แต่จะมีอุณหภูมิแตกต่างกันเล็กน้อย โดยขณะที่อยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ อุณหภูมิของกระดาศที่ความลึก 1.0 ซม. จะมีค่าสูงกว่าที่ความลึก 2.0 ซม. ประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส ตลอดกระบวนการดูดซับความร้อน หลังจากนำวัสดุเข้ามาภายในห้องปรับอากาศ อุณหภูมิของกระดาศที่ความลึก 1.0 ซม. จะมีค่าต่ำกว่าที่ความลึก 2.0 ซม. เล็กน้อย ตลอดกระบวนการคายความร้อน อุณหภูมิสูงสุดขณะอยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ ณ เวลา 13: 04 น. ของกระดาศสมุดโทรศัพท์ที่ความลึก 1.0 และ 2.0 ซม. มีค่า 32.6 และ 31.8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของกระดาศทั้ง 2 ตำแหน่งจะเริ่มมีค่าคงที่เท่ากับอุณหภูมิอากาศภายในห้องปรับอากาศ ภายหลังจากนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศแล้วประมาณ 4 ชั่วโมงเท่าๆ กัน

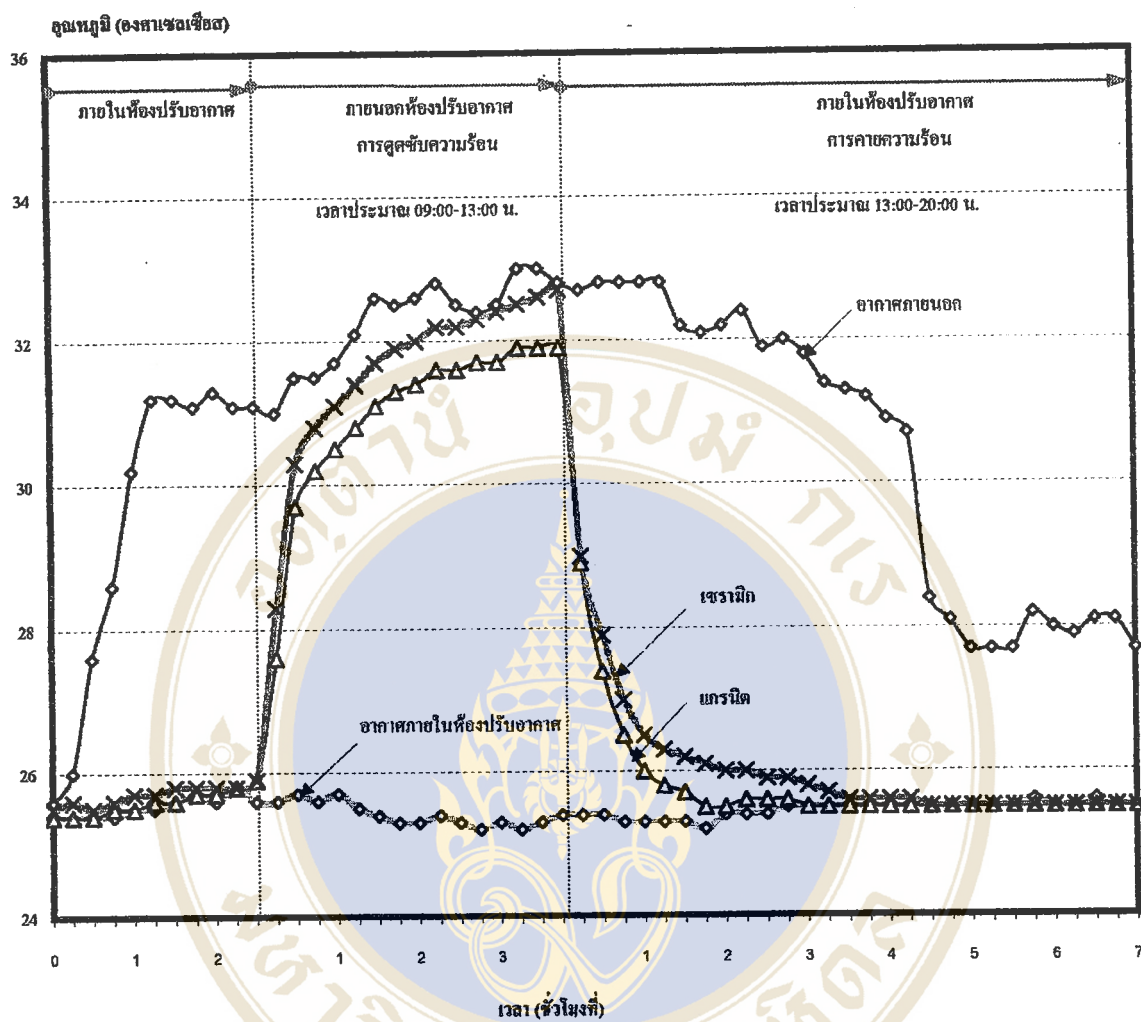
แผนภูมิที่ 4-12 แสดงพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเหล็ก ที่ตำแหน่งลึกจากผิวด้านบนซึ่งสัมผัสอากาศ 0.2 ซม. เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน จากการทดสอบพบว่าพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเหล็กจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ณ ช่วงเวลาก่อนนำวัสดุออกไปภายนอกห้องปรับอากาศและหลังจากที่นำวัสดุเข้ามาภายในห้องปรับอากาศประมาณ 30 นาที เห็นได้จากเส้นกราฟที่ตำแหน่งดังกล่าวจะมีความชันสูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากเหล็กมีค่าการนำความร้อนสูงมากนั่นเอง หลังจากนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะเริ่มลดลงจนกระทั่งเข้าสู่สมดุลของอุณหภูมิหรืออากาศมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอีกครั้ง อุณหภูมิสูงสุดขณะอยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ ณ เวลา 13:04 น. ของเหล็กมีค่า 32.5 องศาเซลเซียส และภายหลังจากนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศ เหล็กจะมีอุณหภูมิมืดที่ประมาณ 25.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายในห้องปรับอากาศ โดยใช้เวลาในการเข้าสู่สมดุลของอุณหภูมิประมาณ 1 ชั่วโมงหรือน้อยกว่าเท่านั้น

จากการทดสอบการดูดซับความร้อนของอิฐดินเผา ที่ตำแหน่งลึกจากผิวด้านบนซึ่งสัมผัสกับอากาศ 1.0 ซม. เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน (แผนภูมิที่ 4-13) พบว่าพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐดินเผาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 30 นาทีแรก แต่อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นไม่สูงมากนักคือประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มเปลี่ยนแปลงน้อยลงจนกระทั่งมีอุณหภูมิสูงสุดเมื่อเวลา 13: 04 น. อุณหภูมิสูงสุดขณะอยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ ณ เวลา 13: 04 น. ของอิฐดินเผามีค่า 31.0 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิจะเริ่มมีค่าคงที่ที่ประมาณ 25.5 องศาเซลเซียส เท่ากับอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศหลังจากนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศประมาณ 3 ชั่วโมง

จากการทดสอบการดูดซับความร้อนของอิฐก่อฉาบปูน ที่ตำแหน่งลึกจากผิวด้านบนซึ่งสัมผัสกับอากาศ 1.5 และ 3.5 ซม. เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน (แผนภูมิที่ 4-14) พบว่าพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐก่อฉาบปูน ณ ตำแหน่งความลึกต่างกันจะมีรูปแบบคล้ายคลึงกัน อุณหภูมิของอิฐก่อฉาบปูนทั้ง 2 ตำแหน่งจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยขณะที่อยู่ภาย

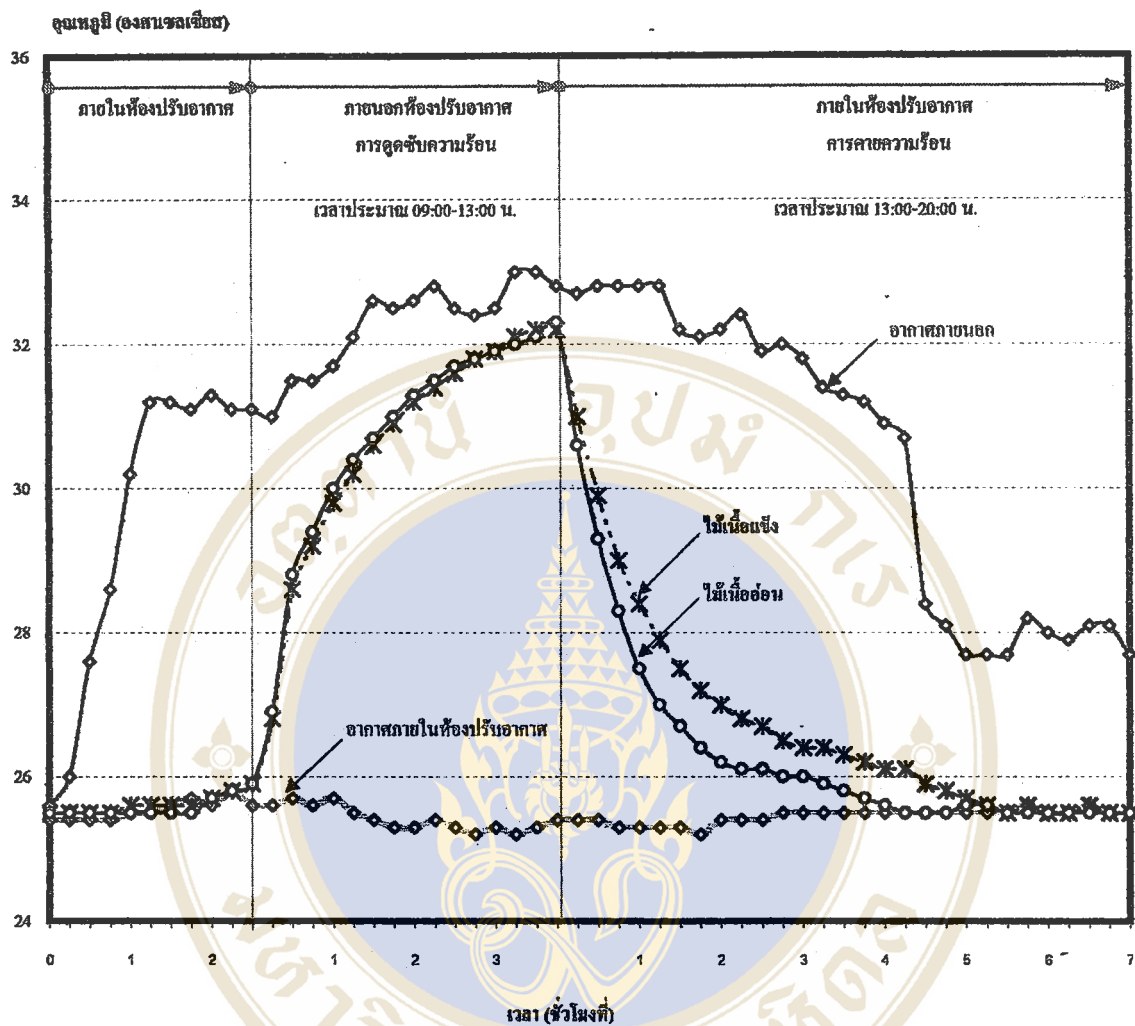
นอกห้องปรับอากาศ อุณหภูมิที่ความลึก 1.5 ซม. จะมีค่าสูงกว่าที่ความลึก 3.5 ซม. เล็กน้อยตลอดกระบวนการดูดซับความร้อน แต่หลังจากนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศ อุณหภูมิที่ความลึก 1.5 ซม. จะมีค่าต่ำกว่าที่ความลึก 3.5 ซม. อย่างเห็นได้ชัดตลอดกระบวนการคายความร้อน อุณหภูมิสูงสุดขณะอยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ ณ เวลา 13: 04 น. ของอิฐก่อฉาบปูนที่ความลึก 1.5 และ 3.5 ซม. มีค่า 81.8 และ 81.4 องศาเซลเซียส และต้องใช้เวลาดังประมาณ 4-5 ชั่วโมงในการลดอุณหภูมิลงจนเท่ากับอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ





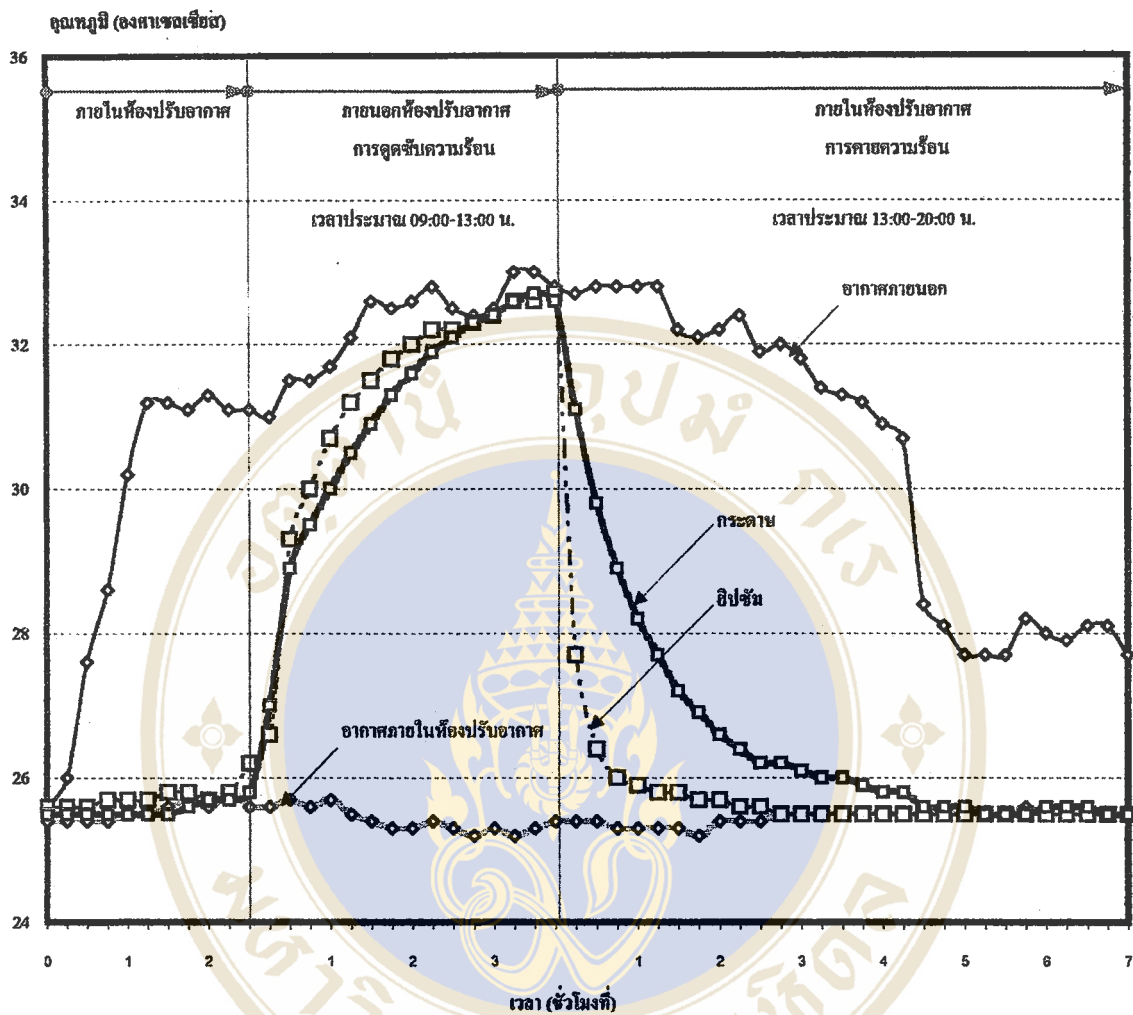
กระเบื้องแกรนิต ขนาด 19x19x0.5 เซนติเมตร กระเบื้องเซรามิก ขนาด 20x20x0.5 เซนติเมตร

แผนภูมิที่ 4-6 แสดงพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแกรนิตและเซรามิก เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน



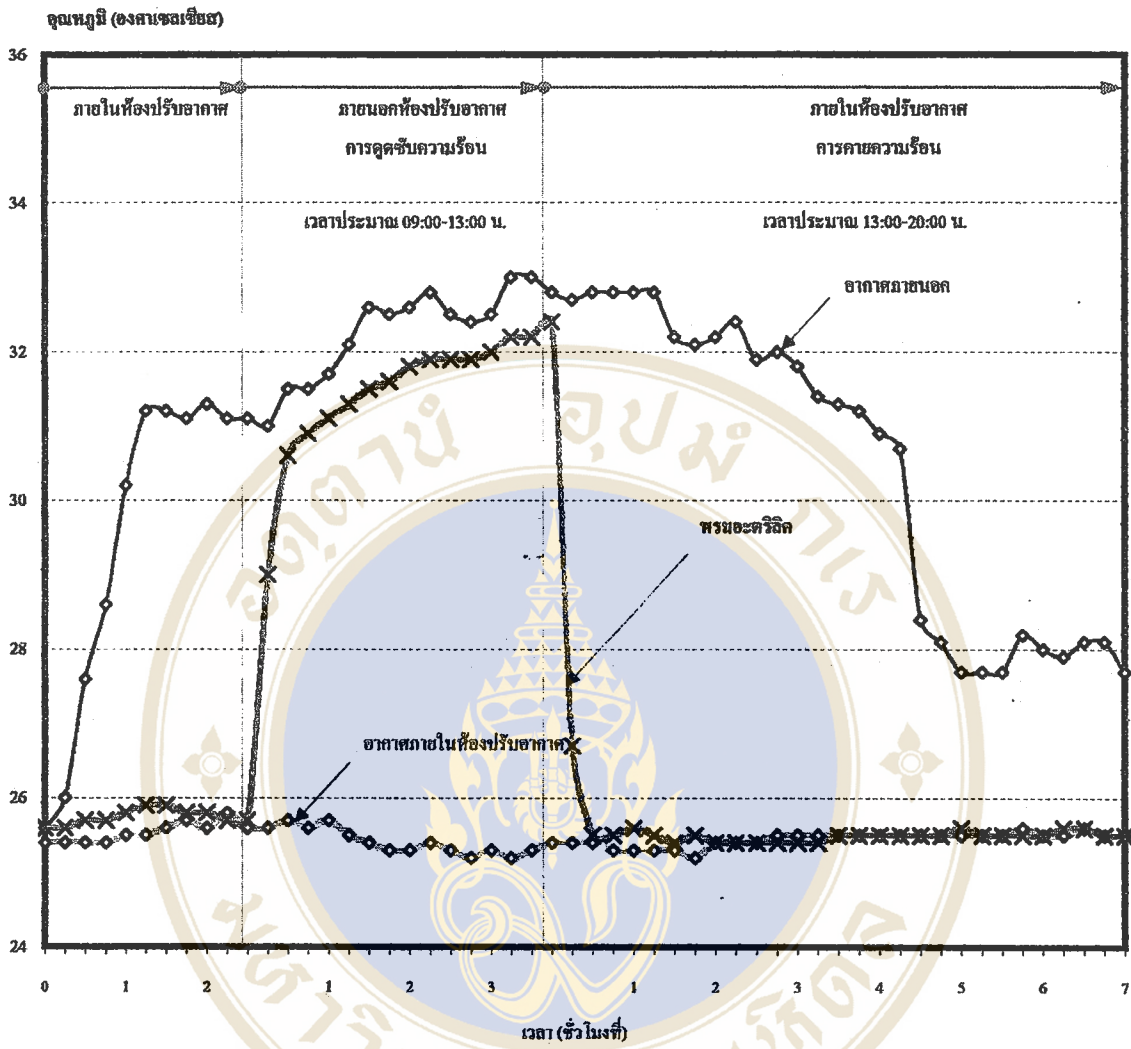
ไม้เนื้อแข็ง ขนาด 18x19x2 เซนติเมตร ไม้เนื้ออ่อน ขนาด 19x20x2 เซนติเมตร

แผนภูมิที่ 4-7 แสดงพฤติกรรม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ ไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน
เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน



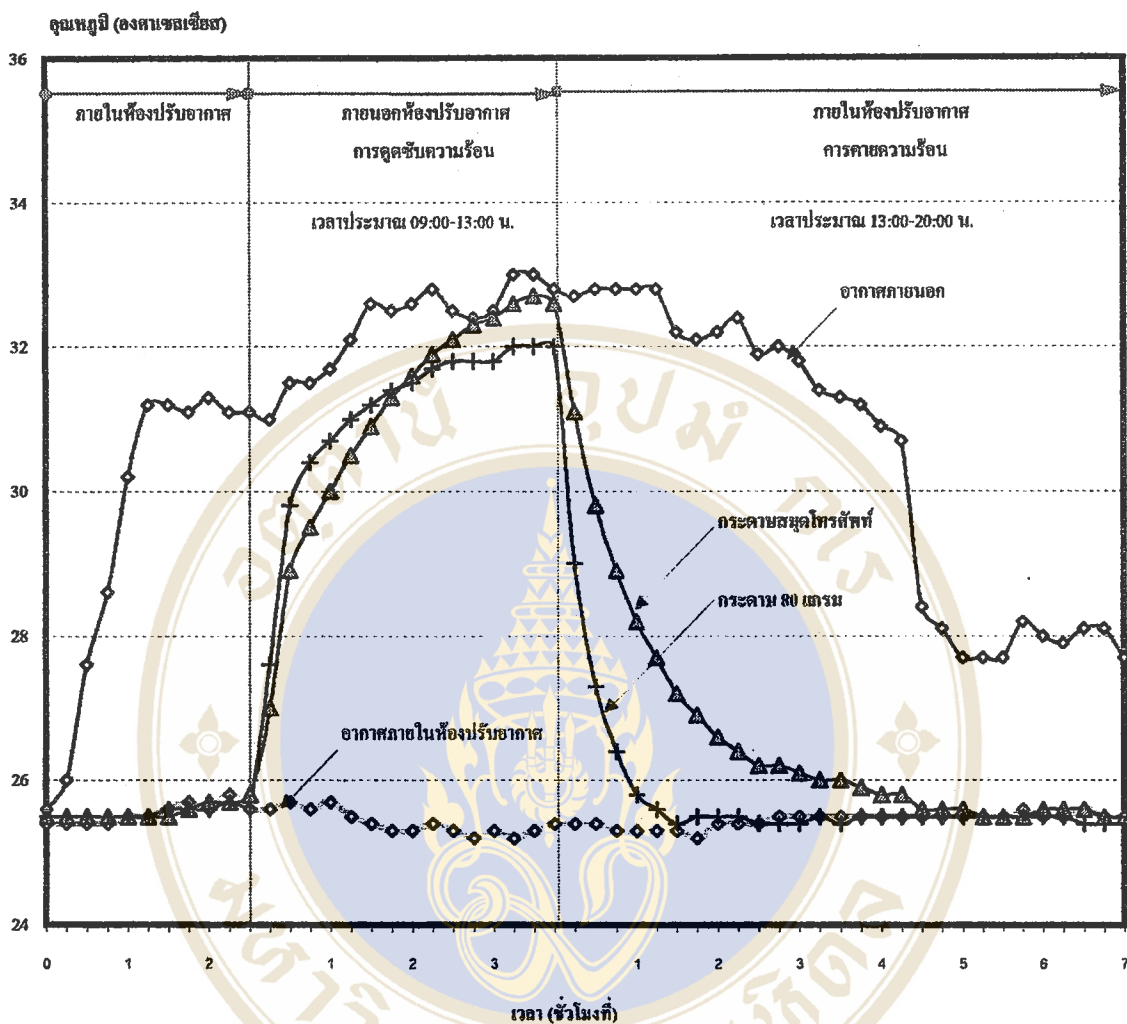
แผ่นอิปซัม ขนาด 20x20x1 เซนติเมตร กระดาด 50 แกรม (สมุดโทรศัพท์) ขนาด 20x20x2 เซนติเมตร

แผนภูมิที่ 4-8 แสดงพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ อิปซัมและกระดาด เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน



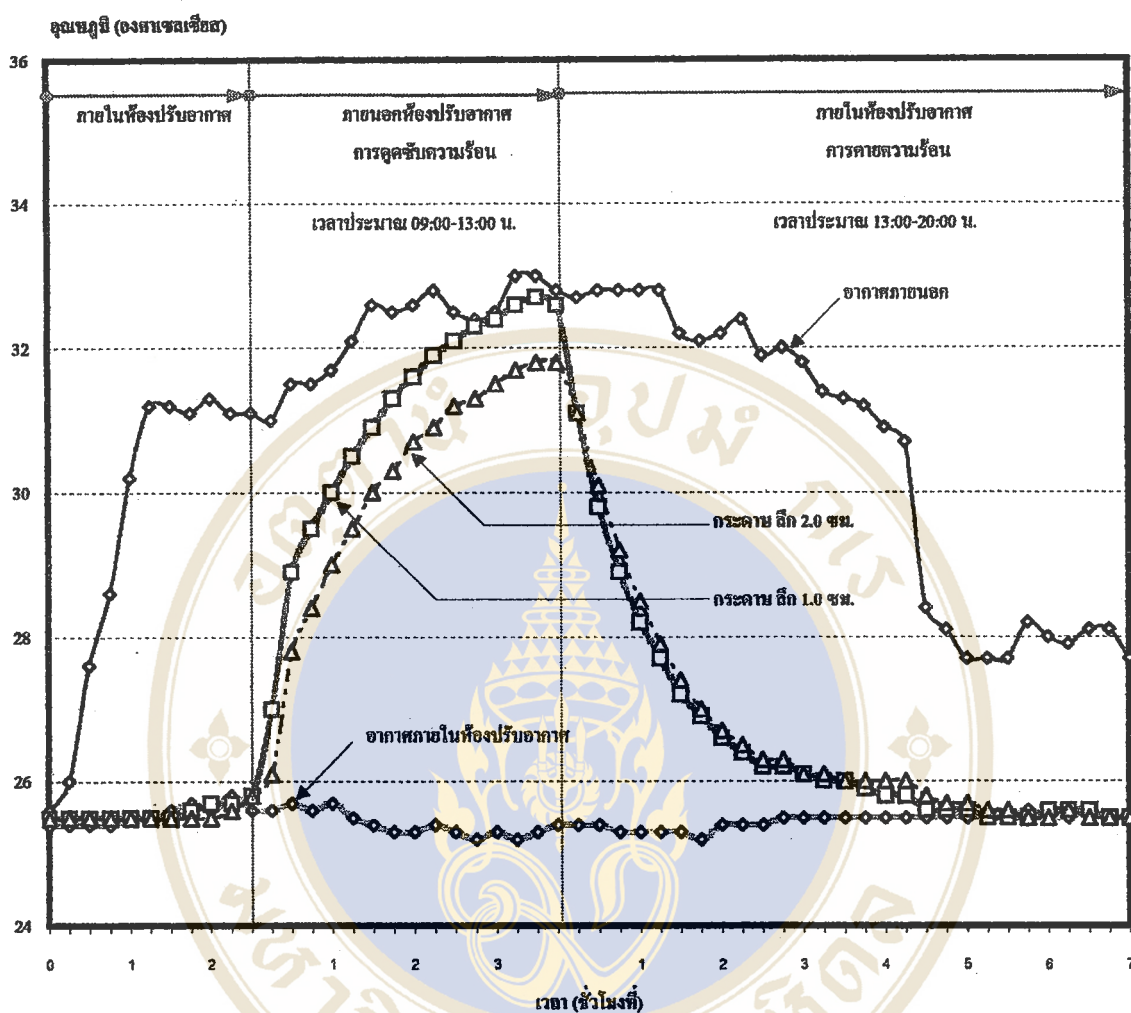
พรมอะคริลิก ขนาด 20x20x1 เซนติเมตร

แผนภูมิที่ 4-9 แสดงพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ พรมอะคริลิก เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน



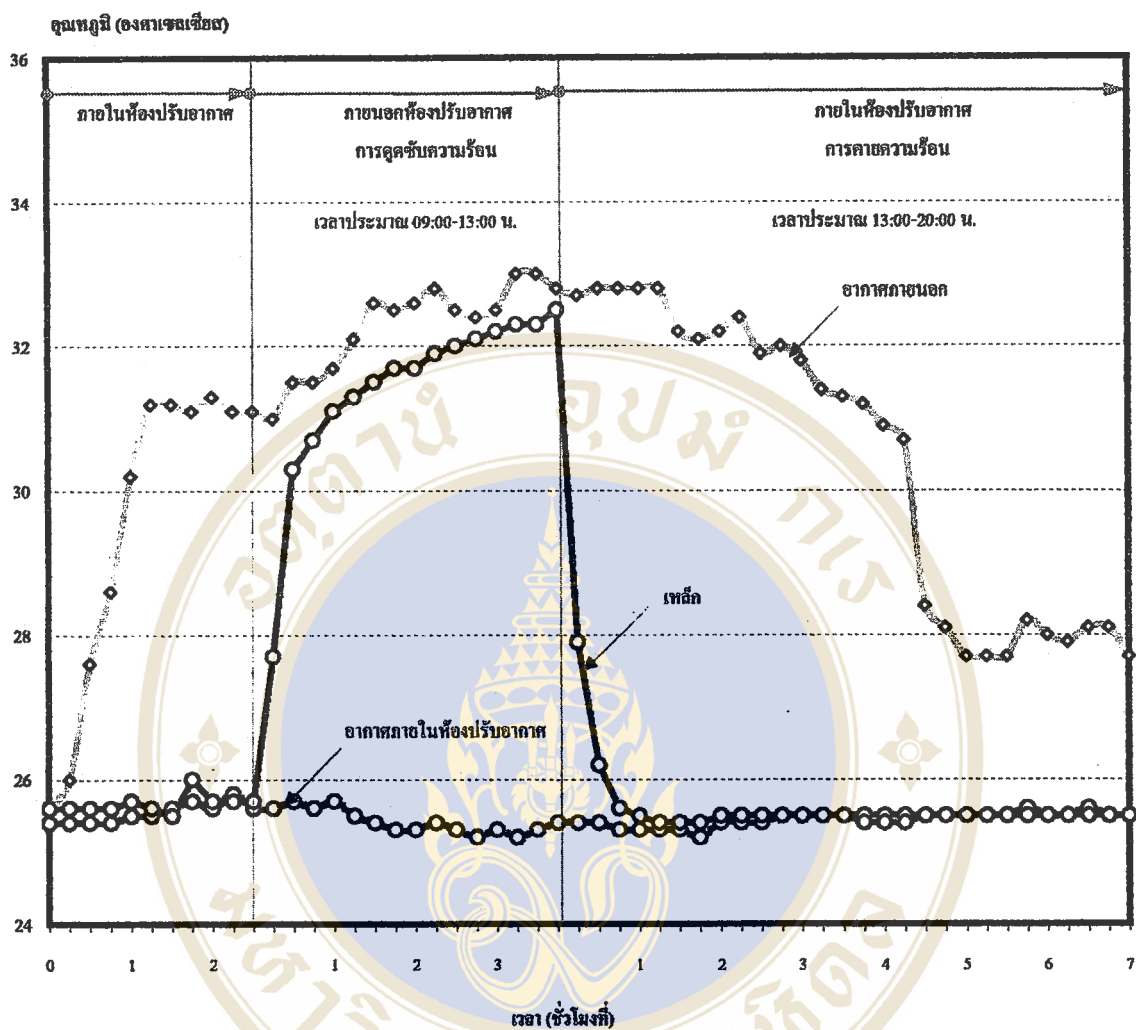
กระดาด 50 แกรม (สมุดโทรศัพท์) ขนาด 20x20x2 เซนติเมตร กระดาด 80 แกรม ขนาด 20x20x1 เซนติเมตร

แผนภูมิที่ 4-10 แสดงพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ กระดาด 2 ชนิดที่มีเนื้อกระดาด
หรือความหนาแน่นต่างกัน เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน



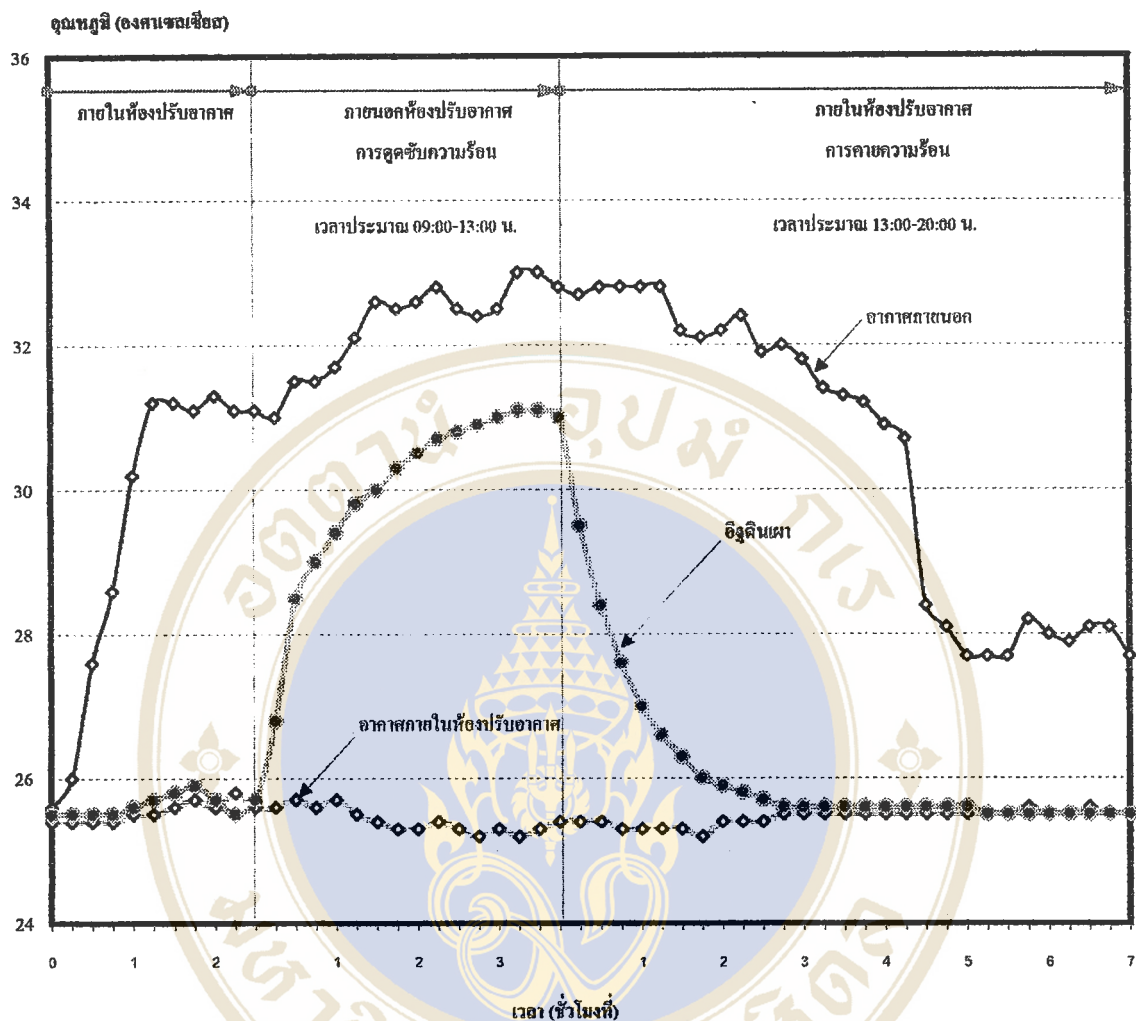
กระดวย 50 แกรม (สมุดโทรศัพท์) ขนาด 20x20x2 เซนติเมตร วัดที่ตำแหน่งลึก 1 และ 2 เซนติเมตร

แผนภูมิที่ 4-11 แสดงพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ กระดานชนิดเดียวกันที่ตำแหน่ง
ลึกจากผิวด้านบนซึ่งสัมผัสอากาศเท่ากับ 1 และ 2 เซนติเมตร เมื่อทดสอบ
การดูดซับความร้อน



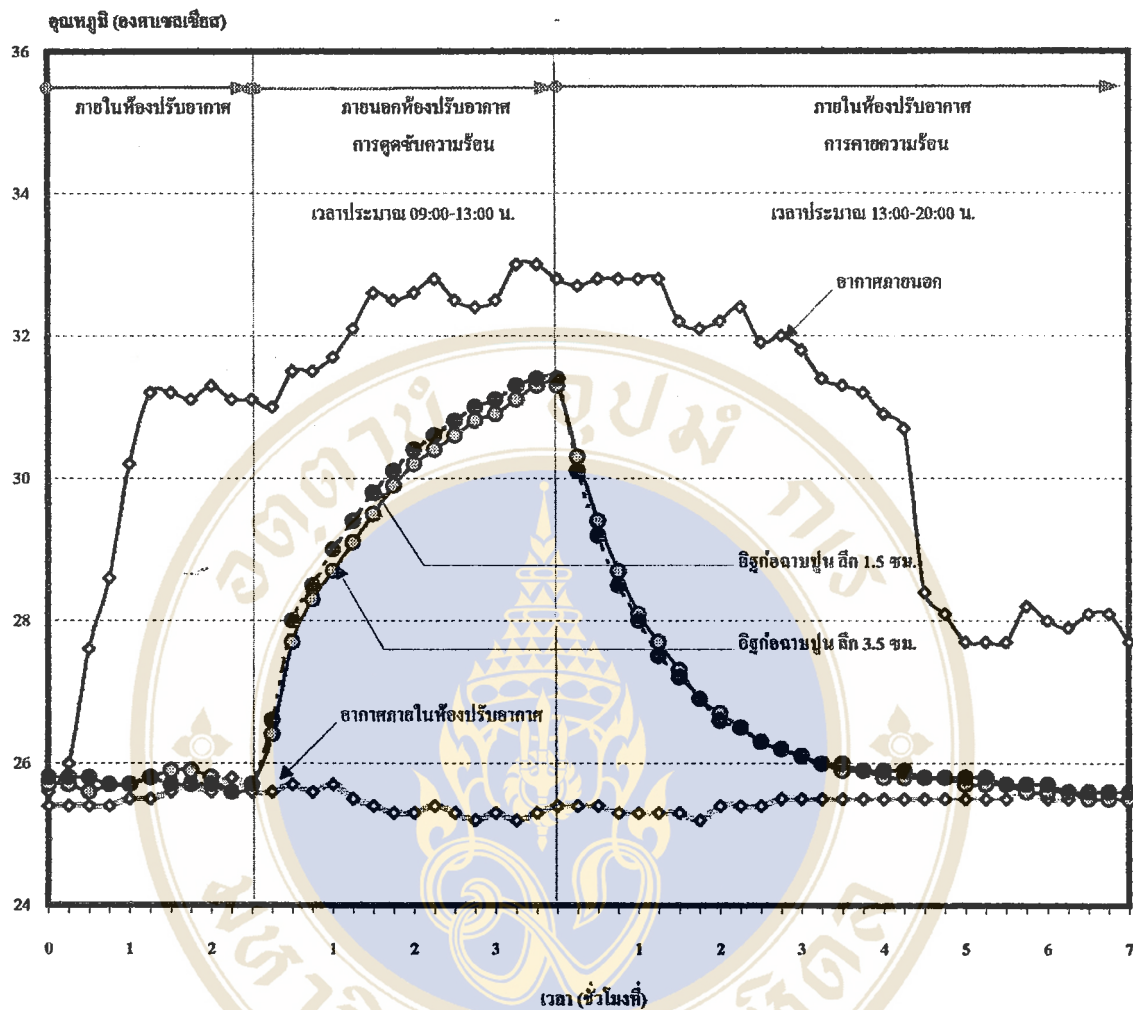
แผ่นเหล็ก ขนาด 20x20x0.2 เซนติเมตร

แผนภูมิที่ 4-12 แสดงพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ เหล็ก เมื่อทดสอบการดูดซับ ความร้อน



อิฐดินเผา (อิฐมอญ) ขนาด 6.5x10 เซนติเมตร วัตถุที่ตำแหน่งลึก 1 เซนติเมตร

แผนภูมิที่ 4-13 แสดงพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ อิฐดินเผา เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน



อิฐก่อฉาบปูน ขนาด 8x16 เซนติเมตร วัดที่ตำแหน่งลึก 1 และ 2 นิ้ว

แผนภูมิที่ 4-14 แสดงพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ อิฐก่อฉาบปูน เมื่อทดสอบ
การดูดซับความร้อน

4.3.2 อัตราการดูดซับและการคายความร้อนของวัสดุ

จากแผนภูมิที่ 4-15 ถึง 4-24 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของวัสดุทดสอบทั้ง 10 ชนิด พบว่าอัตราการดูดซับและคายความร้อนของวัสดุทุกชนิดจะเกิดขึ้นสูงสุดในช่วง 15-30 นาทีแรกของกระบวนการดูดซับและการคายความร้อน หลังจากนั้นอัตราการดูดซับและการคายความร้อนจะค่อยๆ ลดลงในช่วงเวลาถัดไป ทั้งนี้เนื่องจากผลต่างของอุณหภูมิในช่วงแรกที่นำวัสดุจากภายในออกไปภายนอกห้องปรับอากาศ และช่วงแรกที่นำวัสดุจากภายนอกเข้ามาภายในห้องปรับอากาศมีค่าสูงสุด ทำให้กระบวนการดูดซับและการคายความร้อนเกิดขึ้นได้ดี อัตราการดูดซับและการคายความร้อนจึงมีค่าสูง ต่อมาเมื่อเกิดการถ่ายเทความร้อนแล้วระยะเวลาหนึ่ง อุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มมีค่าเข้าใกล้อุณหภูมิของอากาศมากขึ้น ทำให้ผลต่างของอุณหภูมิมระหว่างวัสดุกับอากาศมีค่าลดลง อัตราการดูดซับและการคายความร้อนจึงลดต่ำลงด้วย และในที่สุดอัตราการดูดซับและการคายความร้อนจะลดลงจนเท่ากับศูนย์ เมื่อวัสดุเกิดการถ่ายเทความร้อนจนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของอากาศ เมื่อไม่มีผลต่างของอุณหภูมิ การดูดซับและการคายความร้อนจึงไม่เกิดขึ้นอีกต่อไป เรียกสภาวะนี้ว่า สภาวะสมดุลของอุณหภูมิ (Thermal Equilibrium)

เมื่อวางวัสดุไว้ภายนอกห้องปรับอากาศ วัสดุซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกจะเกิดการดูดซับความร้อนจากอากาศ ตามหลักการของการถ่ายเทความร้อนซึ่งจะเกิดจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เมื่อวัสดุดูดซับความร้อนเข้าไปในเนื้อวัสดุ อุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น ทำให้ผลต่างของอุณหภูมิมระหว่างวัสดุกับอากาศภายนอกมีค่าลดลง ดังนั้นอัตราการเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุจึงลดลงด้วย จากนั้นเมื่อนำวัสดุเข้ามาภายในห้องปรับอากาศขณะที่อุณหภูมิของวัสดุมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศมาก วัสดุก็จะเกิดการคายความร้อนให้กับอากาศอย่างรวดเร็วและปริมาณมาก เมื่ออุณหภูมิของวัสดุเริ่มต่ำลง ผลต่างระหว่างอุณหภูมิของวัสดุกับอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศมีค่าลดลง อัตราการลดอุณหภูมิจึงลดต่ำลงด้วย

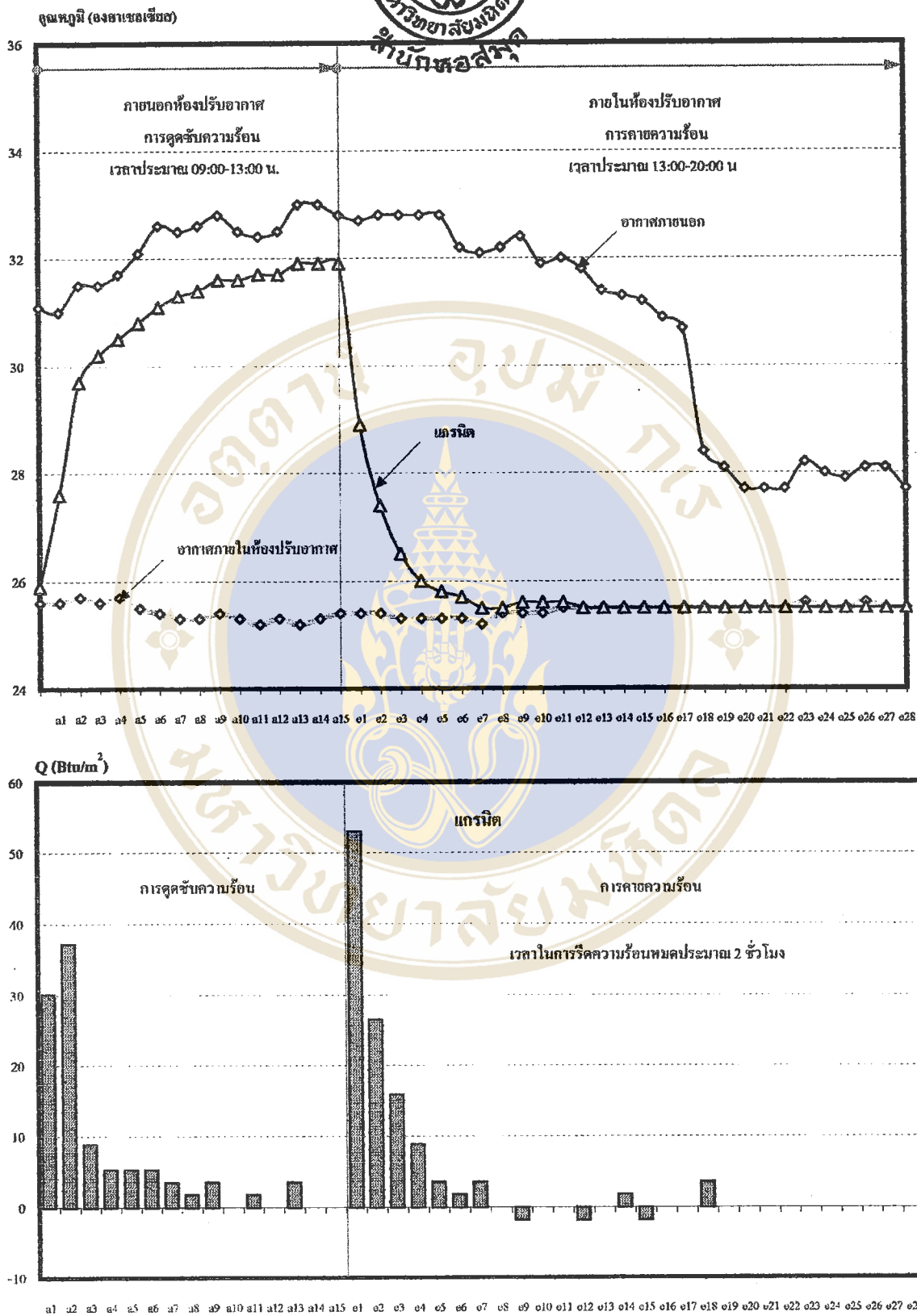
นอกจากนั้นจากแผนภูมิยังพบว่า วัสดุเกือบทุกชนิดมีอัตราการดูดซับความร้อนในช่วง 15-30 นาทีแรกสูงมาก โดยปริมาณความร้อนในช่วงดังกล่าวมีค่ามากกว่า 40-50% ของความร้อนทั้งหมดที่ถูกดูดซับเอาไว้ โดยเฉพาะเหล็ก กระจก 80 แกรม เซรามิก และแกรนิต มีปริมาณความร้อนที่ถูกดูดซับในช่วง 30 นาทีแรกสูงถึง 73.1% 67.6% 64.7% และ 63.3% ของความร้อนทั้งหมดเลยทีเดียว ส่วนวัสดุอิฐก่อฉาบปูน ไม้ ยิปซัม และกระจกสมุดโทรศัพท์ จะมีการดูดซับความร้อนด้วยอัตราที่ช้ากว่าคือในช่วง 30 นาทีแรก มีปริมาณความร้อนที่ถูกดูดซับประมาณ 40-48% ของปริมาณความร้อนทั้งหมด

เช่นเดียวกับการดูดซับความร้อน การคายความร้อนของวัสดุทุกชนิดจะเกิดขึ้นสูงสุดใน

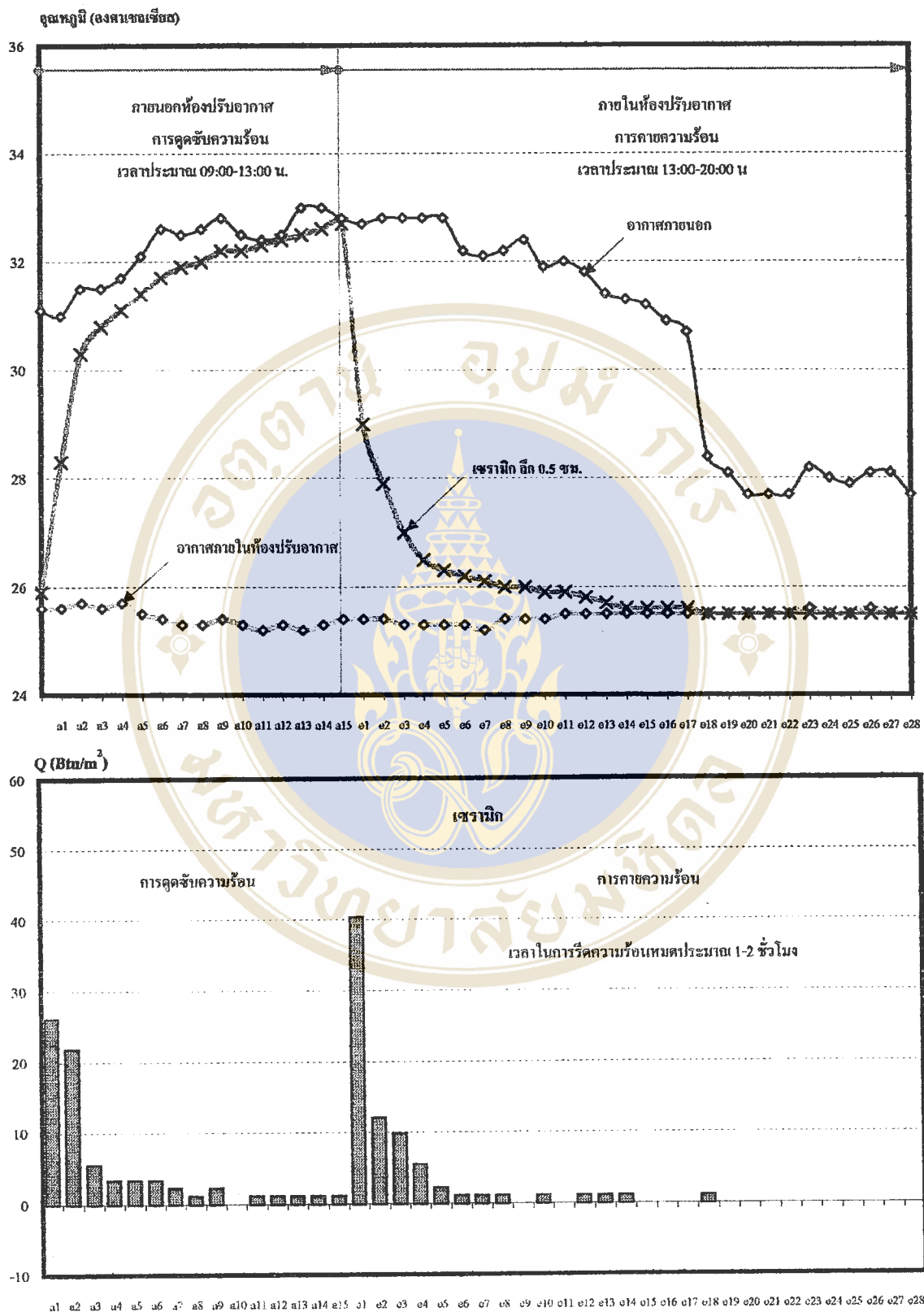
ช่วง 15-30 นาทีแรก วัสดุที่มีอัตราการดูดซับความร้อนสูงก็จะมีอัตราการคายความร้อนสูงด้วย จากแผนภูมิพบว่าอัตราการคายความร้อนจะลดลงด้วยอัตราที่ค่อนข้างแน่นอนกว่าอัตราการดูดซับความร้อน ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศมีค่าคงที่ ผลต่างของอุณหภูมิวัสดุกับอากาศจึงเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราที่ค่อนข้างแน่นอน ขณะที่อัตราการดูดซับความร้อนจะมีรูปแบบที่ไม่แน่นอน ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เห็นได้จากอัตราการดูดซับความร้อนในช่วง 15 นาทีแรก (a1) ของวัสดุส่วนใหญ่จะมีค่าต่ำกว่าอัตราการการดูดซับความร้อนช่วง 15 นาทีถัดมา (a2) เพราะอุณหภูมิในช่วง a2 มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิในช่วง a1 ผลต่างของอุณหภูมิจึงสูงกว่า และในช่วงแรกวัสดุยังมีอุณหภูมิก่อนข้างต่ำ จึงสามารถดูดซับความร้อนได้มาก จะเห็นได้ว่าอัตราการดูดซับความร้อนของวัสดุจะขึ้นกับความหนาแน่นของเนื้อวัสดุ โดยวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงกว่าจะมีเนื้อหรือโมเลกุลของวัสดุอยู่ใกล้ชิดกันมากกว่า การส่งผ่านความร้อนโดยการนำความร้อน (Conduction) จะเกิดขึ้นได้ดี ทำให้อุณหภูมิของวัสดุเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนวัสดุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าก็จะมีอัตราการนำความร้อนช้ากว่า

วัสดุแต่ละชนิดจะมีการดูดซับความร้อนแตกต่างกันออกไป ความสามารถในการดูดซับความร้อนของวัสดุจะขึ้นกับคุณสมบัติของวัสดุ ได้แก่ มวล (Mass) ของวัสดุ โดยปกติแล้ววัสดุที่มีมวลมากจะมีการดูดซับและสะสมความร้อนเอาไว้ได้สูงกว่าวัสดุที่มีมวลน้อยกว่า นอกจากนั้นการดูดซับความร้อนของวัสดุยังขึ้นกับค่าความจุความร้อน (Specific Heat; c) และผลต่างของอุณหภูมิระหว่างวัสดุกับอากาศ (ΔT) อีกด้วย วัสดุที่มีความจุความร้อนสูงมีแนวโน้มที่จะดูดซับความร้อนได้มาก และหากอุณหภูมิของอากาศสูงกว่าอุณหภูมิของวัสดุมาก การถ่ายเทความร้อนจากอากาศสู่วัสดุย่อมจะเกิดขึ้นได้มาก ทำให้วัสดุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูง

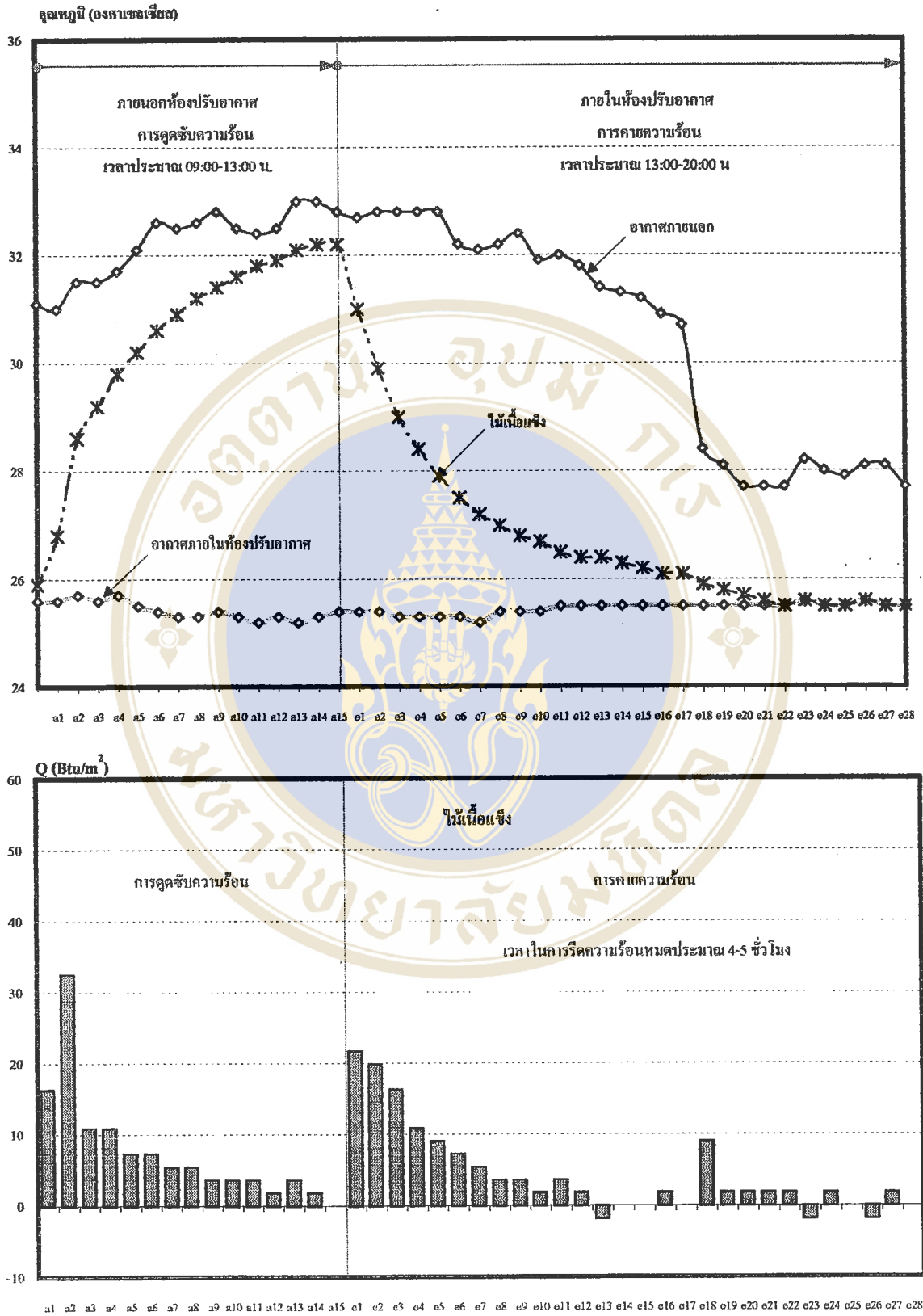
เนื่องจากการดูดซับและการคายความร้อนจะเกิดขึ้นสูงสุดในช่วงแรก และมีปริมาณความร้อนที่ถูกดูดซับมากกว่า 40-50% ของความร้อนที่ถูกดูดซับทั้งหมด ดังนั้นจึงสามารถนำอัตราการดูดซับและการคายความร้อนในช่วงดังกล่าวมาเปรียบเทียบกัน เพื่อพิจารณาแนวโน้มในการดูดซับและการคายความร้อนของวัสดุได้ จากการทดสอบพบว่า วัสดุที่มีอัตราการดูดซับและการคายความร้อนสูงได้แก่ พรมอะคริลิก เหล็ก เซรามิก แกรนิต และกระดาษ 80 แกรม ส่วนวัสดุที่มีอัตราการดูดซับและการคายความร้อนต่ำ ได้แก่ ยิปซัม ไม้ กระดาษสนุคโทรศัพท์ และอิฐก่อฉาบปูน



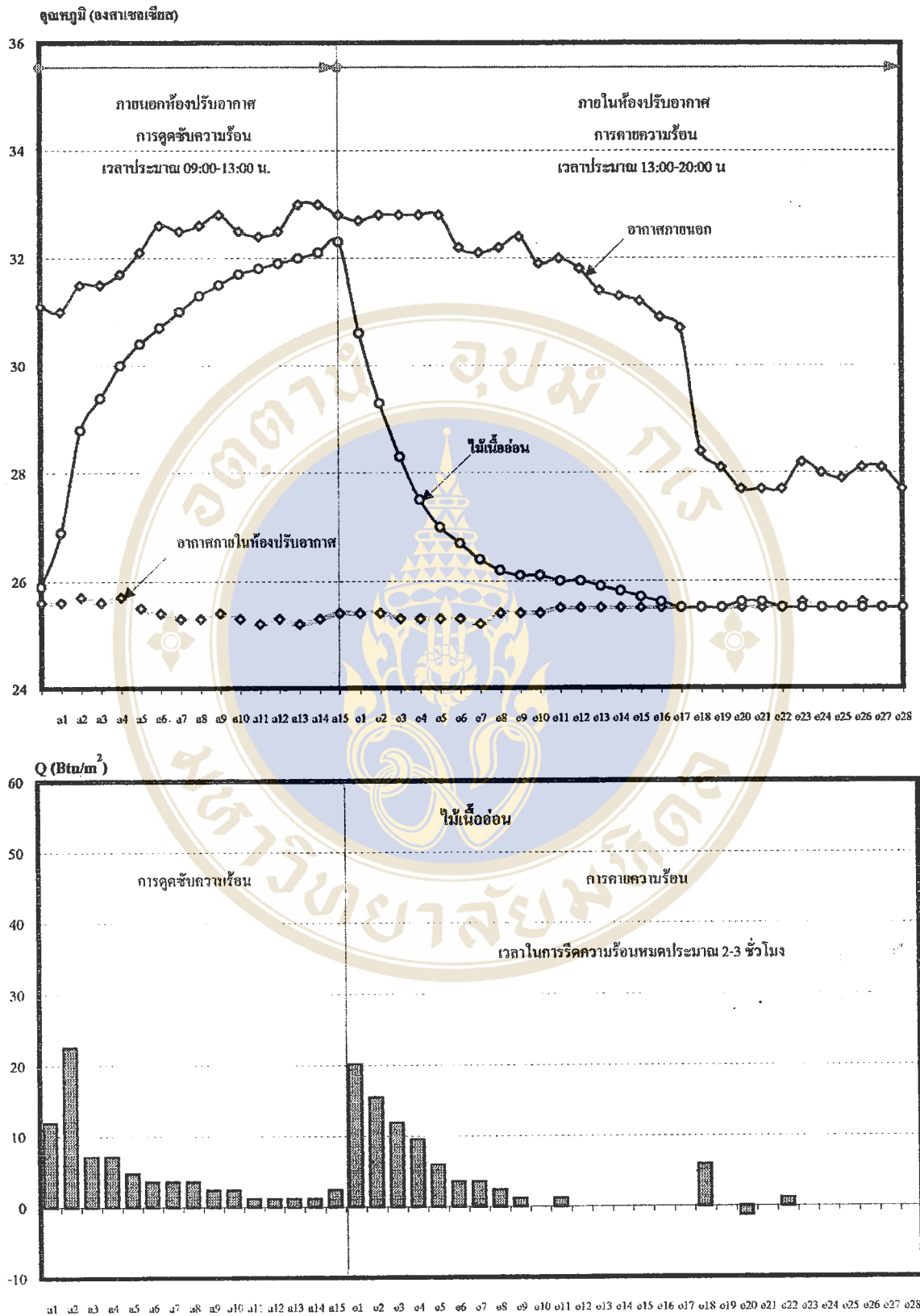
แผนภูมิที่ 4-15 แสดงอัตราการดูดซับ (a1-a15) และคายความร้อน (e1-e28) ของแกรนิต แสดงช่วงละ 15 นาที จากการทดสอบการดูดซับความร้อนเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541



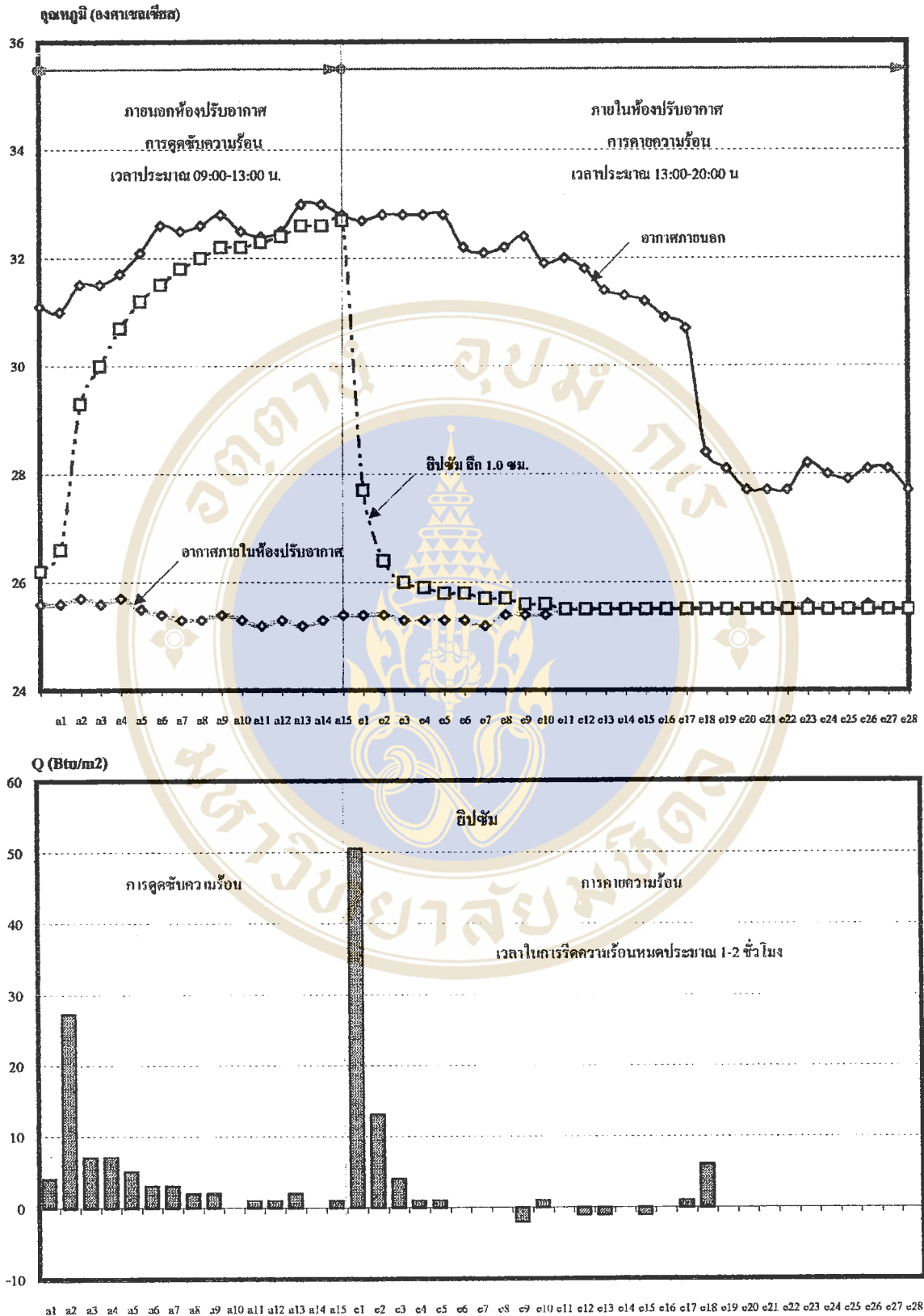
แผนภูมิที่ 4-16 แสดงอัตราการดูดซับ (a1-a15) และคายความร้อน (e1-e28) ของเซรามิก แสดงช่วงละ 15 นาที จากการทดสอบการดูดซับความร้อนเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541



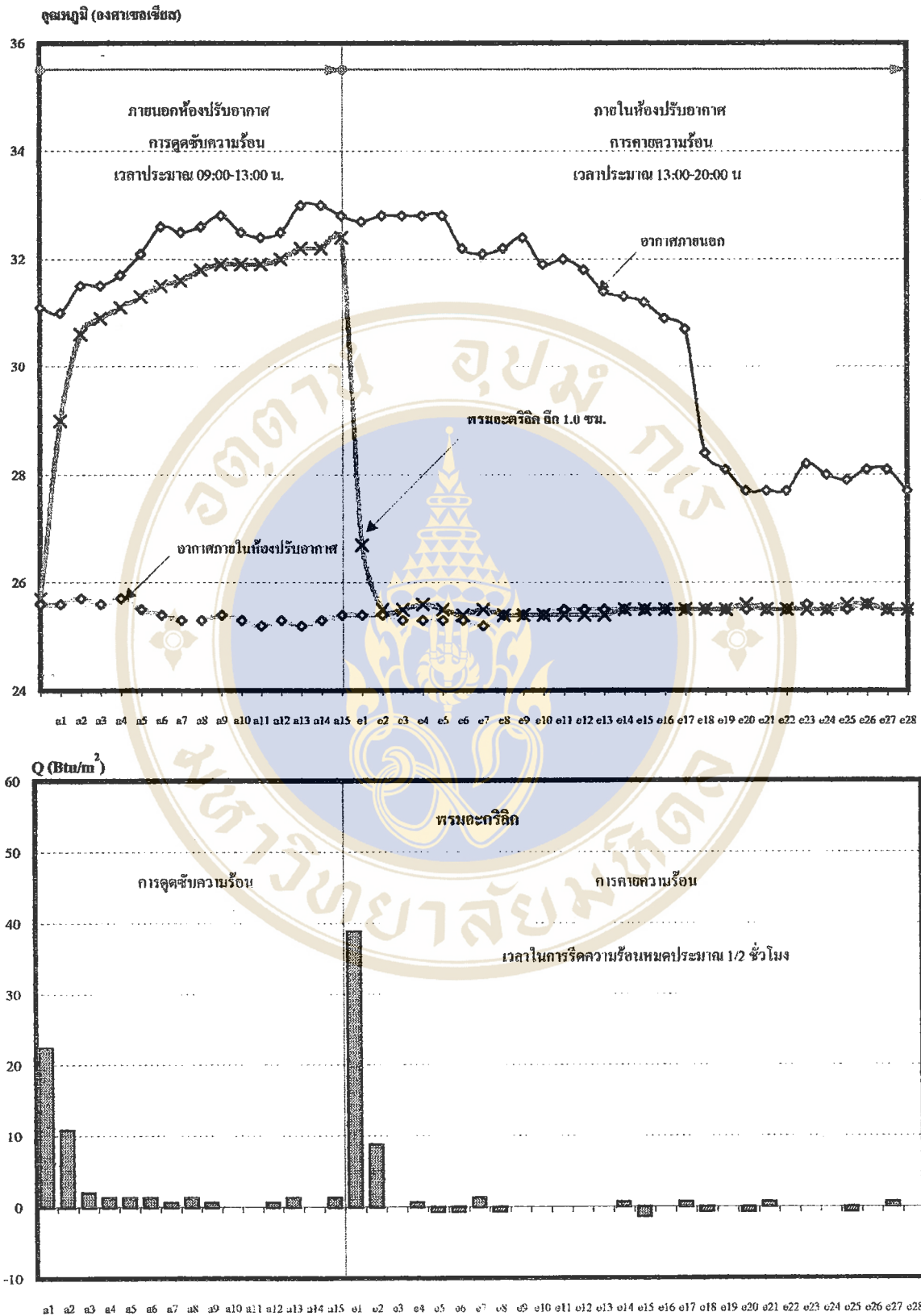
แผนภูมิที่ 4-17 แสดงอัตราารดูดซับ (a1-a15) และคายความร้อน (e1-e28) ของไม้เนื้อแข็ง แสดงช่วงละ 15 นาที จากการทดสอบการดูดซับความร้อนเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541



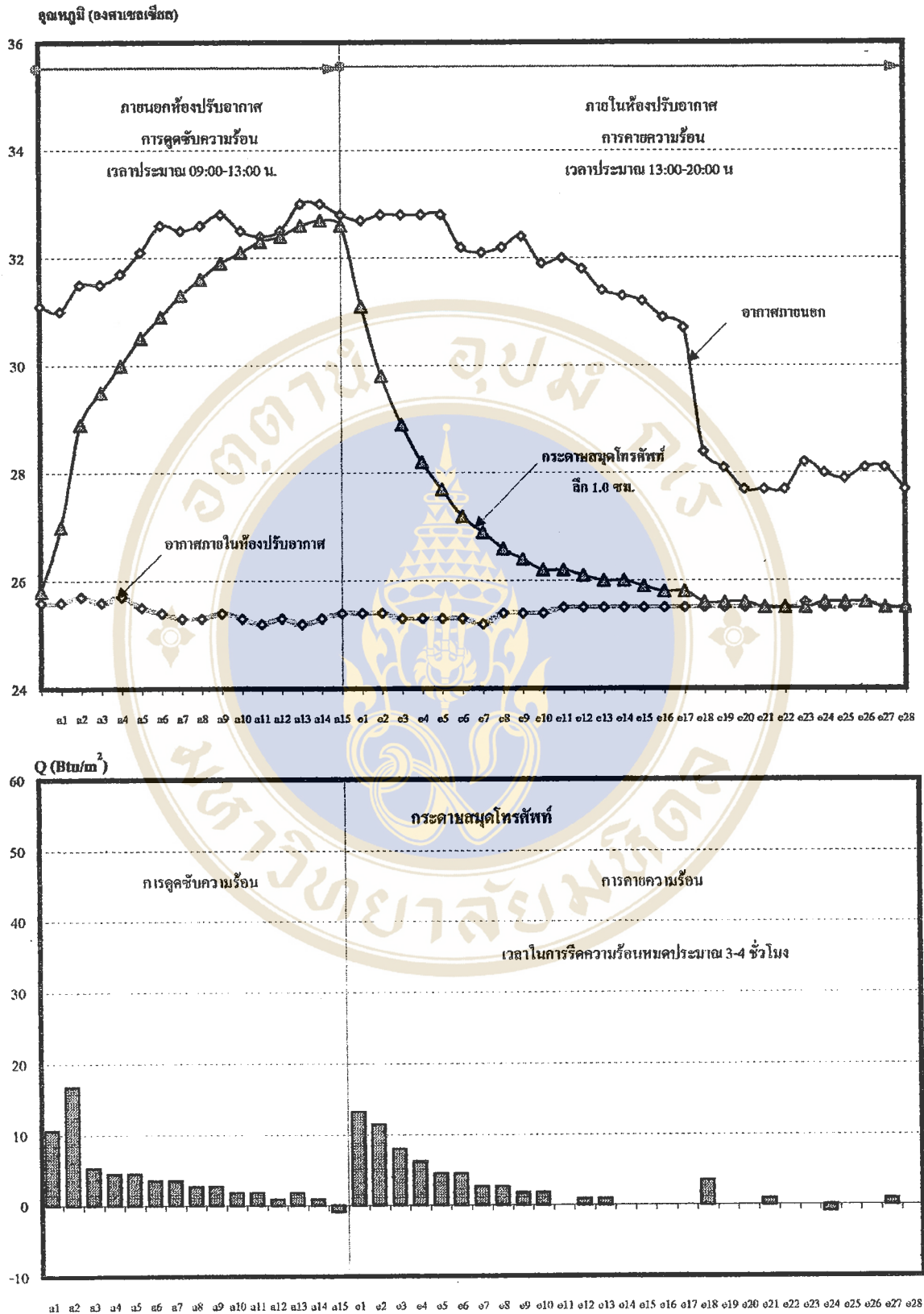
แผนภูมิที่ 4-18 แสดงอัตราการดูดซับ (a1-a15) และคายความร้อน (c1-c28) ของไม้เนื้ออ่อน แสดงช่วงละ 15 นาที จากการทดสอบการดูดซับความร้อนเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541



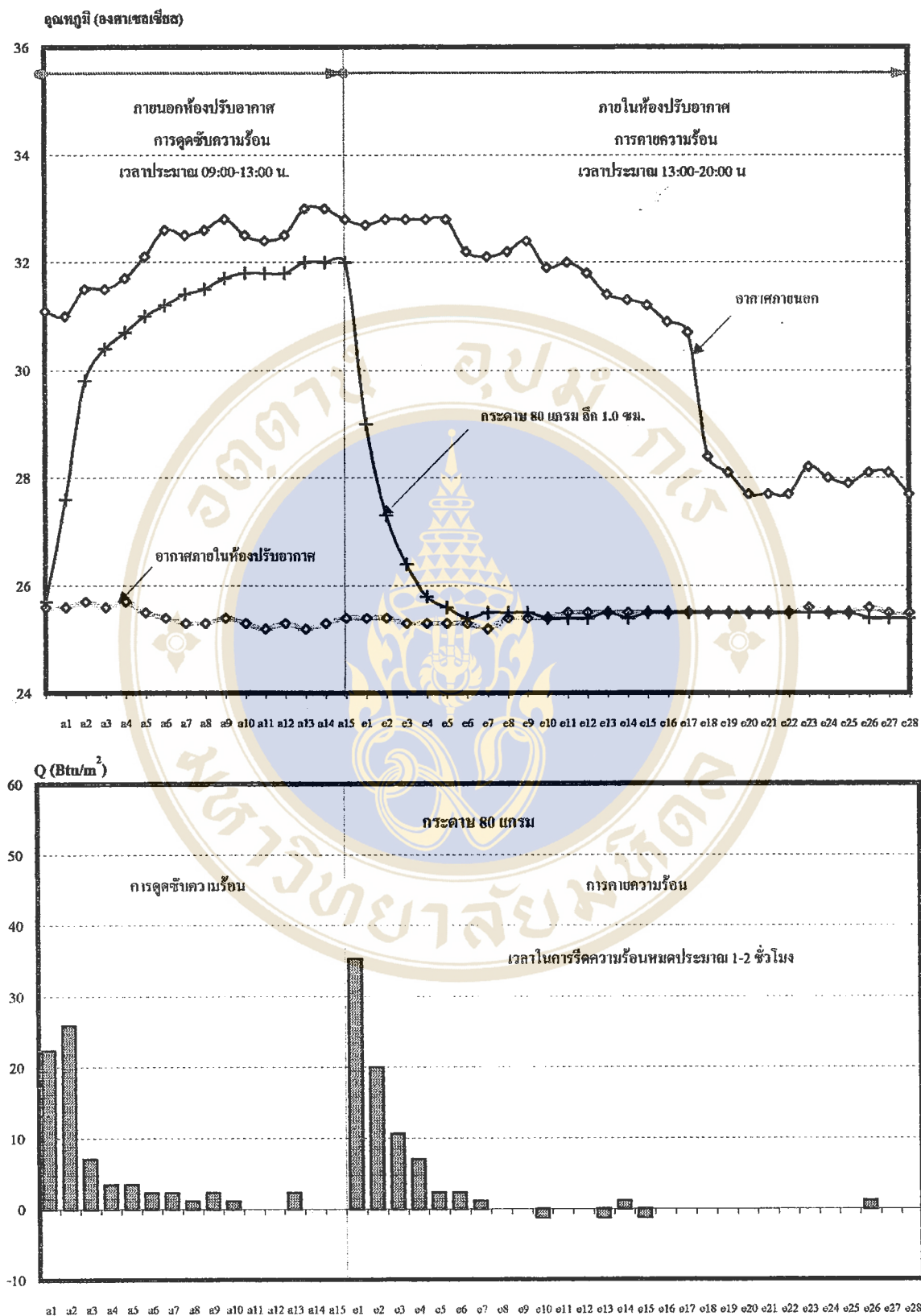
แผนภูมิที่ 4-19 แสดงอัตราการดูดซับ (a1-a15) และคายความร้อน (c1-c28) ของชิปซัม แสดงช่วงละ 15 นาที จากการทดสอบการดูดซับความร้อนเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541



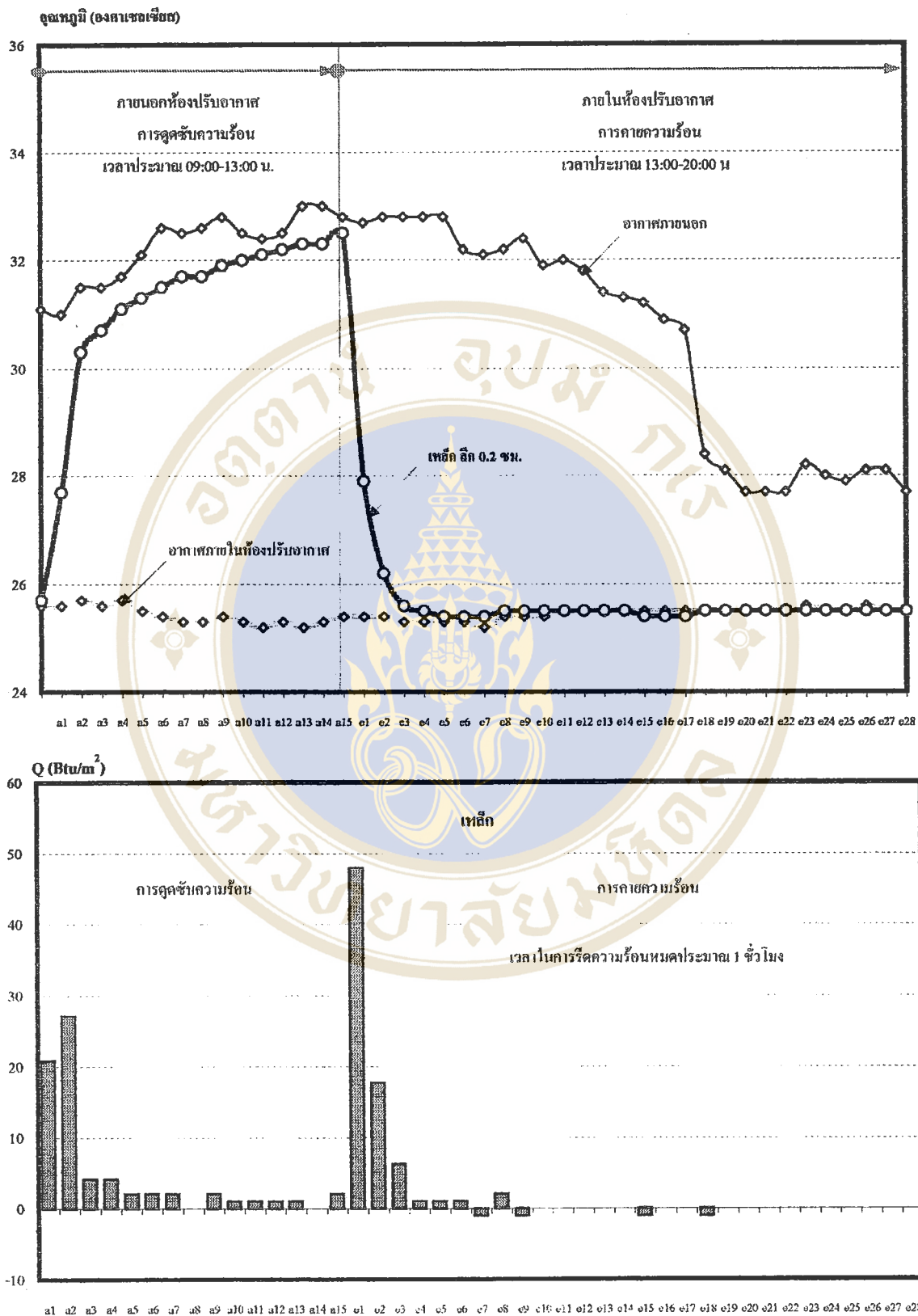
แผนภูมิที่ 4-20 แสดงอัตราการดูดซับ (a1-a15) และคายความร้อน (e1-e28) ของพรมอะคริลิก แสดงช่วงละ 15 นาที จากการทดสอบการดูดซับความร้อนเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541



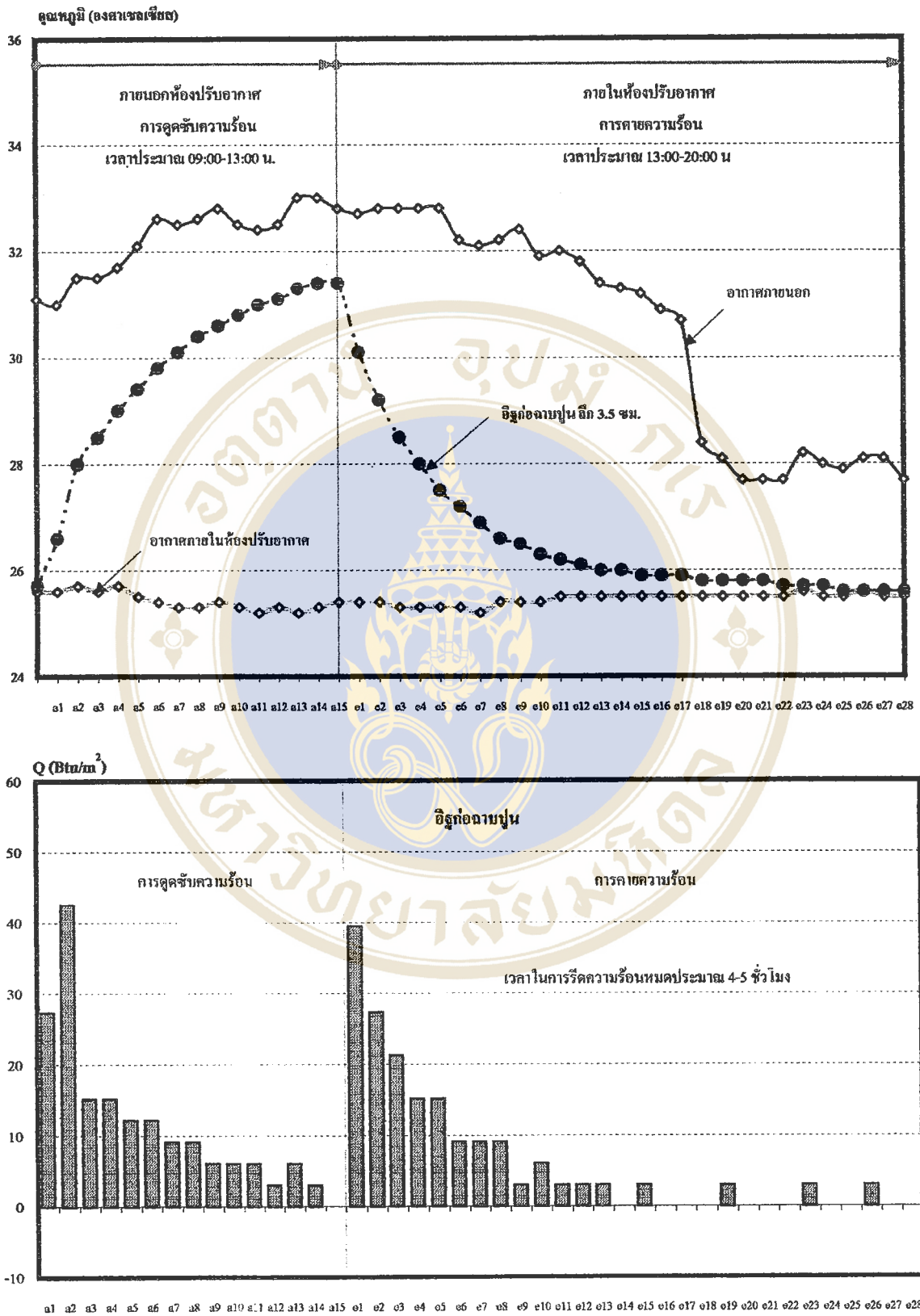
แผนภูมิที่ 4-21 แสดงอัตราการดูดซับ (a1-a15) และคายความร้อน (e1-e28) ของกระดานสมุดโทรศัพท์ แสดงช่วงละ 15 นาที จากการทดสอบการดูดซับความร้อนเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541



แผนภูมิที่ 4-22 แสดงอัตราการดูดซับ (a1-a15) และคายความร้อน (e1-e28) ของกระดาษ 80 แกรม
แสดงช่วงละ 15 นาที จากการทดสอบการดูดซับความร้อนเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541



แผนภูมิที่ 4-23 แสดงอัตราการดูดซับ (a1-a15) และคายความร้อน (e1-e28) ของเพื่อกลิท แสดงช่วงละ 15 นาที จากการทดสอบการดูดซับความร้อนเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541



แผนภูมิที่ 4-24 แสดงอัตราการดูดซับ (a1-a15) และคายความร้อน (e1-e28) ของอุณหภูมิภายนอก แสดงช่วงละ 15 นาที จากการทดสอบการดูดซับความร้อนเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541

4.3.3 การทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อน

จากผลการทดสอบการดูดซับความร้อน เราสามารถคำนวณภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการดูดซับความร้อนของวัสดุทดสอบทั้ง 10 ชนิดได้ จากสูตรการคำนวณปริมาณความร้อนในบทที่ 3 ซึ่งจะต้องอาศัยค่าต่างๆ ในการคำนวณ คือ มวลของวัสดุ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) ของวัสดุ และผลต่างระหว่างอุณหภูมิของวัสดุกับอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศ

ตารางที่ 4-2 แสดงค่าต่างๆ ของวัสดุ ที่ต้องใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อน

วัสดุทดสอบ	มวล g (lb)	พื้นที่ $m^2 (ft^2)$	Specific Heat; c J/kg.K (Btu/lb. F)
แกรนิต	805.1 (1.8)	0.0361 (0.39)	670 (0.2)
เซรามิก	578.8 (1.3)	0.0400 (0.43)	800 (0.19)
ไม้เนื้อแข็ง	399.6 (0.9)	0.0342 (0.37)	1632 (0.39)
ไม้เนื้ออ่อน	291.2 (0.6)	0.0380 (0.41)	1632 (0.39)
ยิปซัม	391.9 (0.9)	0.0400 (0.43)	1080 (0.26)
พรมอะคริลิก	201.9 (0.4)	0.0400 (0.43)	1139 (0.34)
เหล็ก	875.9 (1.9)	0.0400 (0.43)	500 (0.12)
กระดาส	347.0 (0.8)	0.0400 (0.43)	1300 (0.32)
กระดาส 80 แกรม	370.6 (0.8)	0.0400 (0.43)	1300 (0.32)
อิฐก่อฉาบปูน	554.7 (1.2)	0.0145 (0.16)	670 (0.20)

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดงหน่วย 2 ระบบ หากต้องการทราบค่าในหน่วยอื่นๆ สามารถเทียบได้จากตารางการแปลงหน่วย (Conversion Table) ในภาคผนวก ค

จากค่าต่างๆ ในตาราง เราสามารถคำนวณหาภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการดูดซับความร้อนของวัสดุทดสอบได้ จากแผนภูมิที่ 4-25 ซึ่งแสดงภาระการทำความเย็นของวัสดุชนิดต่างๆ (บิตูต่อตารางเมตร) จากการทดสอบการดูดซับความร้อนเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541 อาจสรุปได้ว่า ที่ปริมาตรเท่าๆ กัน วัสดุที่มีมวลหรือน้ำหนักมากจะก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนสูงกว่าวัสดุที่มีมวลน้อย

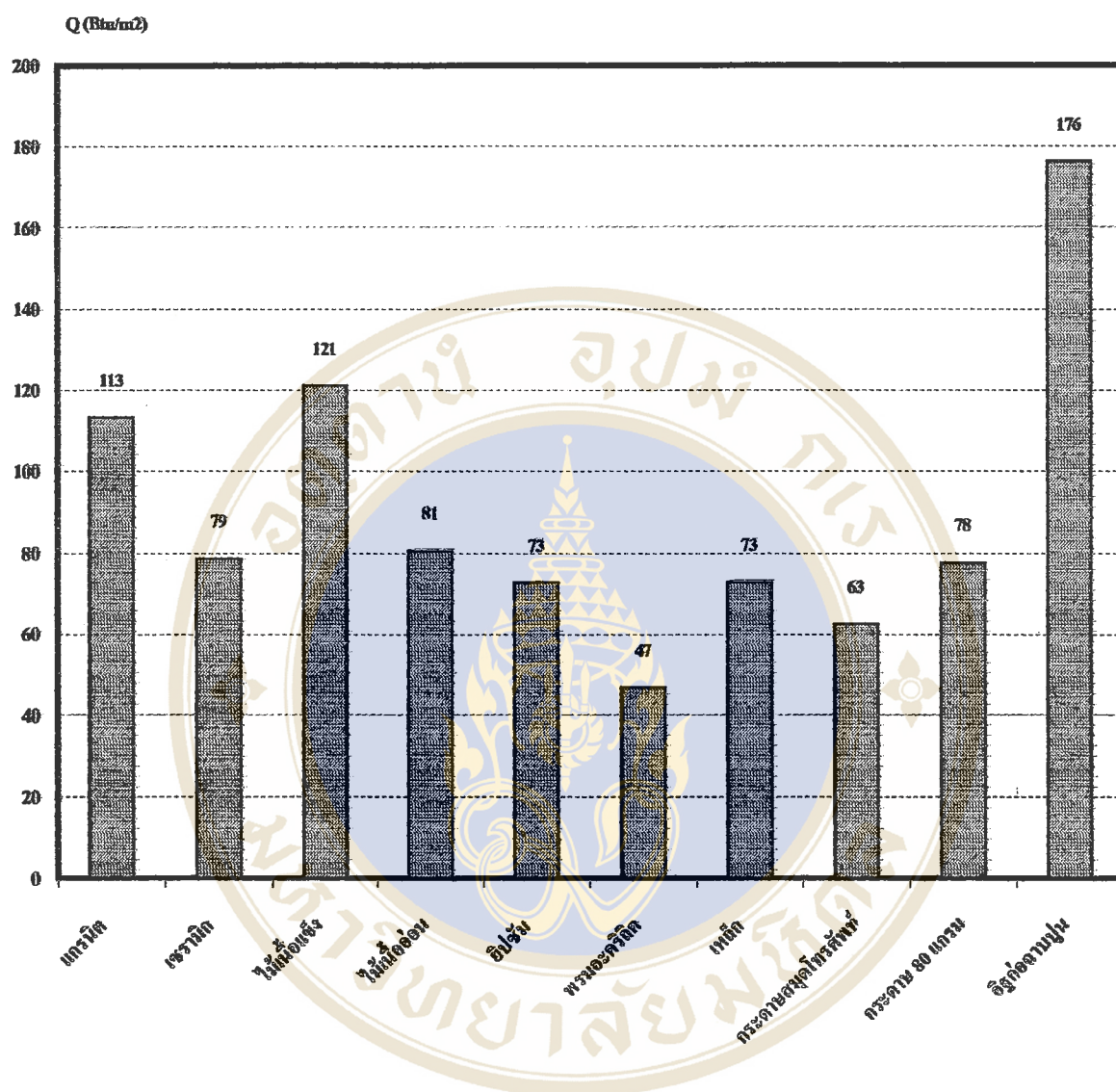
เมื่อพิจารณาแต่ละวัสดุจะพบว่าวัสดุที่ก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นสูงสุดสำหรับการทดสอบครั้งนี้คือ อีฐก่อฉาบปูน หนา 4 นิ้ว ซึ่งก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นสูงถึงประมาณ 176 บีทียูต่อตารางเมตร วัสดุที่ก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นรองลงมาได้แก่ ไม้เนื้อแข็ง และเกรนิต โดยมีค่าประมาณ 121 และ 113 บีทียูต่อตารางเมตร

วัสดุประเภทไม้จะมีความสามารถในการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนประมาณ 140-159 บีทียูต่อตารางเมตร ไม้เนื้อแข็งจะก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นสูงกว่าไม้เนื้ออ่อนที่มีความหนาเท่าๆ กัน แม้ว่าไม้เนื้ออ่อนจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงกว่าไม้เนื้อแข็งเล็กน้อย แต่ไม้เนื้อแข็งก็มีมวลมากกว่าไม้เนื้ออ่อนเกือบเท่าตัว นอกจากนั้นค่าความจุความร้อนจำเพาะก็สูงกว่าเล็กน้อยอีกด้วย

วัสดุประเภทกระดาน จะมีผลต่างของอุณหภูมิวัสดุกับอุณหภูมิอากาศภายในห้องปรับอากาศใกล้เคียงกัน ค่าความจุความร้อนก็ใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นตัวแปรที่ทำให้ภาระการทำความเย็นมีค่าสูงได้แก่ มวลของวัสดุ และมวลของกระดาน 80 แกรมที่ความหนาเท่ากันก็มีค่าสูงกว่ามวลของกระดานสมดุโครสท์ฟถึงประมาณ 0.4 ปอนด์ กระดาน 80 แกรมก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นประมาณ 78 บีทียูต่อตารางเมตร ขณะที่กระดานสมดุโครสท์ฟก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นเพียง 63 บีทียูต่อ ตารางเมตรเท่านั้น

วัสดุซึ่งก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนต่ำสุดสำหรับการทดสอบครั้งนี้ได้แก่ พรมอะคริลิก ซึ่งก่อภาระการทำความเย็นเพียงประมาณ 47 บีทียูต่อตารางเมตรเท่านั้น เนื่องจากแม้ว่าพรมอะคริลิกจะมีค่าความจุความร้อนจำเพาะสูงถึง 0.34 Btu/lb/F แต่ก็มีมวลน้อยมากเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่นๆ ที่มีพื้นที่เท่าๆ กัน ดังนั้นภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนของพรมอะคริลิกจึงมีค่าต่ำ

จะเห็นได้ว่าค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับมวลสารของวัสดุ วัสดุที่มีมวลสารมากจะมีการดูดซับความร้อนสูงกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อย ข้อสังเกตจากการทดสอบครั้งนี้คือ ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุที่มีมวลสารมากบางชนิดมีค่าต่ำกว่าวัสดุที่มีมวลสารต่ำกว่า ทั้งนี้เพราะวัสดุที่ใช้ในการทดสอบไม่ได้มีปริมาตรเท่าๆ กัน เนื่องจากข้อจำกัดด้านการใช้งานวัสดุแต่ละชนิด เช่น กระเบื้องจะมีลักษณะเป็นแผ่นหนาเพียง 0.5 ซม. ขณะที่อิฐจะมีหนาประมาณ 1.0 ซม. ไม้หนาประมาณ 1.0-2.0 ซม. เป็นต้น ดังนั้นค่าการดูดซับความร้อนที่ได้จากการทดสอบจึงมีค่าแตกต่างกันออกไป



แผนภูมิที่ 4-25 แสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนของวัสดุทดสอบ ทั้ง 10 ชนิด จากการทดสอบการดูดซับความร้อนเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541

หมายเหตุ: จากแผนภูมิเป็นการแสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุที่ ปริมาตรต่างกัน

ตารางที่ 4-3 แสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนของวัสดุทดสอบ 10 ชนิด เรียงตามลำดับจากมากไปน้อย

No.	วัสดุทดสอบ	ภาระการทำความเย็น Btu/m ² (MJ/ m ²)
1	อิฐก่อฉาบปูน หนาประมาณ 4 นิ้ว	176 (0.19)
2	ไม้เนื้อแข็ง หนา 1.0 ซม.	121 (0.13)
3	กระเบื้องแกรนิต หนา 0.5 ซม.	113 (0.12)
4	ไม้เนื้ออ่อน หนา 1.0 ซม.	81 (0.09)
5	กระเบื้องเซรามิก หนา 0.5 ซม.	79 (0.08)
6	กระดาด 80 แกรม หนา 1.0 ซม.	78 (0.08)
7	แผ่นเหล็ก หนา 0.2 ซม.	73 (0.08)
8	ซีเมนต์ หนา 1.0 ซม.	73 (0.08)
9	กระดาด 50 แกรม หนา 1.0 ซม.	63 (0.07)
10	พรมอะคริลิก หนา 1.0 ซม.	47 (0.05)

หมายเหตุ: วัสดุที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดแตกต่างกันออกไป เนื่องจากข้อจำกัดด้านลักษณะการใช้งานของวัสดุ

4.4 ผลการทดสอบการดูดซับความชื้นของวัสดุ

เพื่อให้ทราบพฤติกรรมการดูดซับความชื้นของวัสดุคร่าวๆ ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบการดูดซับความชื้นของวัสดุ โดยวางวัสดุไว้ภายนอกห้องปรับอากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักของวัสดุทุกๆ 2 ชั่วโมง จากการทดสอบพบว่าน้ำหนักของวัสดุจะเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 2 ชั่วโมงแรกที่ทำทดสอบ จากนั้นน้ำหนักของวัสดุจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา อัตราส่วนของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นใน 2 ชั่วโมงแรกมีค่ากว่าร้อยละ 80-90 ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด โดยน้ำหนักของวัสดุจะมีค่าสูงสุดในช่วงเช้าและกลางคืนซึ่งเป็นเวลาที่อากาศภายนอกมีความชื้นสูงสุด จากการศึกษาพบว่าความชื้นภายในอากาศจะขึ้นกับผลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร่วมกัน โดยที่เราสามารถหาความชื้นภายในอากาศ หรือ Grain of Moisture ของอากาศได้จากแผนภูมิ Psychrometric Chart (ดูในภาคผนวก ก)

การทดสอบการคายความชื้นของวัสดุ โดยนำวัสดุเข้ามาวางภายในห้องปรับอากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน ชั่งน้ำหนักของวัสดุทุกๆ 2 ชั่วโมง พบว่าน้ำหนักของวัสดุจะลดลงสูงสุดในช่วง 2 ชั่วโมงแรก จากนั้นน้ำหนักของวัสดุจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งมีค่าค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องปรับอากาศมีค่าค่อนข้างคงที่ที่ประมาณ 25-26 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 40-50% น้ำหนักของวัสดุที่ลดลงใน 2 ชั่วโมงแรก มีค่ากว่าร้อยละ 80-90 ของน้ำหนักที่ลดลงทั้งหมด ระยะเวลาที่น้ำหนักของวัสดุส่วนใหญ่ลดลงจนกระทั่งมีค่าค่อนข้างคงที่ใช้เวลาประมาณ 6-10 ชั่วโมง

เนื่องจากการทดสอบครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาผลกระทบของการดูดซับความชื้นของวัสดุต่อการกระทำความเย็นของระบบปรับอากาศ จากการทดสอบข้างต้นพบว่า น้ำหนักหรือความชื้นของวัสดุจะมีค่ากว่าร้อยละ 80-90 ของความชื้นทั้งหมดที่ถูกดูดซับภายในวัสดุ ดังนั้นการทดสอบจึงให้ความสำคัญที่ระยะเวลาในช่วงดังกล่าว โดยมีรายละเอียดของการทดสอบดังนี้

- 1) วางวัสดุไว้ในห้องปรับอากาศเพื่อปรับค่าน้ำหนักวัสดุเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักของวัสดุมีค่าค่อนข้างคงที่
- 2) ชั่งน้ำหนักวัสดุทดสอบทุกชิ้น 3 ครั้งในเวลาใกล้เคียงกัน นำค่าที่ได้มาเฉลี่ย ใช้เป็นค่าน้ำหนักเริ่มต้นของการทดสอบ
- 3) นำวัสดุออกไปวางภายนอกห้องปรับอากาศ เพื่อให้วัสดุเกิดการดูดซับความชื้นจากอากาศภายนอก บันทึกค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก และบันทึกค่าน้ำหนักของวัสดุทุกๆ 15 นาที เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง
- 4) นำวัสดุเข้ามาภายในห้องปรับอากาศอีกครั้งเพื่อให้วัสดุเกิดการคายความชื้น ชั่งน้ำหนักวัสดุทุกๆ 15 นาที บันทึกค่าน้ำหนักของวัสดุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องปรับอากาศ จนกระทั่งได้ค่าน้ำหนักของวัสดุค่อนข้างคงที่
- 5) นำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์และประเมินผล

4.4.1 การดูดซับความชื้นและการคายความชื้น

จากการทดสอบการดูดซับความชื้นของวัสดุเมื่อวันที่ 10 กันยายน 2541 พบว่าในช่วงที่นำวัสดุออกไปวางภายนอกห้องปรับอากาศเวลา 10:30-12:30 น. อุณหภูมิของอากาศภายนอกมีค่าเฉลี่ยประมาณ 29 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณ 67% หลังจากนั้นนำวัสดุเข้ามาภายในห้องปรับอากาศซึ่งมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50% ตั้งแต่เวลา 13:30 ถึงไ้วจนกระทั่งน้ำหนักของวัสดุค่อนข้างคงที่ จากสภาพอากาศขณะทำการทดสอบดังกล่าวสามารถหาปริมาณความชื้นในอากาศ (Grain of Moisture) ได้จาก Psychrometric Chart ดังนี้

เวลา	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	Moisture Content (g/kg Dry Air)
10:30-12:30	29	67	17
13:30-18:00	25	50	10

จากตารางข้างต้นจะพบว่า อากาศภายนอกห้องปรับอากาศ 1 กิโลกรัมจะมีน้ำปะปนประมาณ 17 กรัม ขณะที่ภายในห้องปรับอากาศอากาศจะมีน้ำปะปนอยู่เพียงประมาณ 10 กรัมเท่านั้น ดังนั้นเมื่อเรานำวัสดุจากภายในห้องปรับอากาศซึ่งมีความชื้นหรือน้ำอยู่ภายในเนื้อวัสดุค่อนข้างน้อยไปวางภายนอกห้องปรับอากาศ ไอน้ำที่อยู่ในอากาศก็จะแทรกเข้าไปในเนื้อของวัสดุ โดยจะมีปริมาณมาก-น้อยอย่างไรนั้น ขึ้นกับคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิด จากการทดสอบได้ผลการทดสอบการดูดซับความชื้นของวัสดุแต่ละชนิดดังนี้

จากการทดสอบการดูดซับความชื้นของแกรนิตและเซรามิก (แผนภูมิที่ 4-26 และ 4-27) พบว่าแกรนิตและเซรามิกมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยมาก โดยมีค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงในช่วง 0-0.03 กรัมเท่านั้น ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแกรนิตและเซรามิกมีการดูดซับความชื้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แกรนิตเป็นวัสดุจำพวกหินจากธรรมชาติ ซึ่งมีเนื้อของวัสดุหนาแน่นมากสำหรับกระเบื้องแกรนิตอัดที่นำมาทดสอบมีความหนาแน่นประมาณ 3660 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร วัสดุที่มีความหนาแน่นสูงจะมีความพรุนหรือช่องว่างแทรกอยู่ภายในเนื้อวัสดุน้อย เมื่อสัมผัสกับอากาศภายนอก น้ำที่อยู่ในอากาศจึงสามารถแทรกเข้าไปได้เพียงเล็กน้อยตามช่องว่างเหล่านั้น ดังนั้นการดูดซับความชื้นของแกรนิตจึงเกิดขึ้นน้อย เซรามิกเป็นวัสดุจำพวกดินเผา แต่เป็นดินเผาที่มีคุณภาพสูงเนื่องจากการเผาเซรามิกจะเผาที่อุณหภูมิสูงมาก ความหนาแน่นของเซรามิกที่นำมา

ทดสอบครั้งนี้มีค่าประมาณ 2335 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากเช่นกัน ดังนั้นการดูดซับความชื้นจึงเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย

จากแผนภูมิการทดสอบการดูดซับความชื้นของไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน (แผนภูมิที่ 4-28 และ 4-29) พบว่าไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อนมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 0.35 กรัม เมื่อวางไว้ในภายนอกห้องปรับอากาศเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเมื่อนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศ น้ำหนักของไม้ทั้ง 2 ชนิดจะลดลงจนกระทั่งมีค่าต่ำกว่าน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นการทดสอบ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำหนักของไม้เมื่อเริ่มต้นการทดสอบยังมีน้ำหนักที่จูดอึดตัว เมื่อเราวางไม้ทิ้งไว้ในห้องปรับอากาศเป็นเวลา 4-5 ชั่วโมงไม้จะคายความชื้นที่ดูดซับเอาไว้ให้แก่อากาศ ทำให้มีน้ำหนักลดลงเรื่อยๆ จนกว่าจะถึงจุดอึดตัว น้ำหนักจึงจะเริ่มคงที่ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อนมีการดูดซับความชื้นสูงกว่าแกรนิตและเซรามิกมาก

จากแผนภูมิการทดสอบการดูดซับความชื้นของยิปซัม (แผนภูมิที่ 4-30) พบว่ายิปซัมมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 0.2 กรัม เมื่อวางไว้ในภายนอกห้องปรับอากาศเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเมื่อนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศ น้ำหนักของยิปซัมจะลดลงจนกระทั่งมีค่าต่ำกว่าน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นการทดสอบประมาณ 0.1 กรัม จากผลการทดสอบพบว่ายิปซัมมีการดูดซับความชื้นสูงกว่าแกรนิตและเซรามิกมาก แต่การดูดซับความชื้นของยิปซัมมีค่าน้อยกว่าไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน และมีพฤติกรรมในการดูดซับและคายความชื้นแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยวัสดุประเภทไม้จะมีการดูดซับและคายความชื้นด้วยอัตราที่ช้ากว่ายิปซัม ปริมาณความชื้นที่ถูกดูดซับของไม้และยิปซัมจะมีปริมาณใกล้เคียงกันในช่วงแรก แต่วัสดุประเภทไม้จะมีการดูดซับความชื้นเกิดขึ้นต่อไปด้วยปริมาณที่ลดลง ขณะที่ยิปซัมจะมีการดูดซับความชื้นเกิดขึ้นในช่วง 15 นาทีแรกสูงสุด จากนั้นการดูดซับความชื้นจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยจนกระทั่งอึดตัว

จากแผนภูมิที่ 4-31 ถึง 4-35 ซึ่งแสดงพฤติกรรมในการดูดซับความชื้นของพรมชนิดต่างๆ เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น พบว่า พรมที่มีการดูดซับความชื้นปริมาณสูงสุดได้แก่ พรมขนแกะ (100% Wool) รองลงไปได้แก่ พรม Axminster (80% Wool 20% Nylon) ซึ่งพรมทั้ง 2 ชนิดนี้มีการดูดซับความชื้นปริมาณสูงกว่าพรมชนิดอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด พรม Acrylic พรม Amoco PP และพรม PES จะมีการดูดซับความชื้นเพียงปริมาณเล็กน้อยโดยคิดเป็นปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 3-5 เมื่อเปรียบเทียบกับพรม 2 ชนิดแรกเท่านั้น ถ้าเปรียบเทียบการดูดซับความชื้นของพรมทั้ง 3 ชนิดนี้ จะพบว่า พรม Acrylic มีการดูดซับความชื้นปริมาณสูงกว่าพรม Amoco PP และพรม PES ประมาณ 2-3 เท่า พรม Amoco PP และพรม PES มีการดูดซับความชื้นปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งปริมาณความชื้นทั้งหมดที่ถูกดูดซับจะแสดงในรูปของภาระการทำความเย็นเป็นบีทียูต่อตารางเมตร

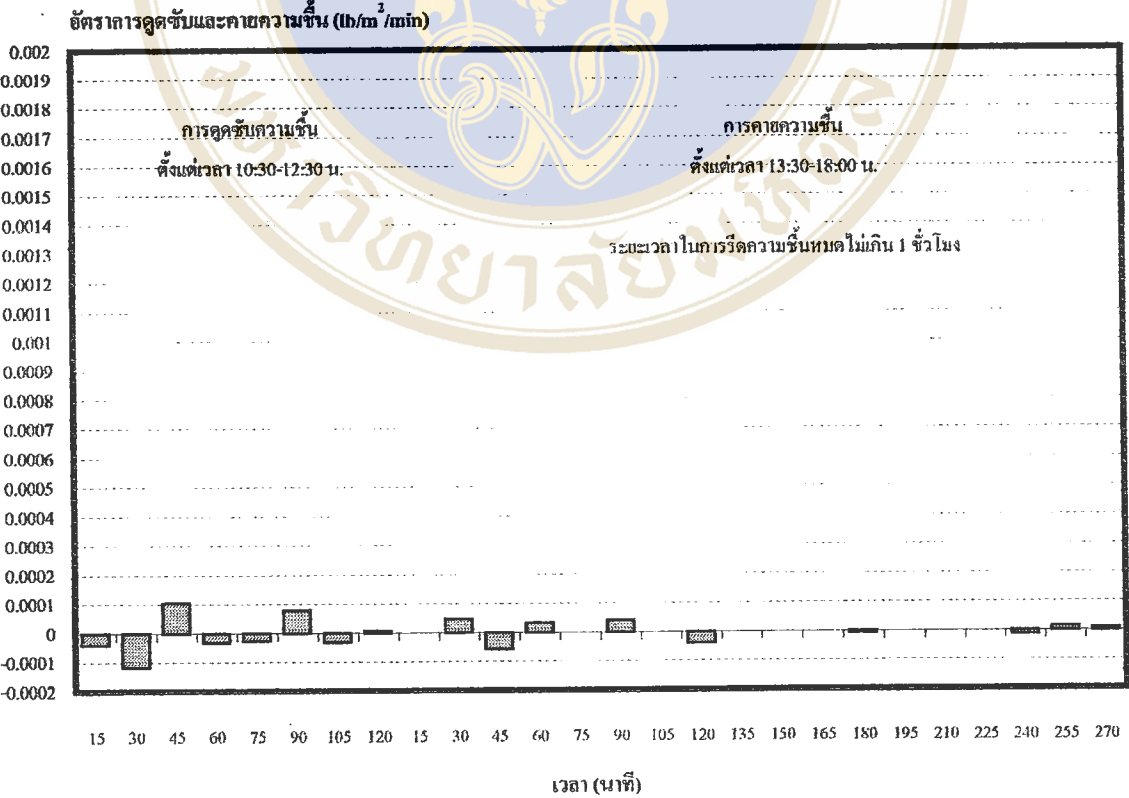
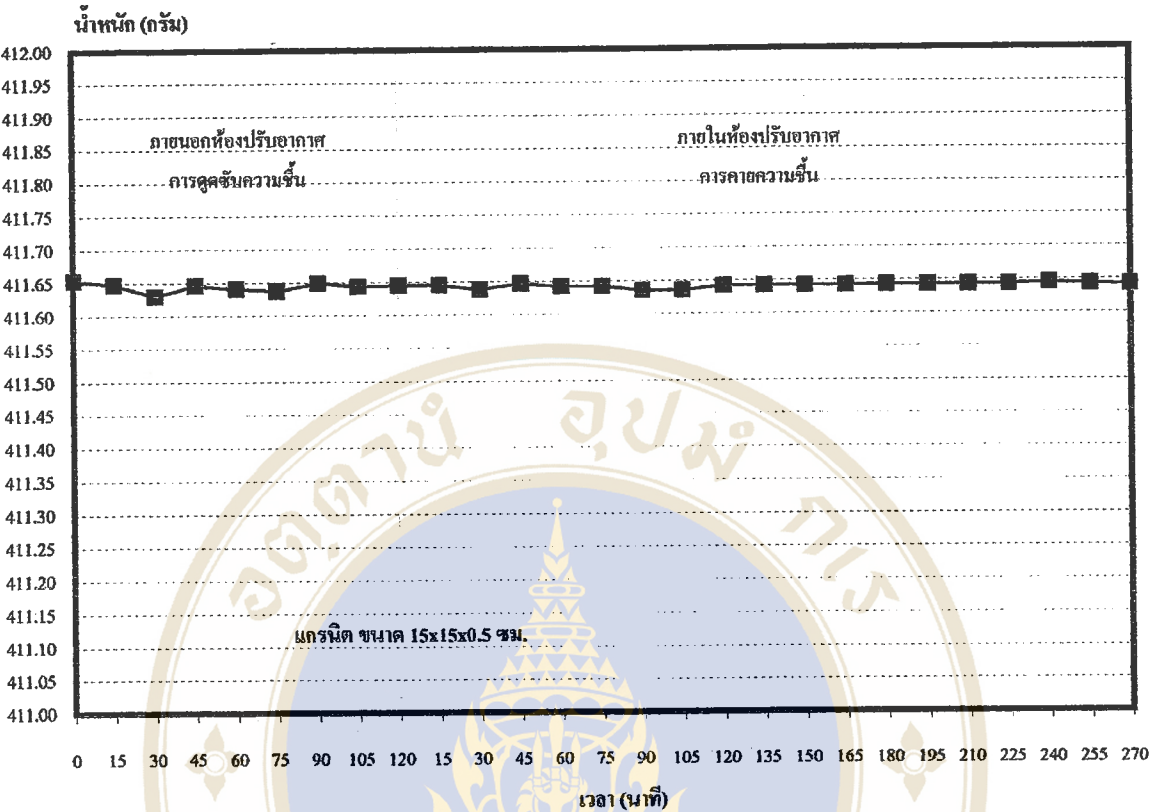
จากแผนภูมิการทดสอบการดูดซับความชื้นของกระดาษ 2 ชนิด ที่มีเนื้อกระดาษหนาแน่นต่างกันพบว่า (แผนภูมิที่ 4-36 และ 4-37) กระดาษสมุดโทรศัพท์และกระดาษ 80 แกรมมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 0.4-0.5 กรัม เมื่อวางไว้ภายนอกห้องปรับอากาศเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเมื่อนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศ น้ำหนักของกระดาษจะลดลงจนกระทั่งมีค่าต่ำกว่าน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นการทดสอบประมาณ จากผลการทดสอบพบว่ากระดาษมีพฤติกรรมการดูดซับและคายความชื้นใกล้เคียงกับวัสดุประเภทไม้ แต่ปริมาณความชื้นที่ถูกดูดซับจะมีค่ามากกว่า

จากแผนภูมิการทดสอบการดูดซับความชื้นของเหล็ก (แผนภูมิที่ 4-38) พบว่าเหล็กมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยมาก ซึ่งเมื่อใช้หลักการทางสถิติตรวจสอบแล้วอาจสรุปได้ว่า เหล็กมีน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงน้อยมากจนไม่มีความสำคัญทางสถิติ หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก นั่นคือเหล็กไม่มีการดูดซับความชื้นจากอากาศ ทั้งนี้เนื่องจากเหล็กเป็นวัสดุจำพวกโลหะที่มีเนื้อของวัสดุหนาแน่นสูงมาก คือ มีค่าถึงประมาณ 8311 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นภายในเนื้อของเหล็กจึงไม่มีช่องว่างให้น้ำจากอากาศแทรกเข้าไปได้

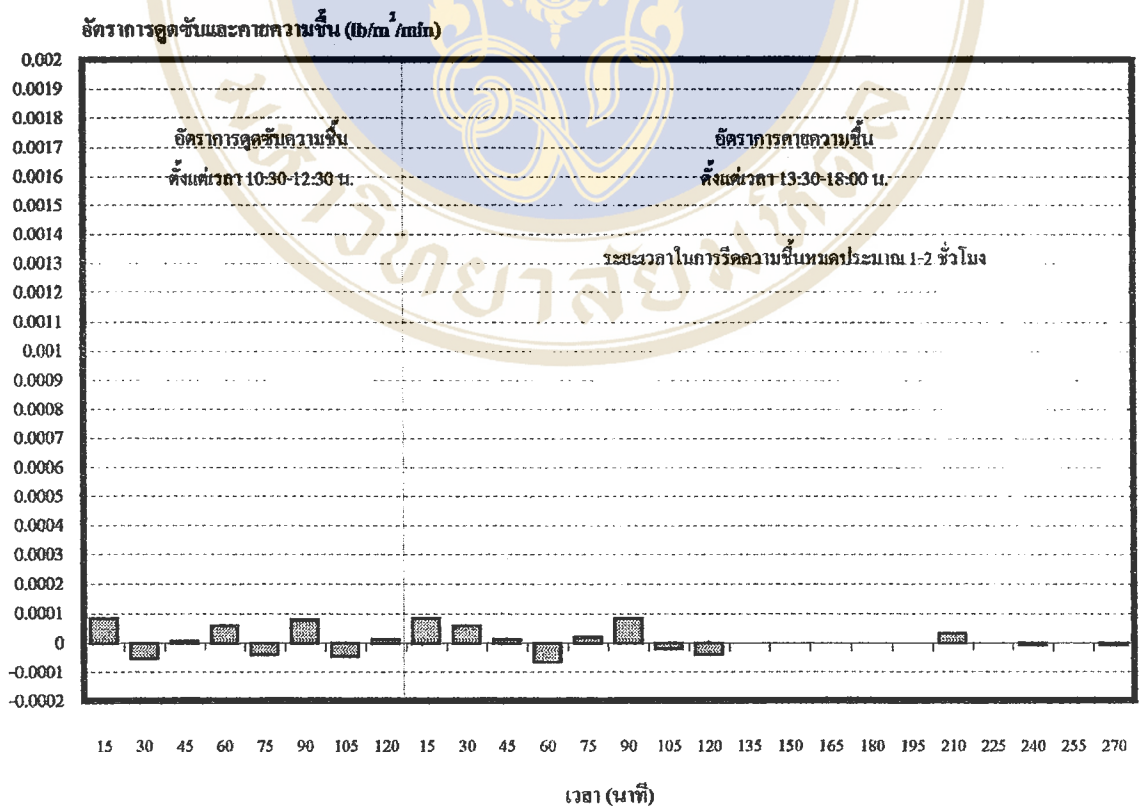
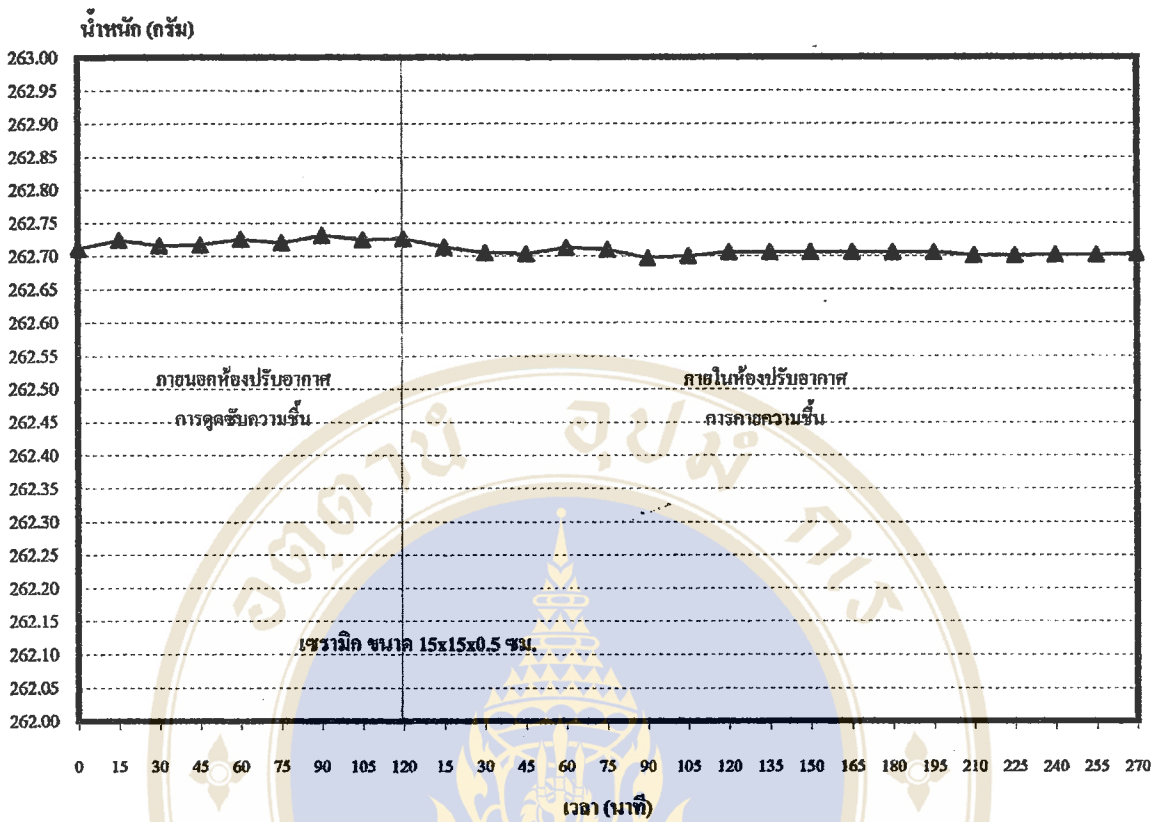
จากแผนภูมิที่ 4-39 แสดงการทดสอบการดูดซับความชื้นของปูนฉาบ หนาประมาณ 1 เซนติเมตร พบว่า ปูนฉาบมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 0.27 กรัม เมื่อวางไว้ภายนอกห้องปรับอากาศเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเมื่อนำเข้ามาภายในห้องปรับอากาศ น้ำหนักของปูนฉาบจะลดลงจนกระทั่งมีค่าต่ำกว่าน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นการทดสอบประมาณ 0.1 กรัม

4.4.2 อัตราการดูดซับและการคายความชื้นของวัสดุ

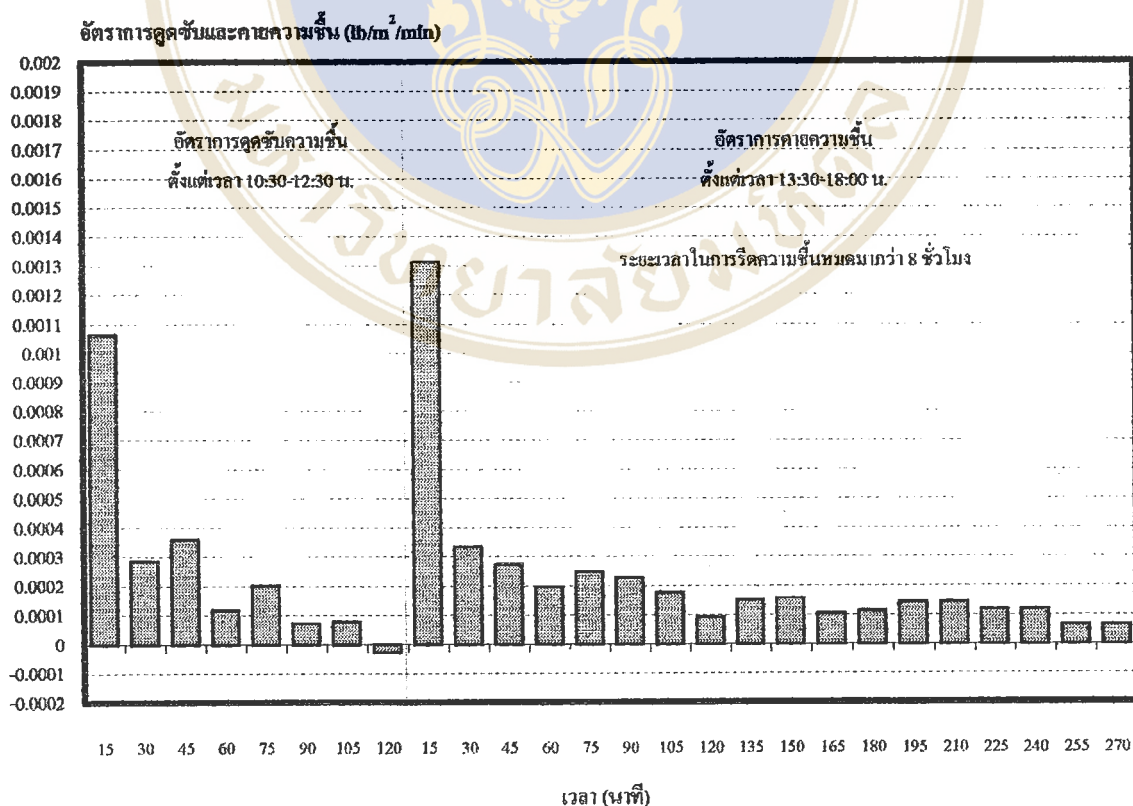
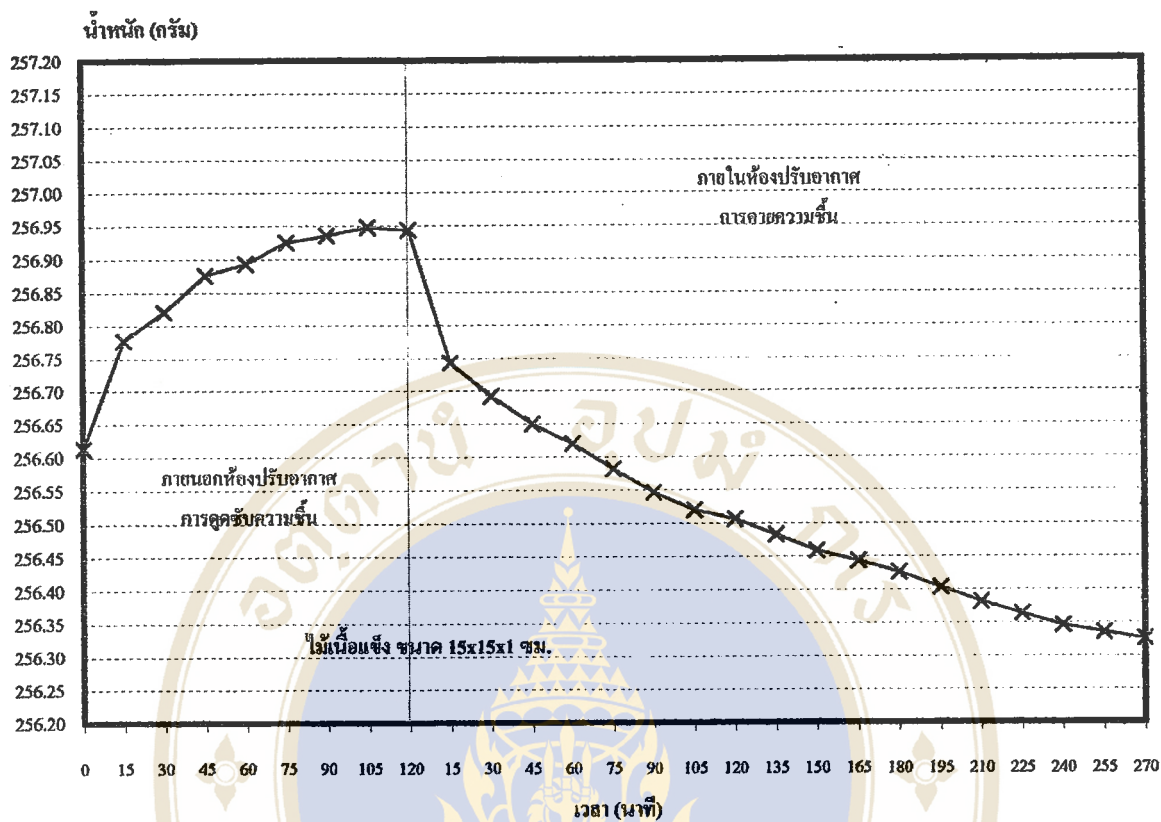
จากแผนภูมิแสดงอัตราการดูดซับและการคายความชื้นของวัสดุ (แผนภูมิที่ 4-26 ถึง 4-39) พบว่าวัสดุทุกชนิดยกเว้น เหล็ก จะมีอัตราการดูดซับและการคายความชื้นสูงสุดในช่วง 15 นาทีแรกของกระบวนการดูดซับและการคายความชื้น ซึ่งคิดเป็นปริมาณการดูดซับและการคายความชื้นกว่า 50% ของวัสดุ หลังจากนั้นอัตราการดูดซับและการคายความชื้นของวัสดุจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่ง เท่ากับศูนย์ คือสถานะที่ไม่มีการดูดซับและคายความชื้นเกิดขึ้นอีกต่อไป หรือสถานะที่วัสดุเกิดการดูดซับและการคายความชื้นจนกระทั่งอิ่มตัวแล้วนั่นเอง วัสดุต่างชนิดกันจะใช้เวลาต่างกันในการดูดซับและการคายความชื้นจนกระทั่งอิ่มตัว



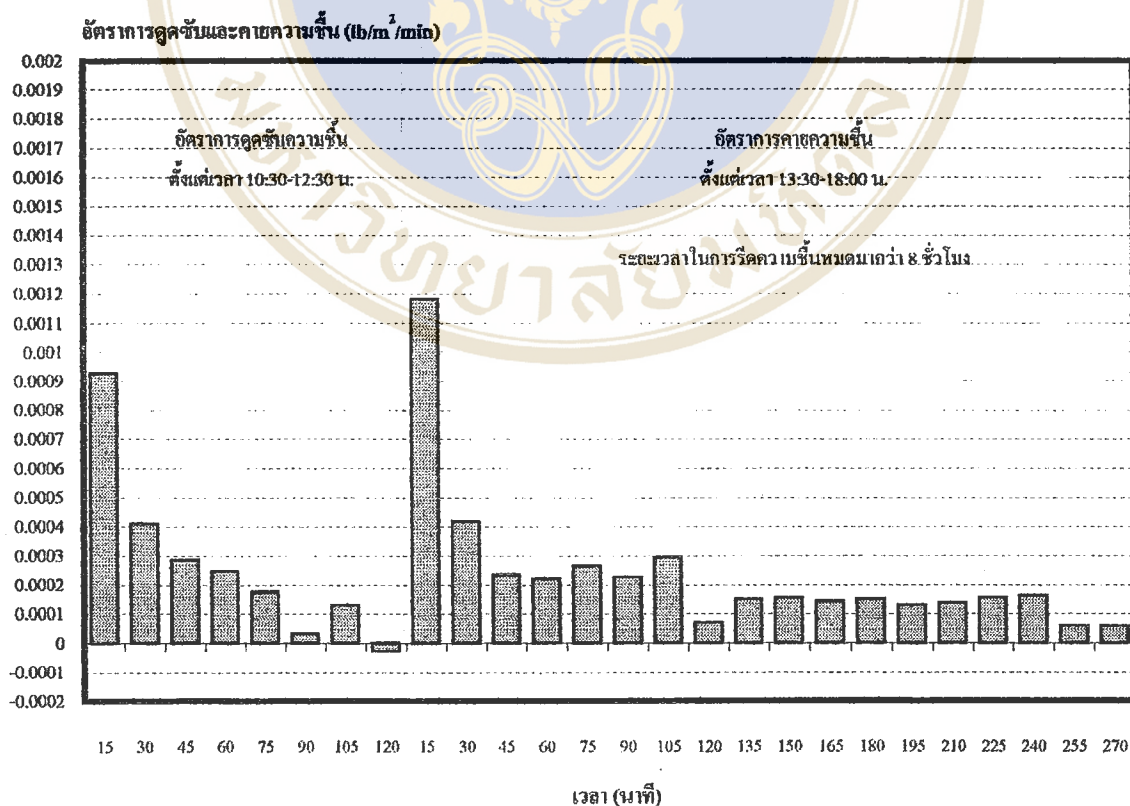
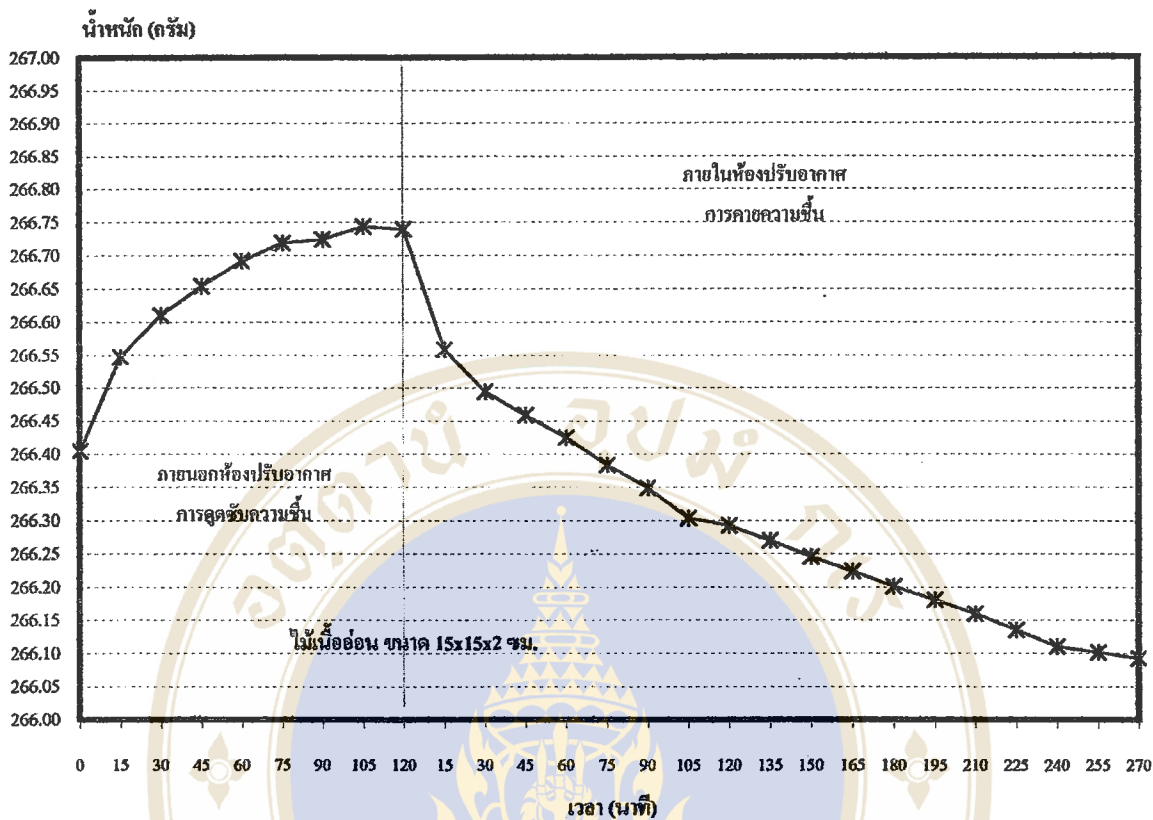
แผนภูมิที่ 4-26 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้นของแกรนิต
เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น



แผนภูมิที่ 4-27 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้นของเซรามิก
เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น

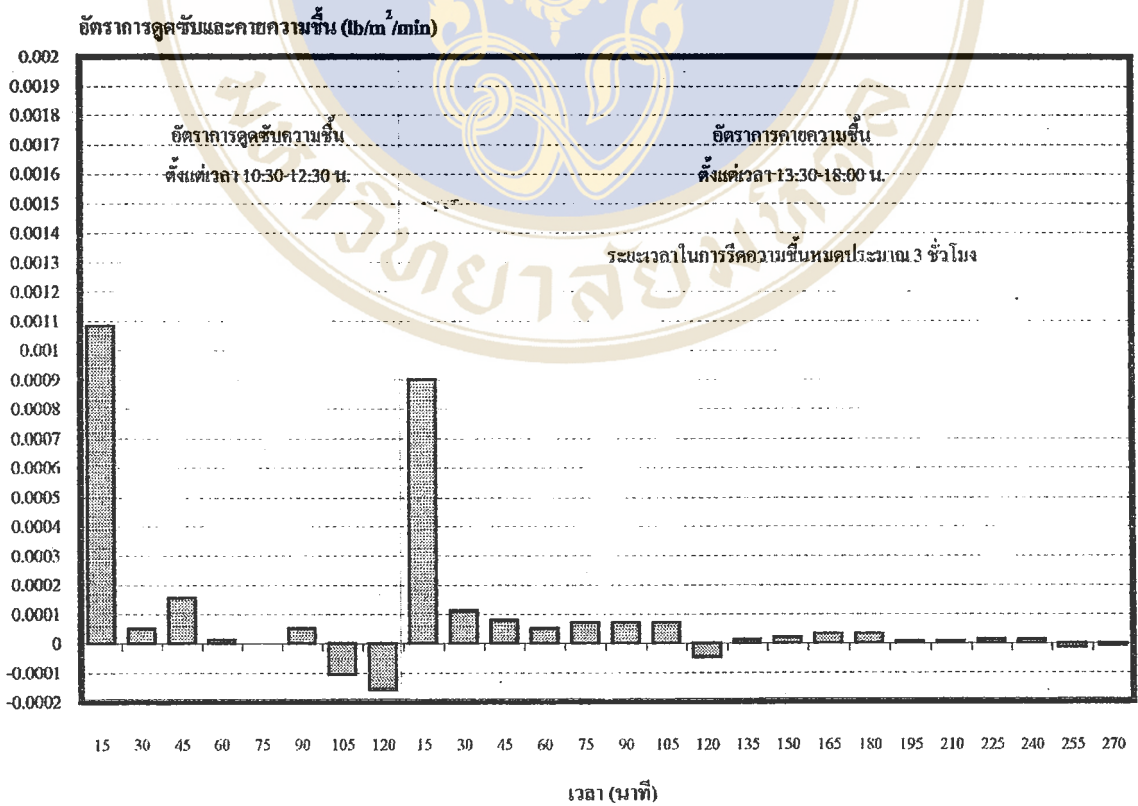
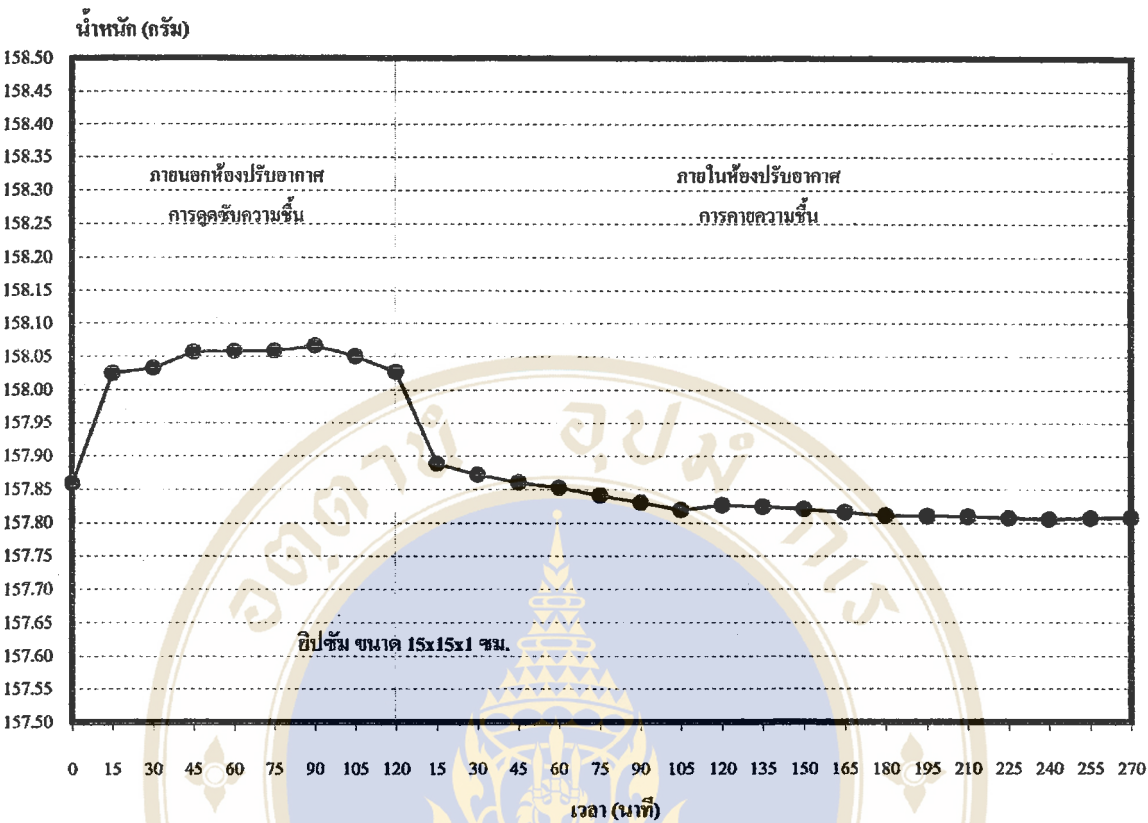


แผนภูมิที่ 4-28 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้นของ
ไม้เนื้อแข็งเมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น

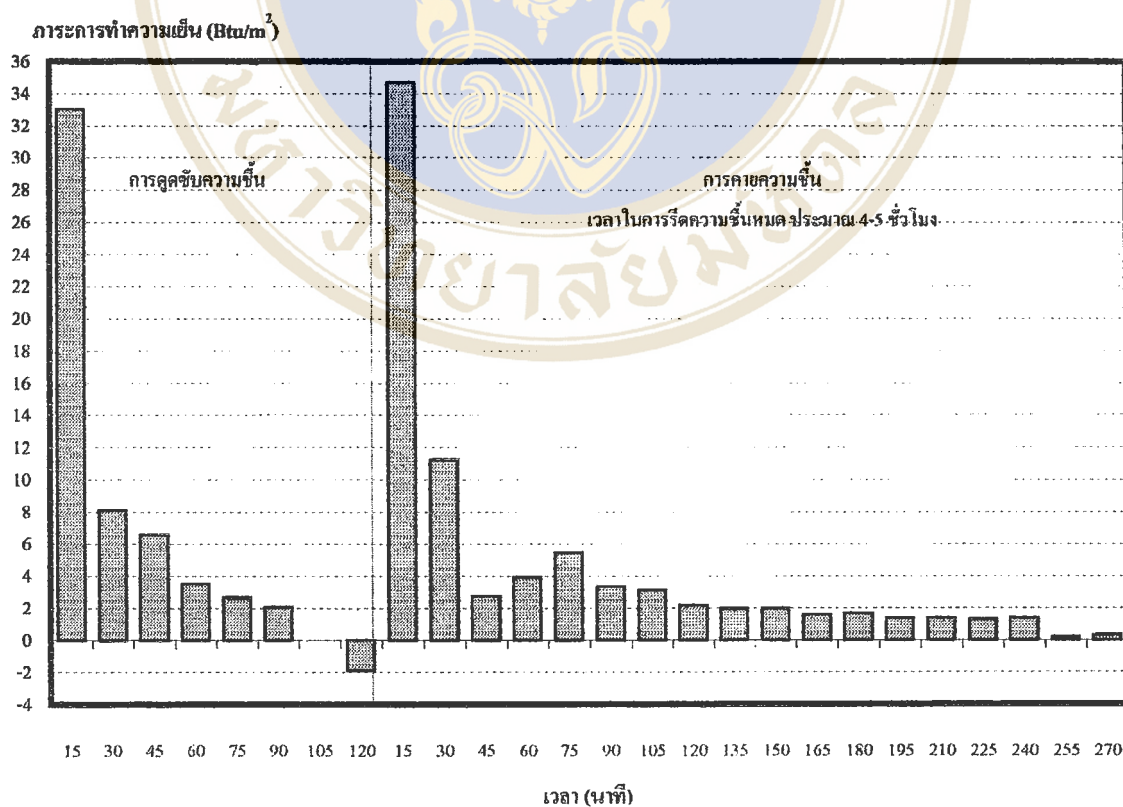
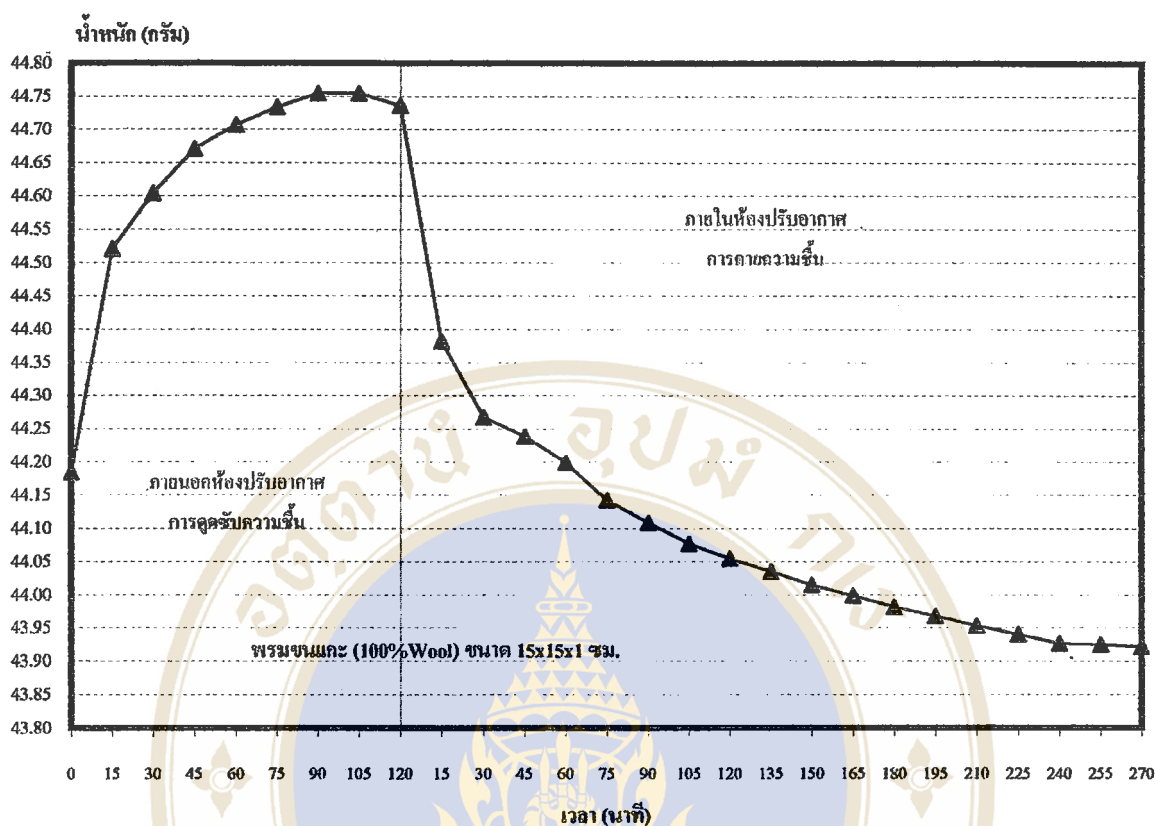


แผนภูมิที่ 4-29 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้นของ

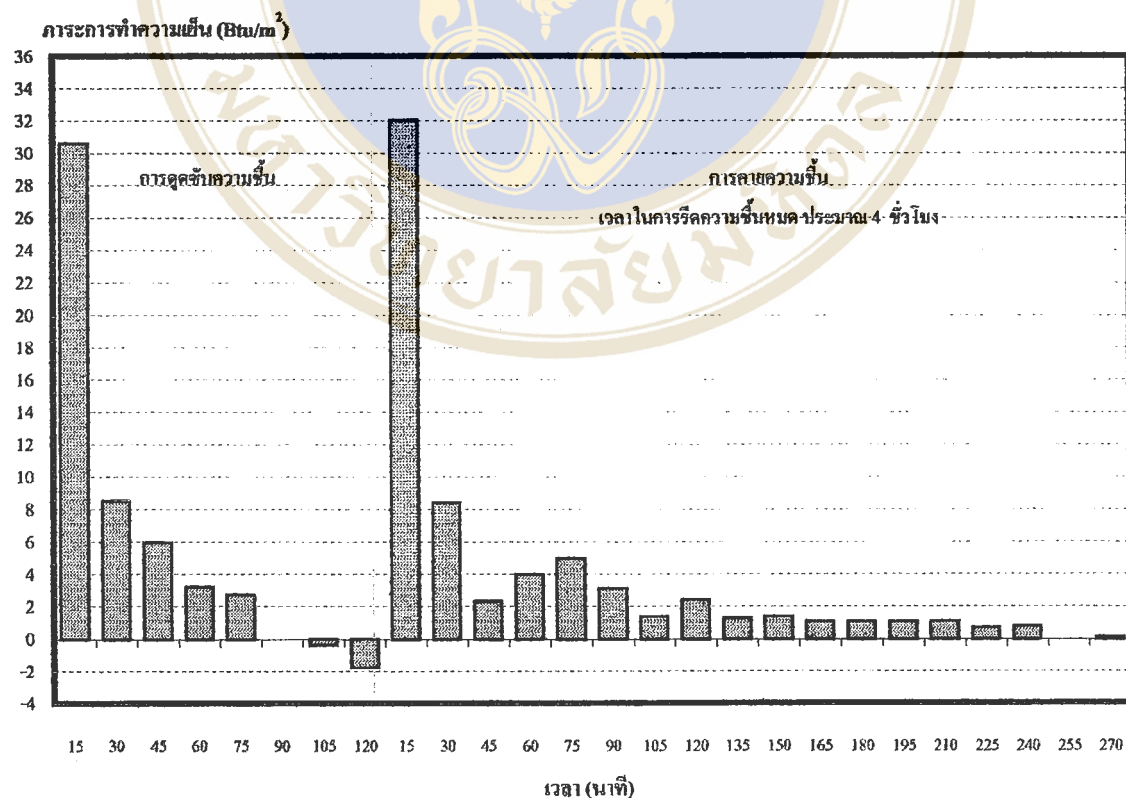
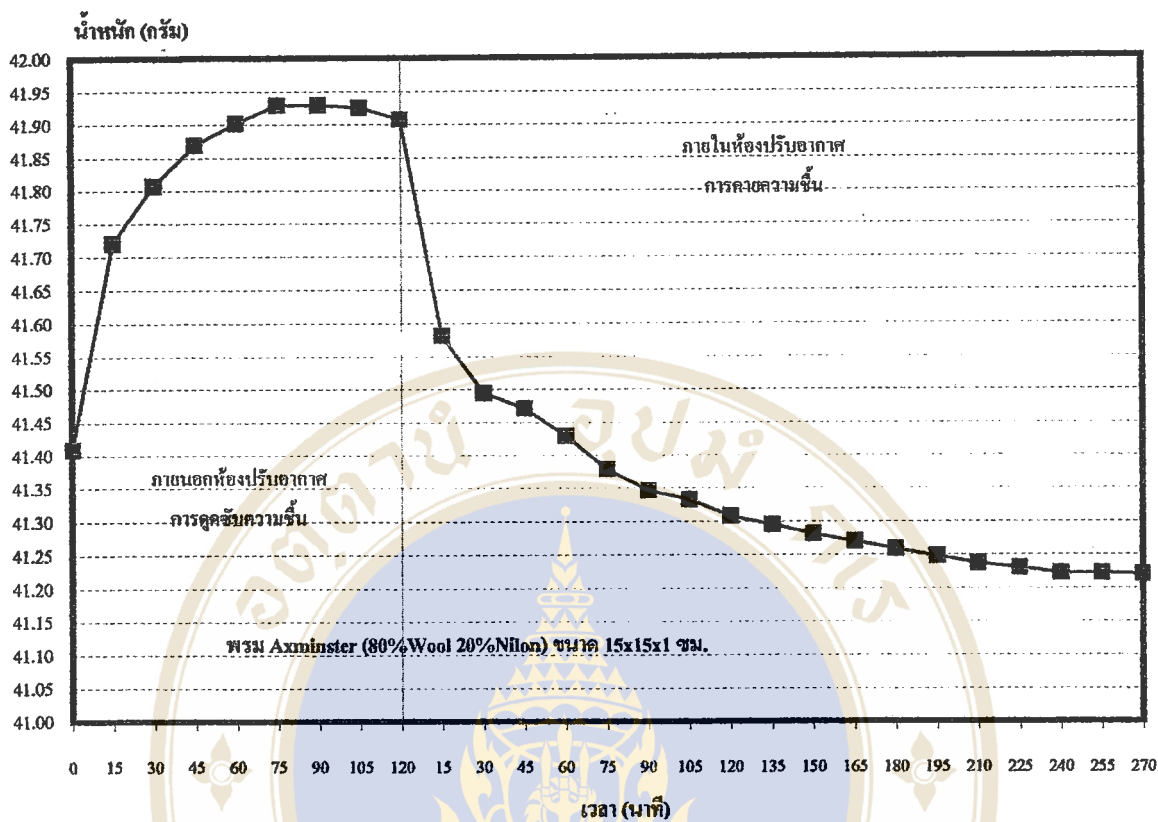
ไม้เนื้ออ่อน เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น



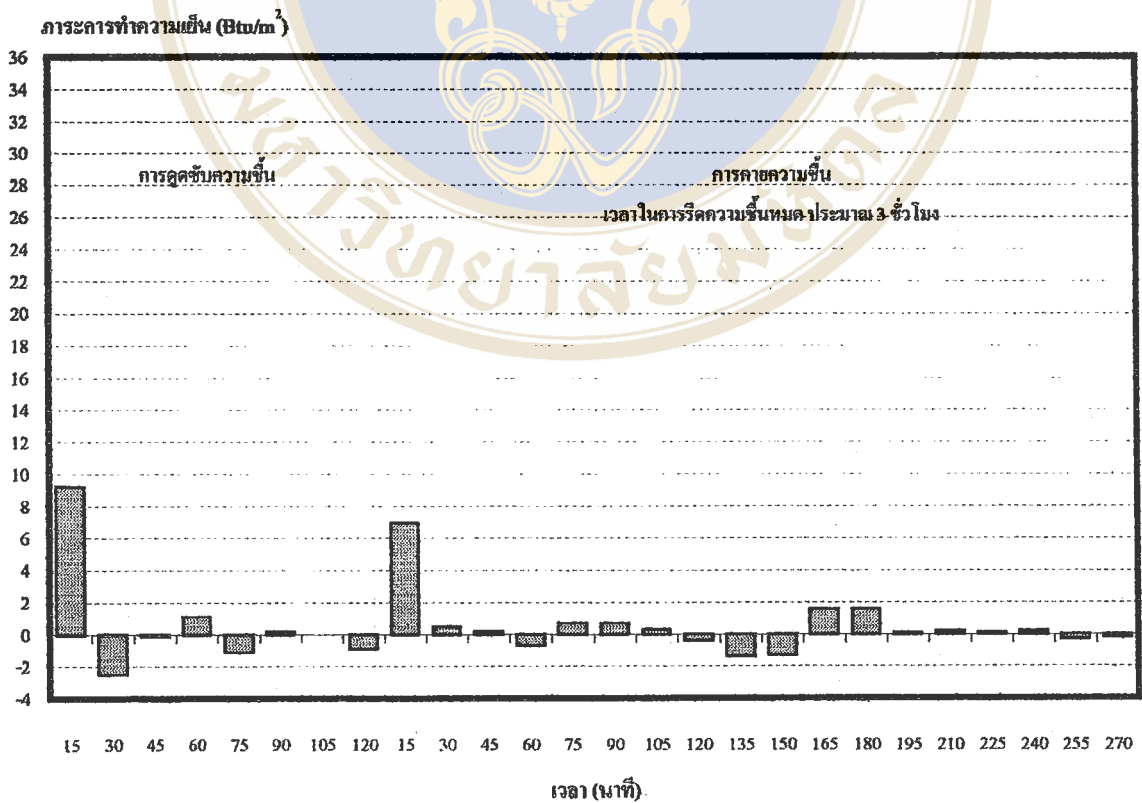
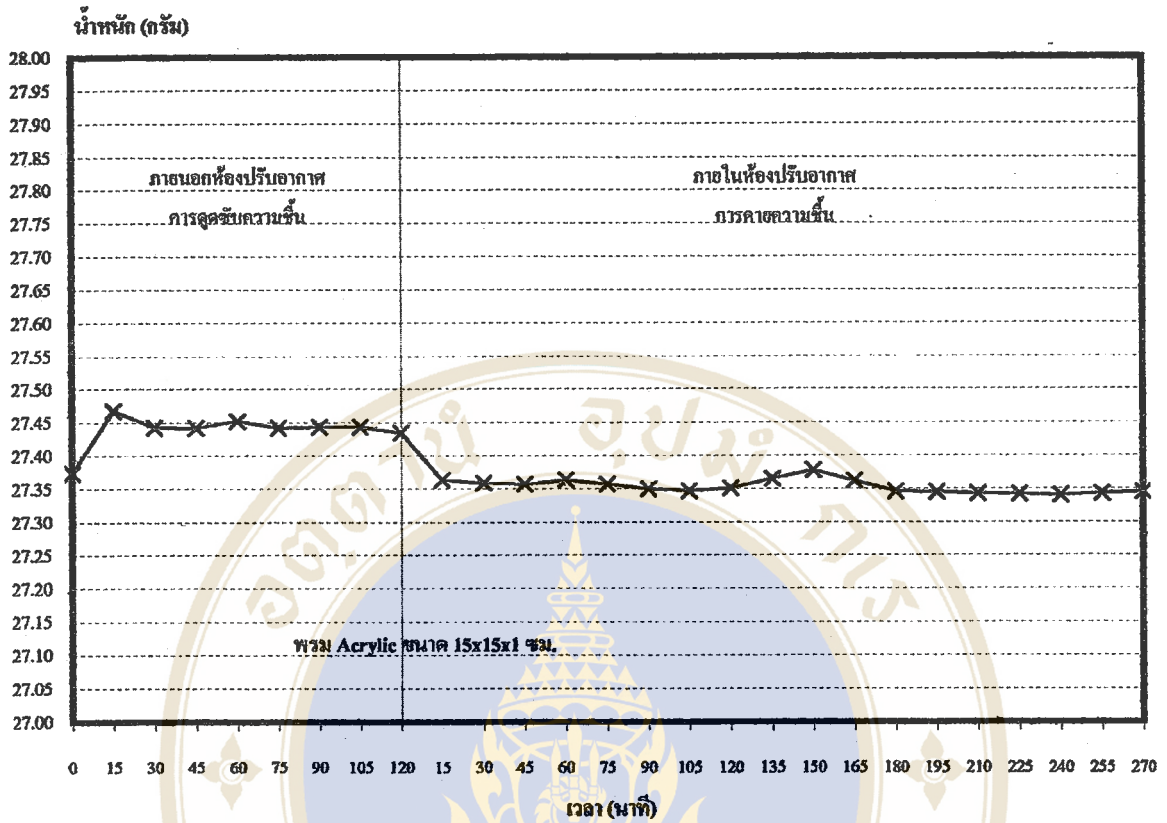
แผนภูมิที่ 4-30 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้นของยิปซัม เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น



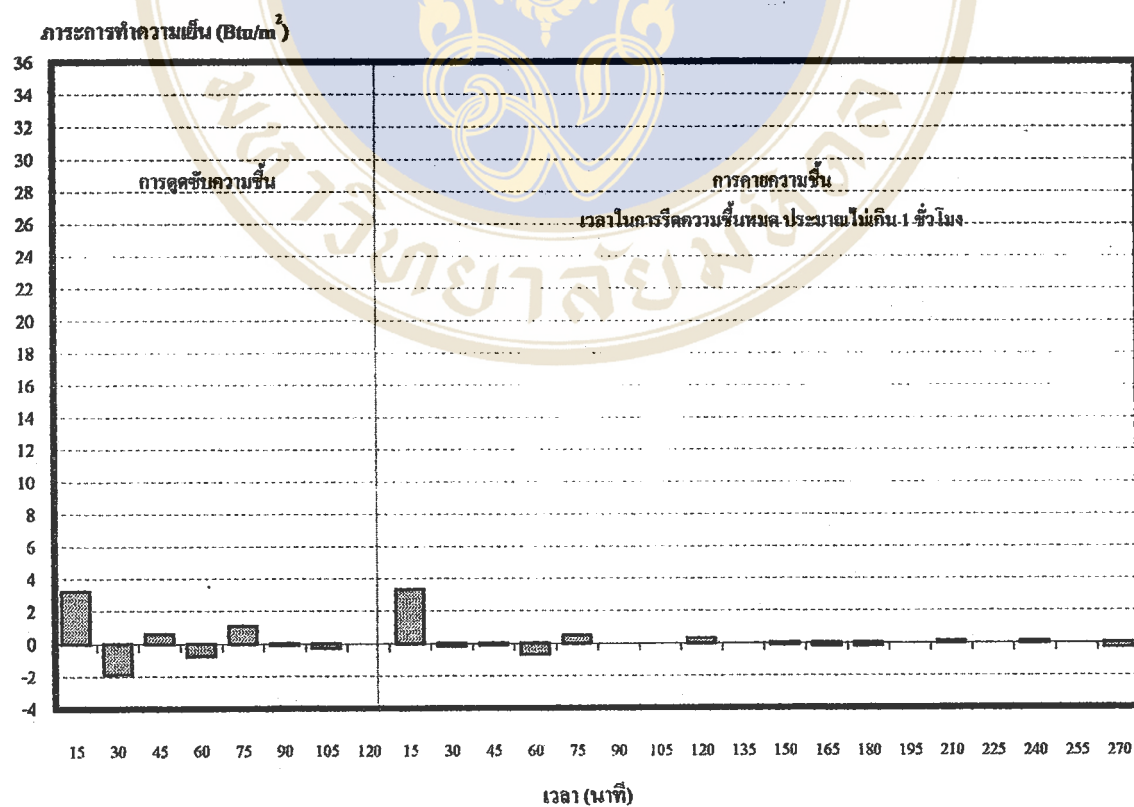
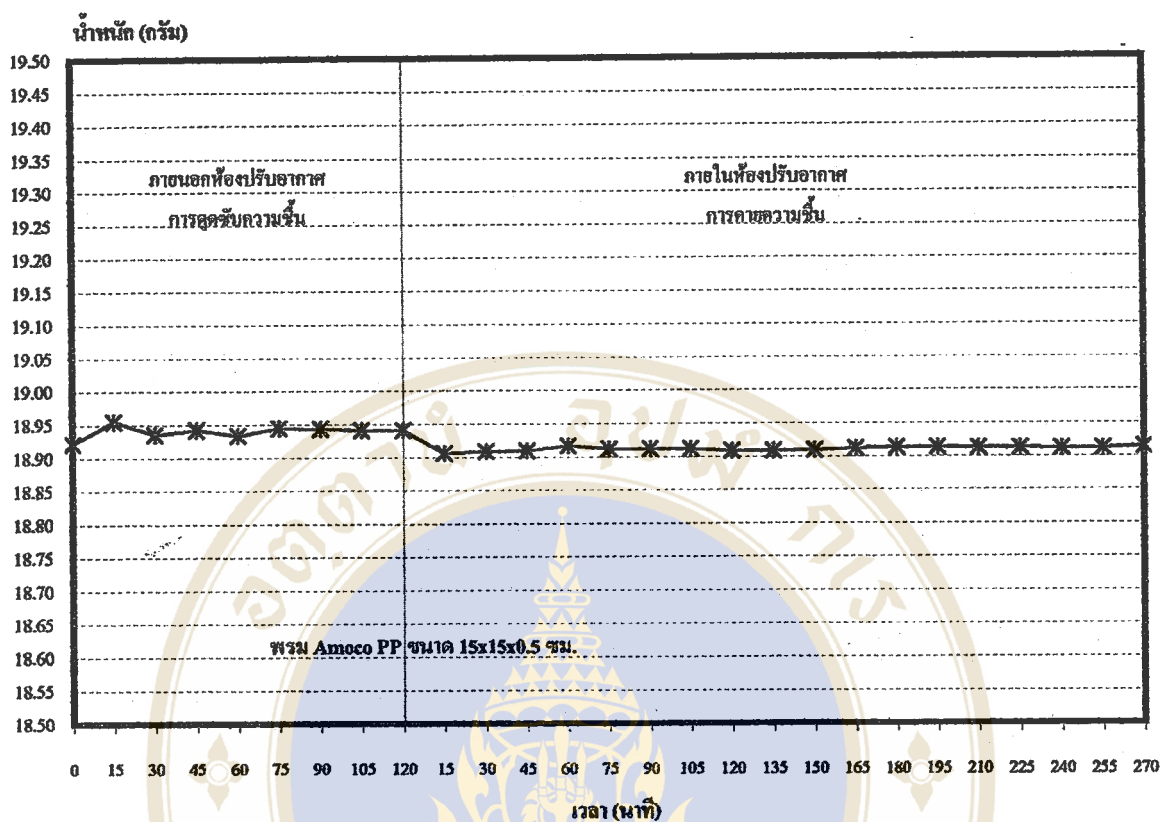
แผนภูมิที่ 4-31 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้นของ
พรมขนแกะ (100%Wool) เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น



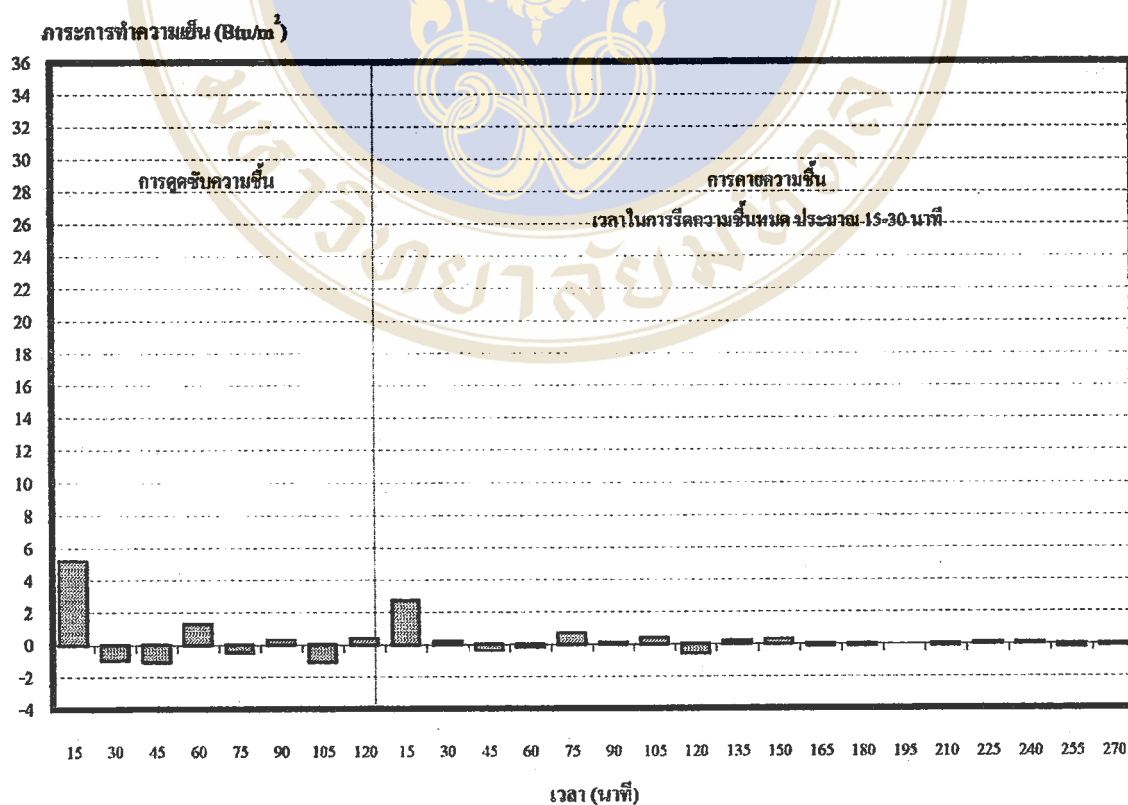
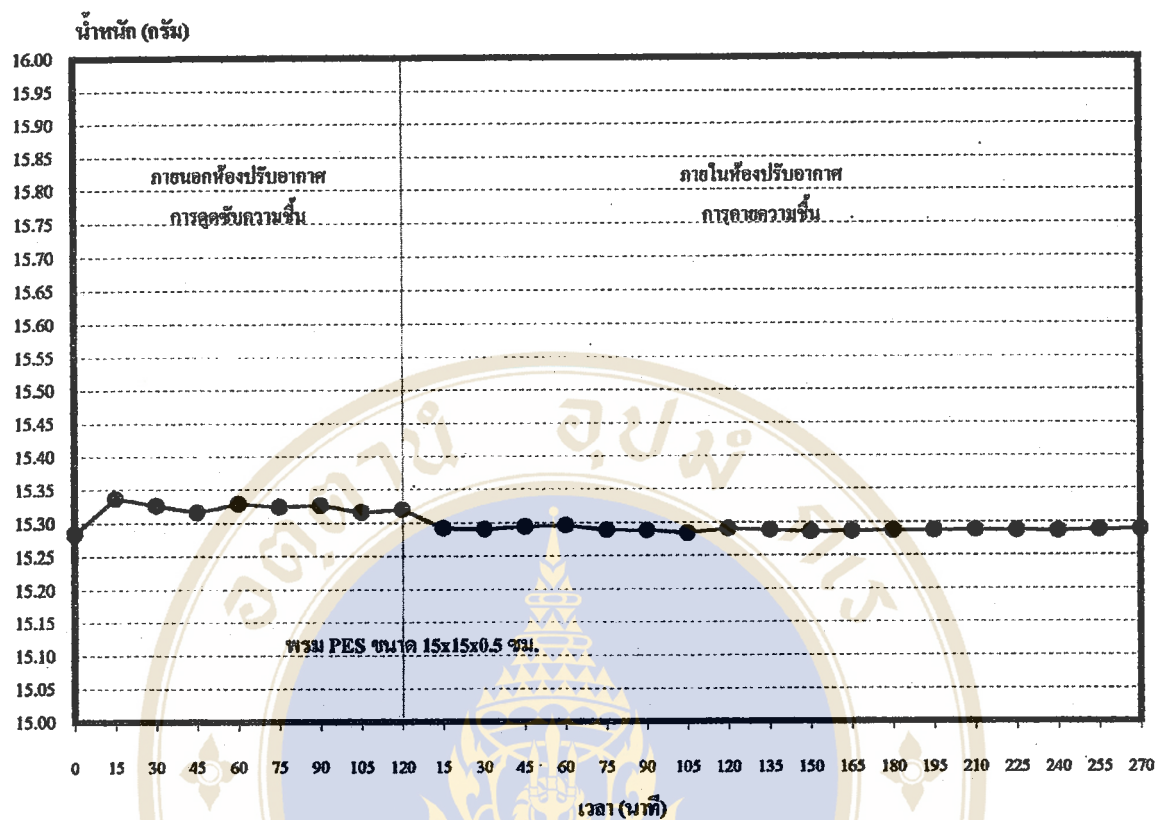
แผนภูมิที่ 4-32 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้นของ
พรม Axminster (80%Wool 20%Nilon) เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น



แผนภูมิที่ 4-38 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้นของ
พรม Acrylic เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น

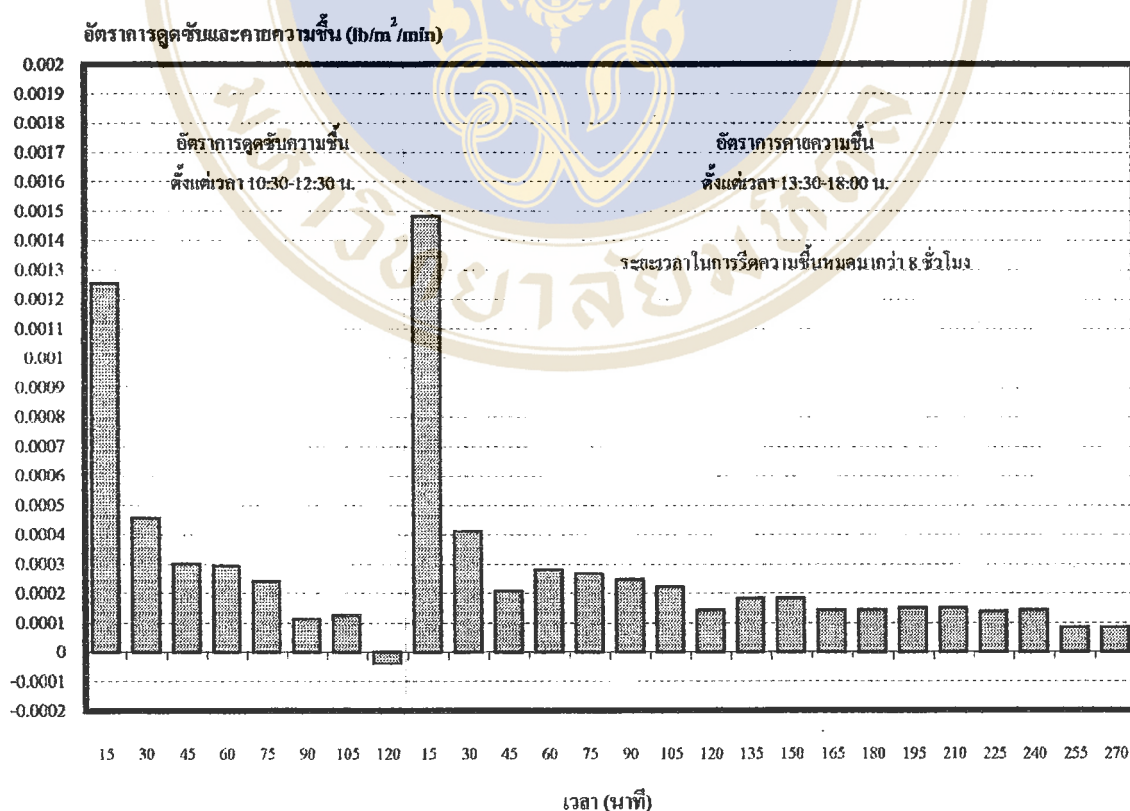
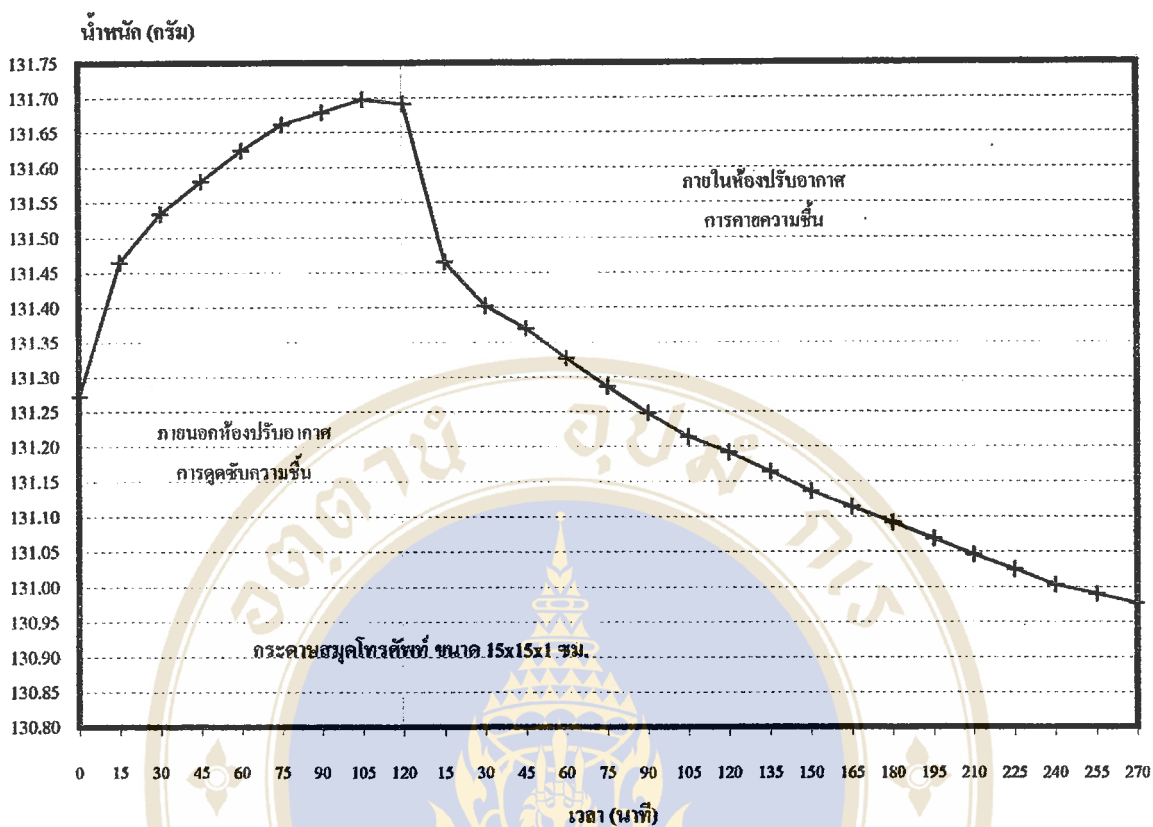


แผนภูมิที่ 4-84 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้นของ
พรม Amoco PP เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น

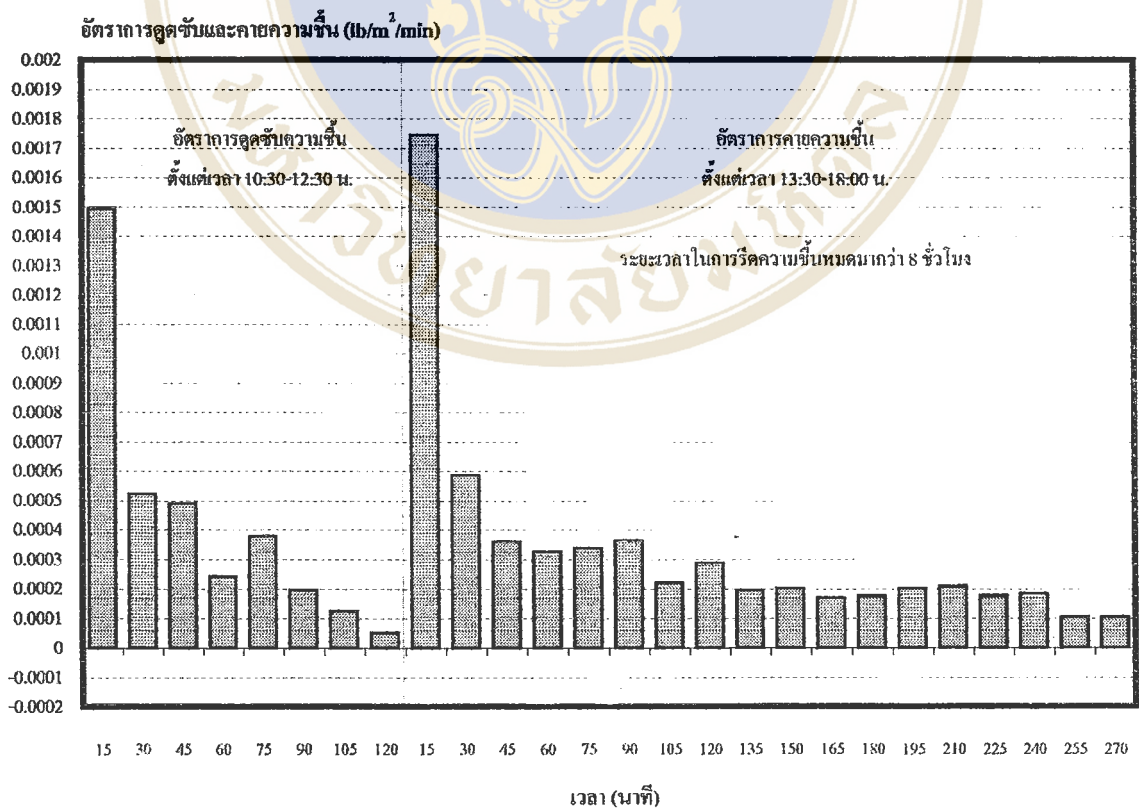
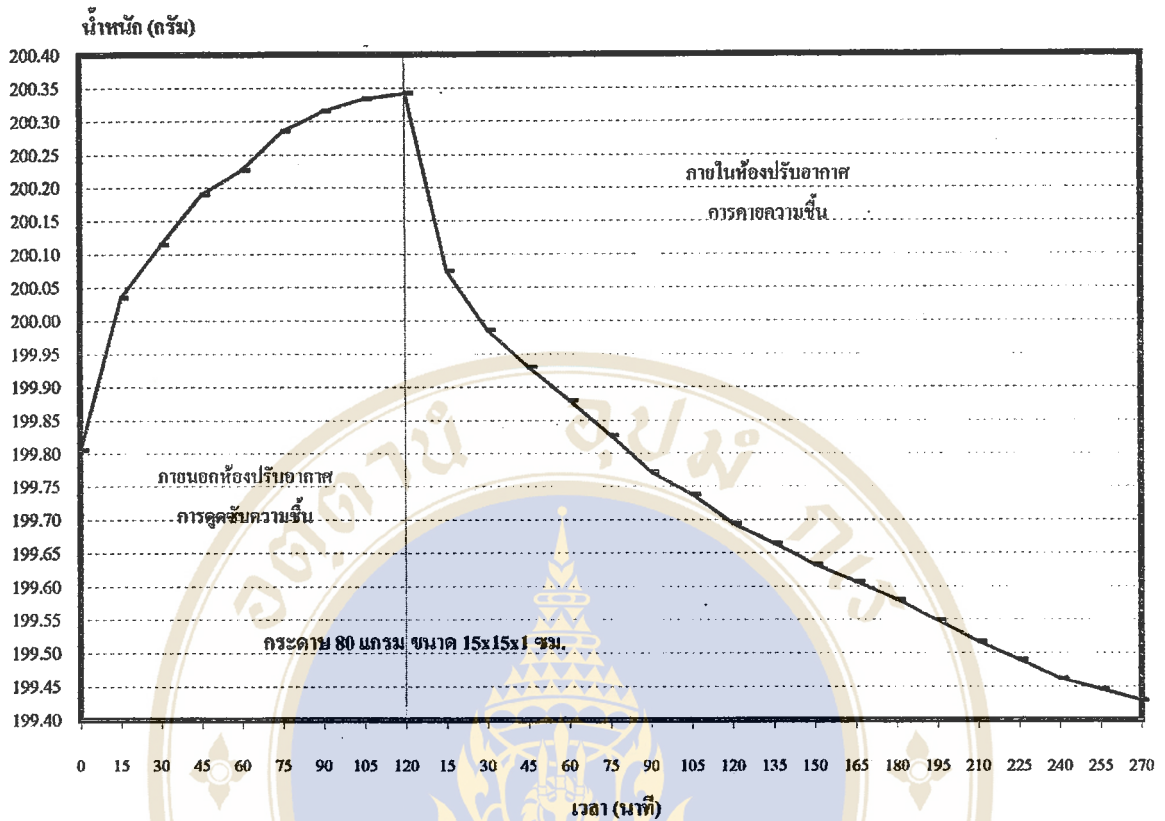


แผนภูมิที่ 4-35 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้นของ

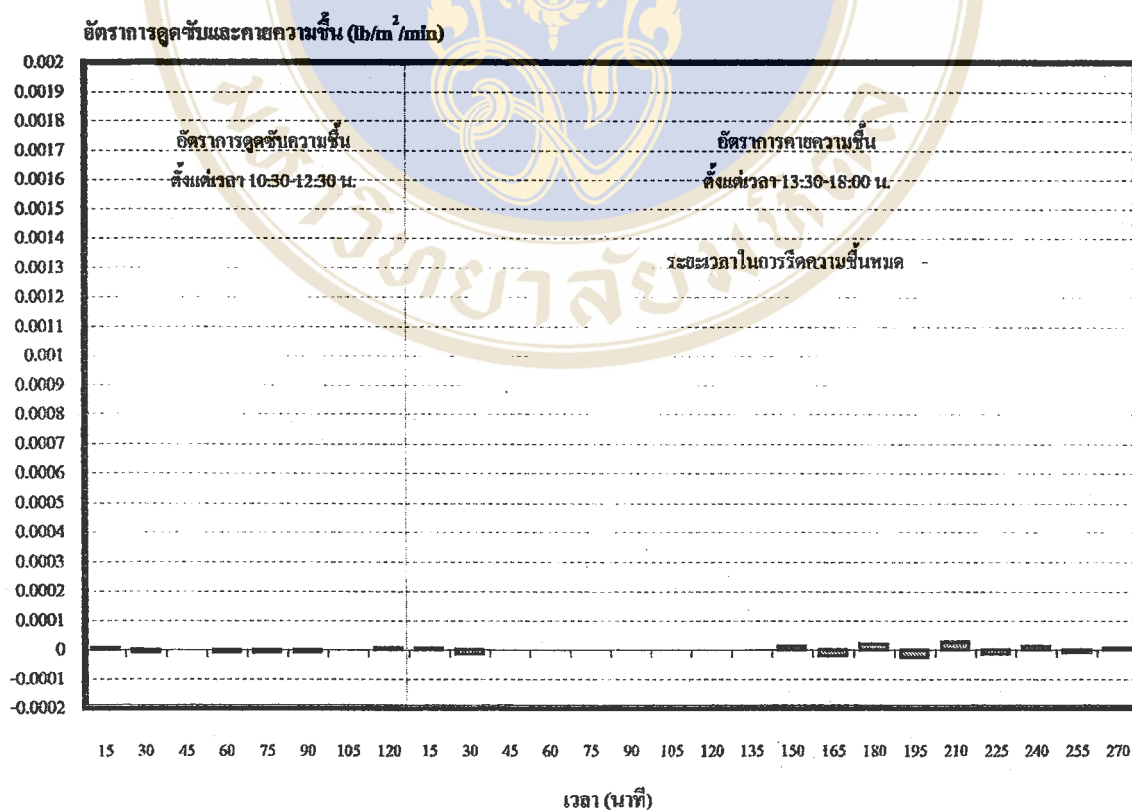
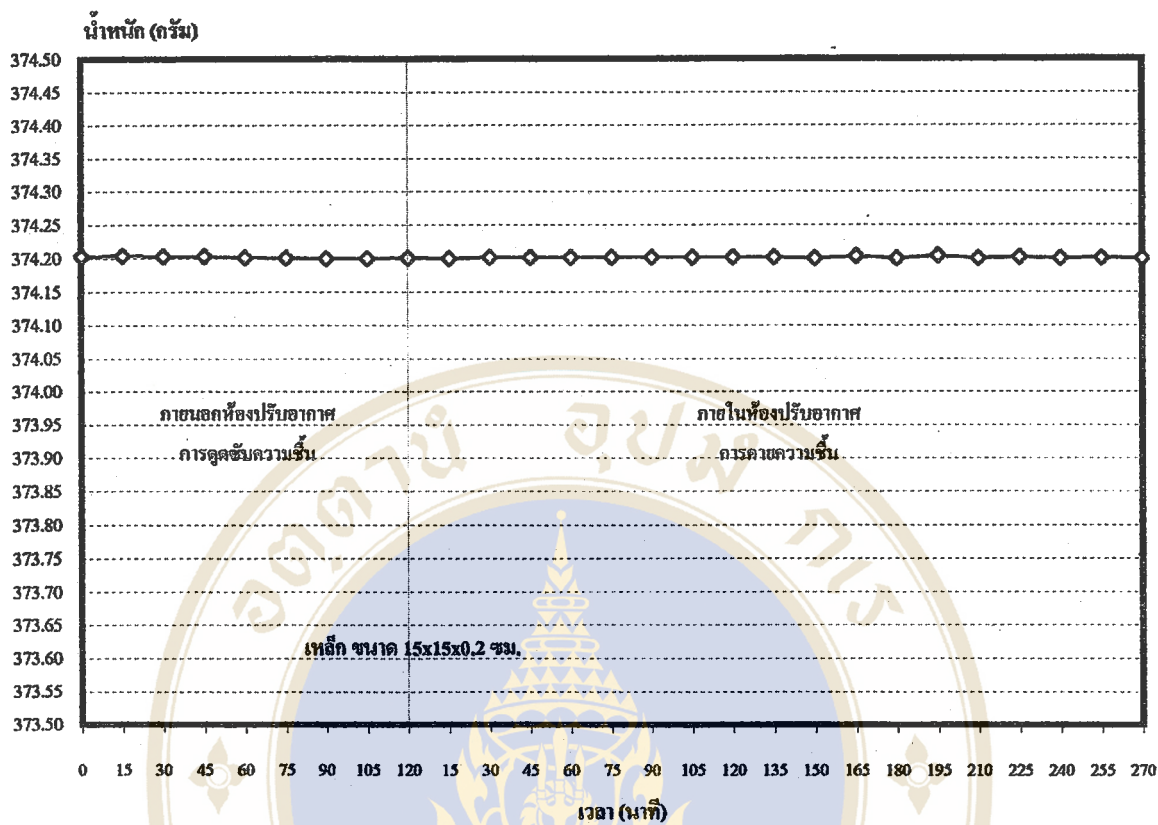
พรม PES เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น



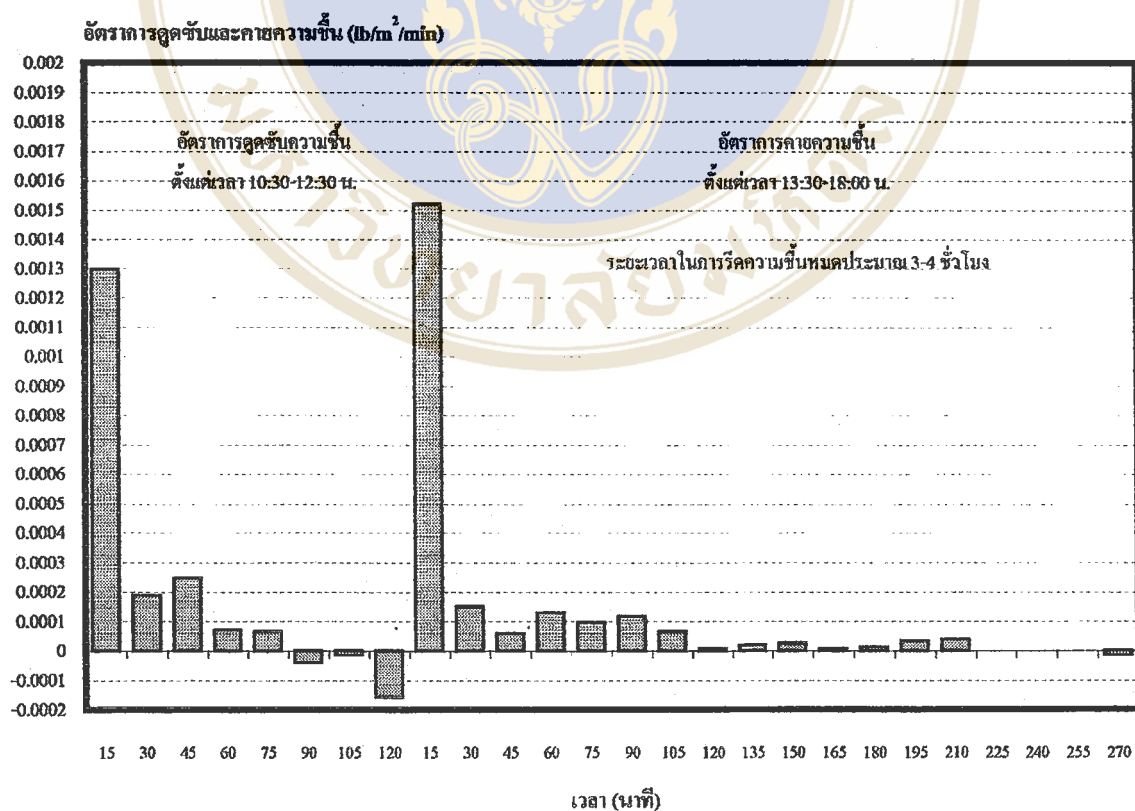
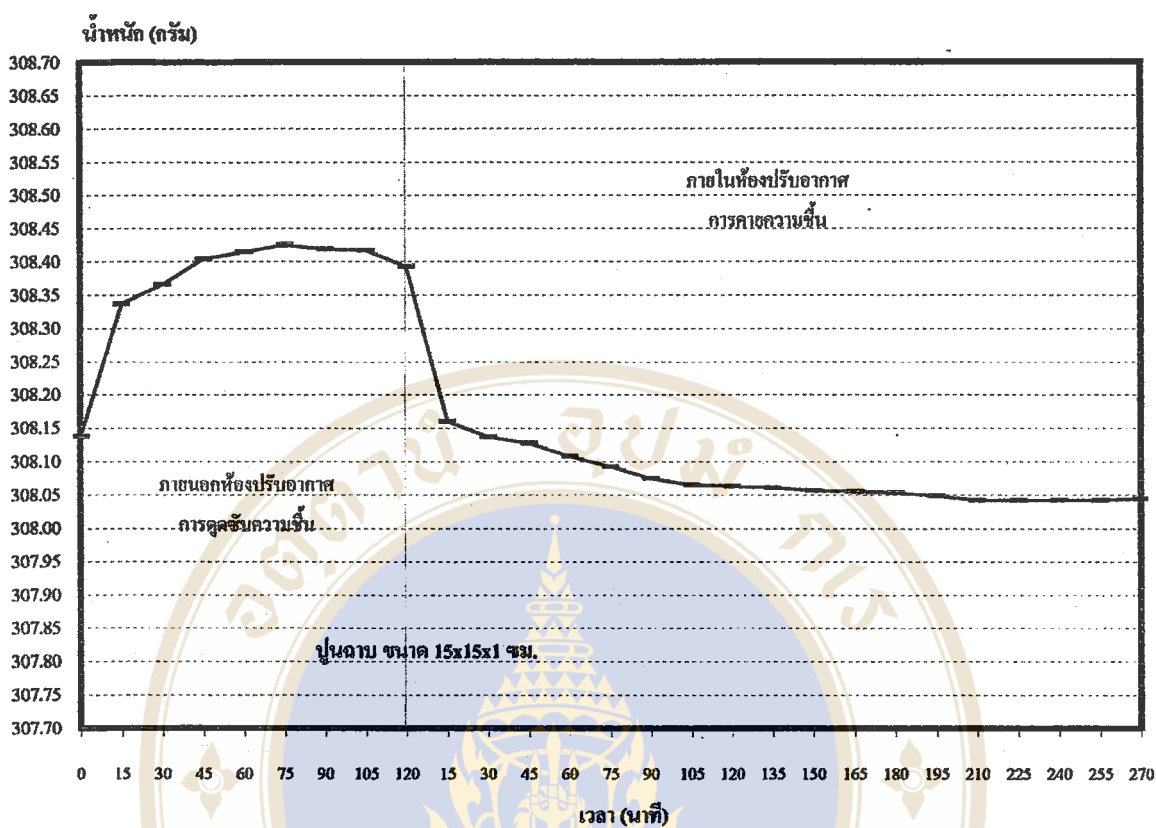
แผนภูมิที่ 4-36 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้นของกระดาน
สุมุโคโทรศัพท์ (50 กรัม) เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น



แผนภูมิที่ 4-37 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความร้อนของกระดาน 80 แกรม เมื่อทดสอบการดูดซับความร้อน



แผนภูมิที่ 4-38 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้นของแผ่นเหล็กเมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น



แผนภูมิที่ 4-39 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและอัตราการดูดซับและคายความชื้นของปูนฉาบ
เมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น

4.4.3 ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้น

จากแผนภูมิที่ 4-40 ซึ่งแสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นของวัสดุชนิดต่างๆ พบว่า วัสดุที่มีภาระการทำความเย็นสูงสุดได้แก่ วัสดุประเภทกระดาษ โดยกระดาษสมุดโทรศัพท์และกระดาษ 80 แกรม มีภาระการทำความเย็นสูงถึงประมาณ 276 และ 254 บีทียูต่อตารางเมตร วัสดุที่มีภาระการทำความเย็นรองลงไปได้แก่ วัสดุประเภทไม้ ไม้เนื้ออ่อนมีภาระการทำความเย็นประมาณ 243 บีทียูต่อตารางเมตร และไม้เนื้อแข็งมีภาระการทำความเย็นประมาณ 207 บีทียูต่อตารางเมตร

ปูนฉาบมีภาระการทำความเย็นประมาณ 131 บีทียูต่อตารางเมตร แต่จากการทดสอบการดูดซับความชื้นโดยประมาณของอิฐดินเผาซึ่งใช้ในการก่ออิฐฉาบปูน พบว่าอิฐมีค่าการดูดซับความชื้นสูงมาก โดยคิดเป็นภาระการทำความเย็นสูงถึงกว่า 300 บีทียูต่อตารางเมตร ดังนั้นในการประเมินค่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นของวัสดุอิฐก่อฉาบปูนต้องใช้ค่าการดูดซับความชื้นของวัสดุทั้ง 2 ส่วนคือ อิฐและปูนฉาบร่วมกัน จากการทดสอบพบว่าปูนฉาบและอิฐมีการดูดซับความชื้นประมาณ 131 และ 300 บีทียูต่อตารางเมตร ในการใช้งานจริง อิฐก่อฉาบปูน 4 นิ้ว จะมีอิฐและปูนเป็นส่วนประกอบอยู่ในอัตราส่วนประมาณ 50:50 โดยปริมาตร การประเมินภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นโดยอาศัยสัดส่วนการใช้งานของวัสดุจะได้ว่า อิฐก่อฉาบปูนหนา 4 นิ้ว (ปูนฉาบหนาประมาณ 2-3 ซม.) จะมีค่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นประมาณ 216 บีทียูต่อตารางเมตร

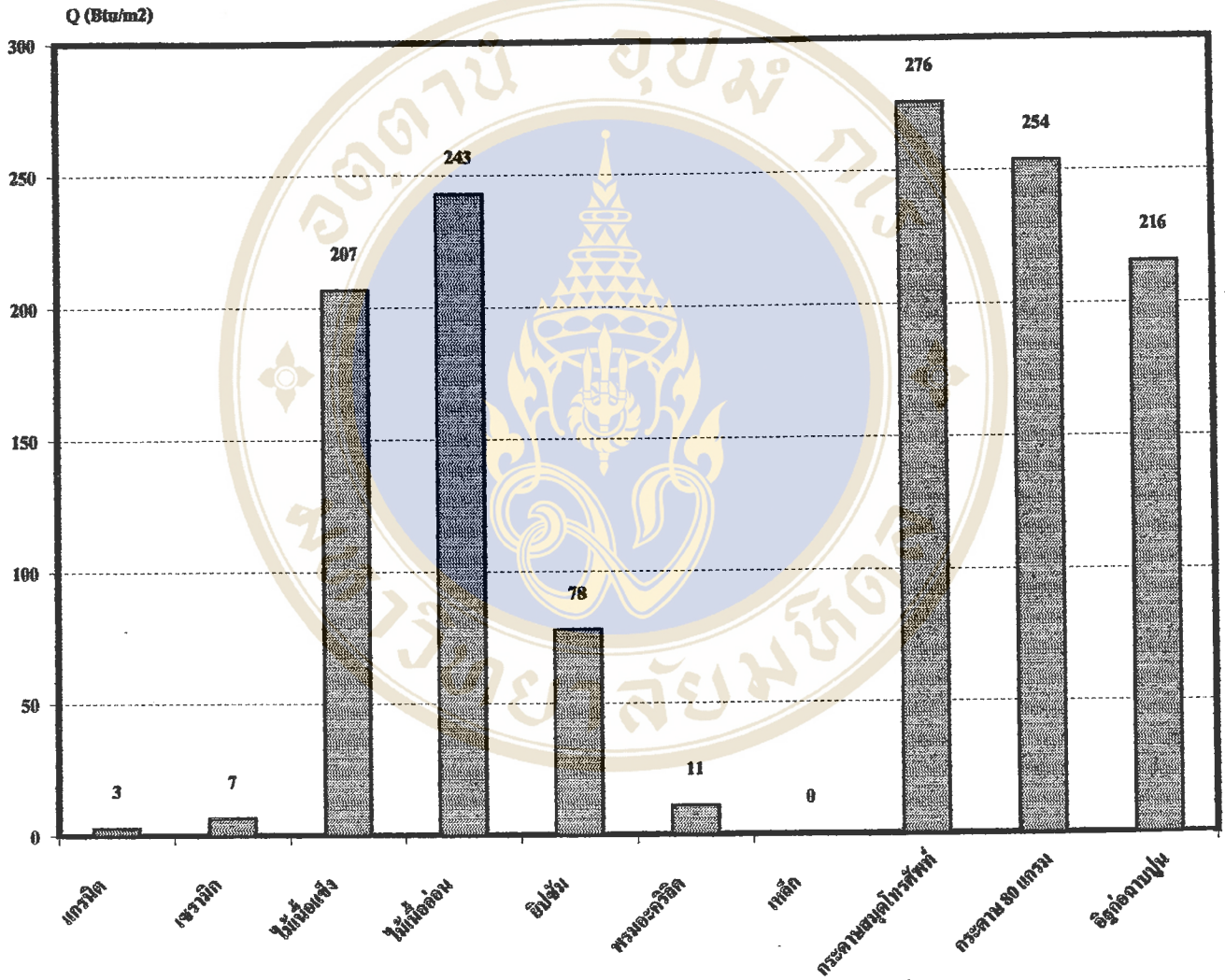
ยิปซัมมีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นประมาณ 78 บีทียูต่อตารางเมตร สำหรับยิปซัมที่นำมาศึกษาเป็นยิปซัมที่ไม่กันความชื้น ปิดด้วยกระดาษทั้ง 2 ด้าน ปัจจุบันยิปซัมมีหลายชนิด บางชนิดสามารถกันความชื้นได้ ซึ่งค่าการดูดซับความชื้นก็อาจจะแตกต่างออกไป

แกรนิต และเซรามิก มีการดูดซับความชื้นน้อยมาก โดยมีภาระการทำความเย็นเกิดขึ้นเพียงประมาณ 3 และ 7 บีทียูต่อตารางเมตรตามลำดับ

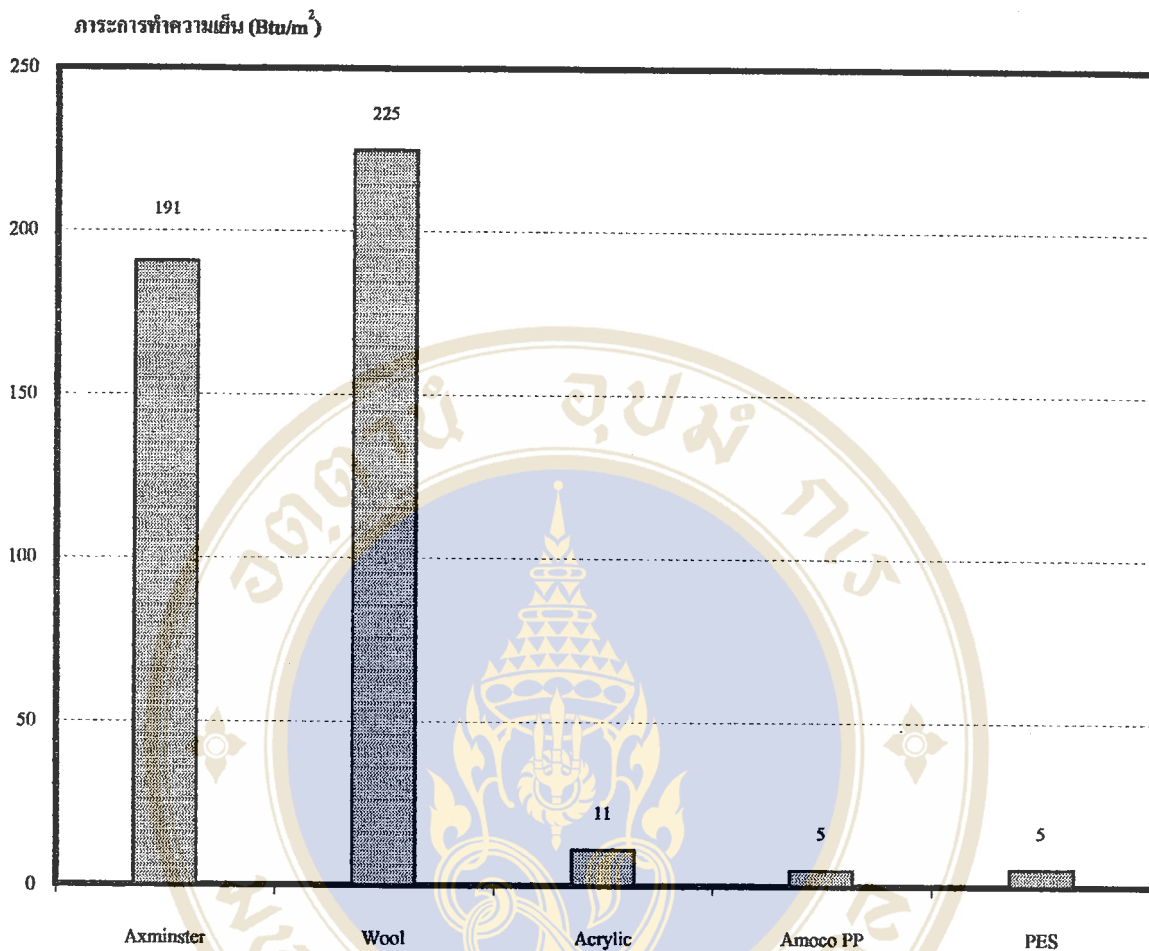
วัสดุประเภทโลหะที่นำมาทดสอบได้แก่ เหล็ก ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่า เหล็กไม่มีการดูดซับความชื้น เนื่องจากค่าผลต่างของน้ำหนักที่ได้จากการทดสอบของเหล็ก เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางด้านสถิติแล้วไม่มีความสำคัญทางสถิติหรือผลต่างนั้น ไม่นับสำคัญ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า เหล็กมีน้ำหนักคงที่ตลอดการทดสอบ ซึ่งแสดงว่าเหล็กไม่มีการดูดซับความชื้น

จากแผนภูมิที่ 4-41 ซึ่งแสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นของวัสดุพรม 5 ชนิดเปรียบเทียบกัน ผลการทดสอบพบว่าพรมที่ก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นสูงสุดได้แก่ พรมขนแกะ โดยมีภาระการทำความเย็นถึงประมาณ 225 บีทียูต่อตารางเมตร พรมที่มีภาระการทำความ

เย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นลดลงไปได้แก่ พรมAxminster โดยมีภาระการทำความเย็นประมาณ 190 บีทียูต่อตารางเมตร พรมอีก 3 ชนิดมีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นต่ำกว่าพรม 2 ชนิดแรกมาก โดยพรม Acrylic จะมีภาระการทำความเย็นประมาณ 11 บีทียูต่อตารางเมตร ส่วนพรม Amoco PP และพรม PES จะมีภาระการทำความเย็นใกล้เคียงกันคือประมาณ 5 บีทียูต่อตารางเมตร



แผนภูมิที่ 4-40 แสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นของวัสดุชนิดต่างๆ



แผนภูมิที่ 4-41 แสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นเป็นบีทียูต่อตารางเมตรของวัสดุพรมทั้ง 5 ชนิด

จากการทดสอบการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุ พบว่าวัสดุทุกชนิดมีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นในสัดส่วนที่แตกต่างกัน (แผนภูมิที่ 4-42) วัสดุบางชนิดมีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนสูง แต่มีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นต่ำ ซึ่งจากการทดสอบครั้งนี้ วัสดุกลุ่มนี้ได้แก่ กระเบื้องแกรนิต กระเบื้องเซรามิก วัสดุบางชนิดมีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นสูง แต่มีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนต่ำกว่า ได้แก่ วัสดุประเภทไม้และวัสดุประเภทกระดาษ

วัสดุหลักมีเฉพาะภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อน เนื่องจากเหล็กไม่มีการดูดซับความชื้น

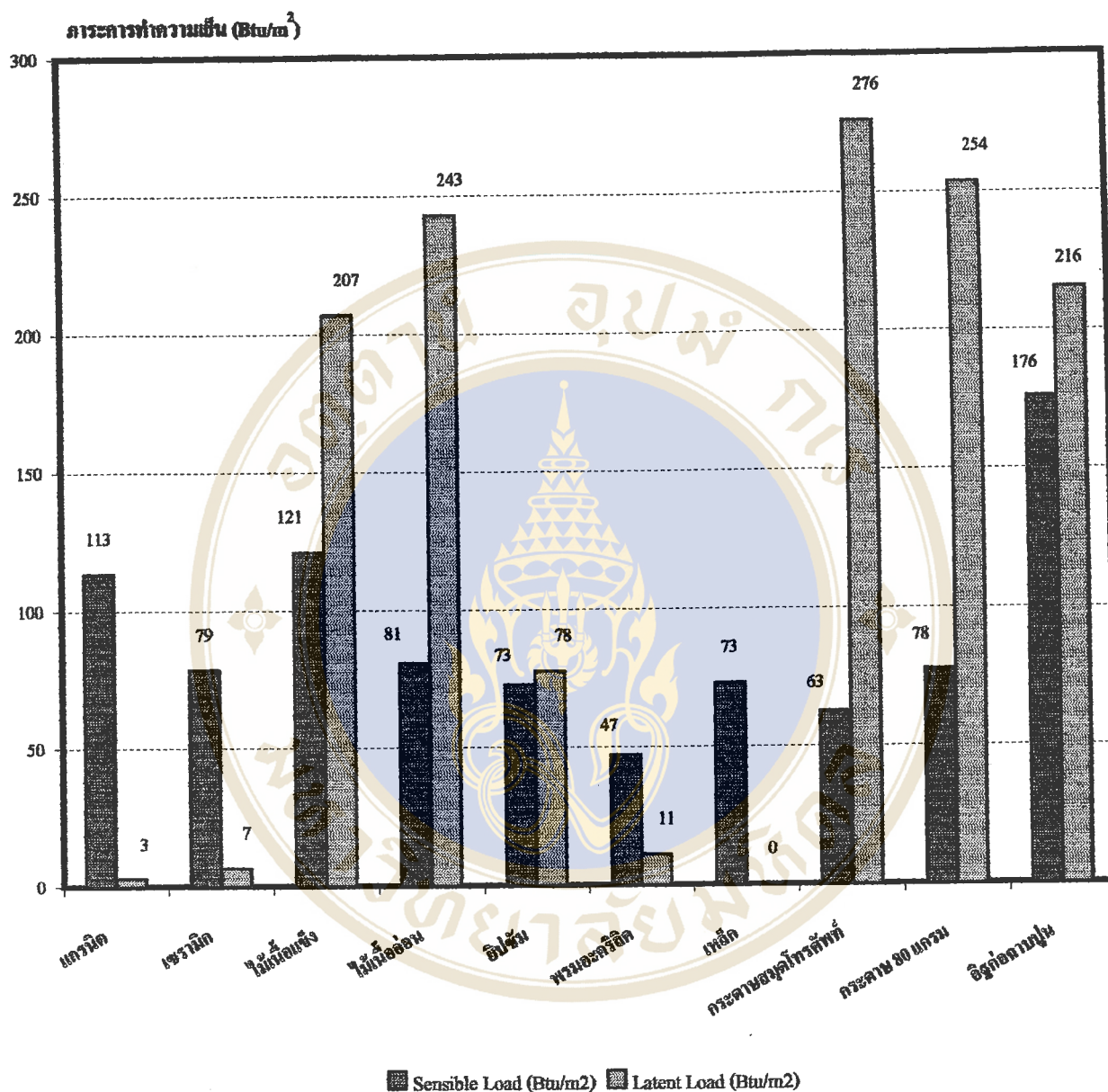
ปีปซัมมีการทำความเย็นทั้ง 2 ส่วนใกล้เคียงกัน แต่มีค่าไม่สูงมากนัก โดยภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนมีค่าประมาณ 72 บีทียูต่อตารางเมตร และภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นมีค่าประมาณ 78 บีทียูต่อตารางเมตร

วัสดุที่มีภาระการทำความเย็นทั้ง 2 ส่วนสูงมาก ได้แก่ อิฐก่อฉาบปูน (ไม่มีการเคลือบผิวด้วยวัสดุใดๆ) โดยมีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนสูงถึงประมาณ 176 บีทียูต่อตารางเมตร ขณะที่ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นก็สูงถึงประมาณ 216 บีทียูต่อตารางเมตร ดังนั้นวัสดุอิฐก่อฉาบปูนจึงไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งานภายในห้องปรับอากาศ นอกจากจะมีการเคลือบผิวด้วยวัสดุอื่นๆ ที่มีการกั้นความร้อนและความชื้นที่ดี

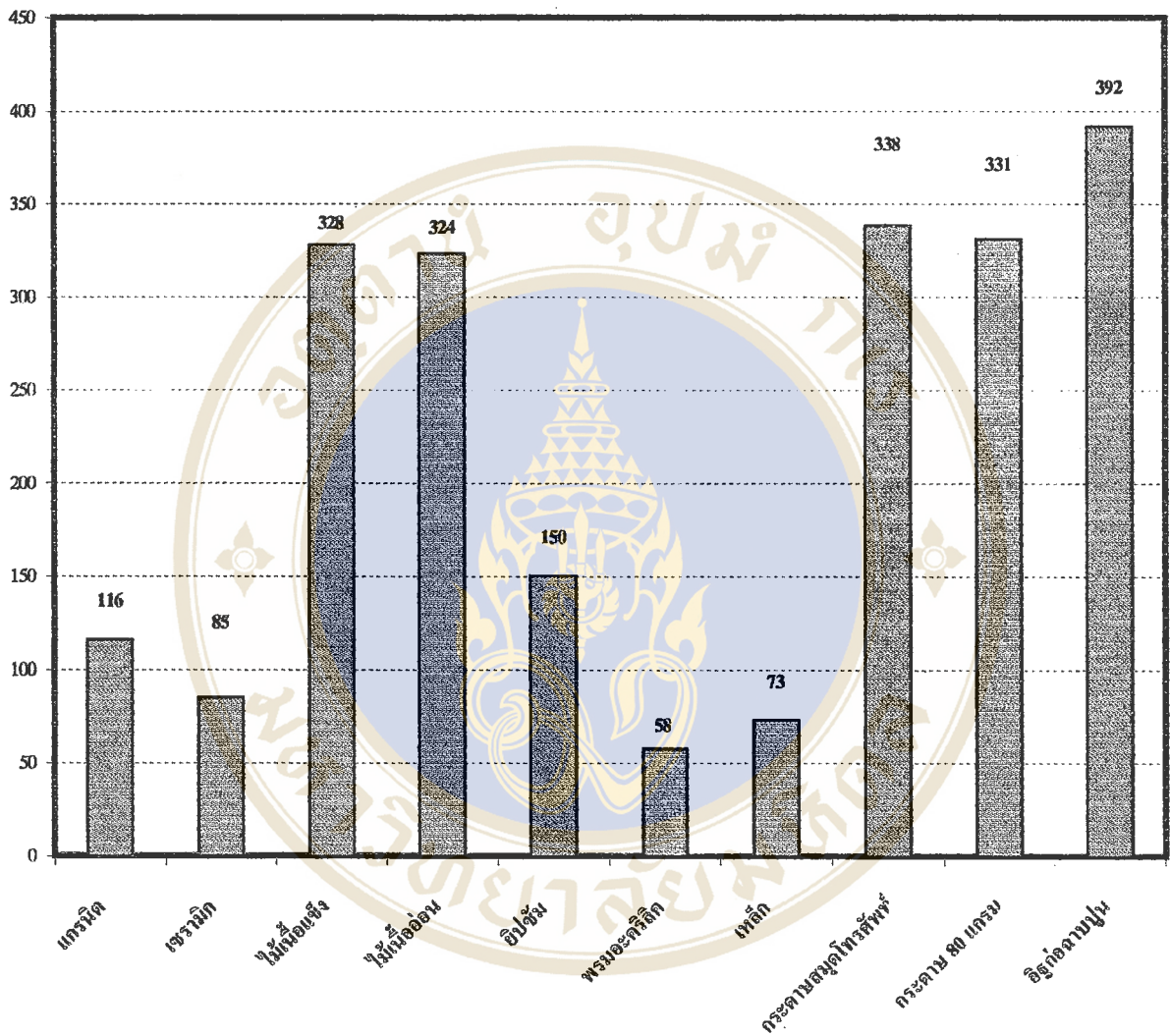
สำหรับพรมอะคริลิก ซึ่งมีภาระการทำความเย็นทั้ง 2 ส่วนต่ำ โดยมีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นเพียงประมาณ 47 และ 11 บีทียูต่อตารางเมตร ทั้งนี้เนื่องจากอะคริลิกเป็นวัสดุประเภทเทอร์โมพลาสติก ซึ่งเป็นโพลีเมอร์จำพวกหนึ่ง ทำให้มีคุณสมบัติการดูดซับความร้อนและความชื้นต่ำ พรมอะคริลิกจึงมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานภายในห้องปรับอากาศ แม้ว่ามวลสารของพรมจะมีค่าต่ำ ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนอาจมีค่าไม่สูงมากนัก แต่จากแผนภูมิที่ 4-41 จะเห็นว่าพรมขนสัตว์และพรม Axminster มีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นสูงถึง 225 และ 191 บีทียูต่อตารางเมตร ดังนั้นจึงไม่อาจสรุปได้ว่าวัสดุประเภทพรมมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานภายในห้องปรับอากาศ ปัจจุบันพรมสามารถผลิตได้จากวัสดุหลายชนิด ซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆ กัน การเลือกใช้งานพรมภายในห้องปรับอากาศจึงต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุที่นำมาทำพรมชนิดนั้นๆ ด้วย

จากแผนภูมิที่ 4-42 เมื่อรวมเอาภาระการทำความเย็นทั้ง 2 ส่วนเข้าด้วยกัน (แผนภูมิที่ 4-43) พบว่า วัสดุที่มีภาระการทำความเย็นรวมสูงสุดได้แก่ อิฐก่อฉาบปูน รองลงมาได้แก่ วัสดุประเภทกระดานและไม้ ซึ่งวัสดุทุกชนิดดังกล่าวมีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นสูงทั้งสิ้น ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นเป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นต่อระบบปรับอากาศ ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุภายในห้องปรับอากาศจึงควรให้ความสำคัญในการพิจารณาคุณสมบัติการดูดซับความชื้นของวัสดุเป็นอันดับแรก

ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนของวัสดุก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกวัสดุเพื่อใช้งานภายในห้องปรับอากาศ แม้ว่าจากการทดสอบจะพบว่าภาระการทำความเย็นส่วนนี้ต่ำกว่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้น แต่หากวัสดุที่ใช้มีพื้นที่มากขึ้น ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนก็จะเพิ่มมากขึ้น และก่อให้เกิดภาระแก่เครื่องปรับอากาศได้มากเช่นเดียวกัน



แผนภูมิที่ 4- 42 แสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุ

ภาระการทำความเย็นรวม (Btu/m²)

แผนภูมิที่ 4-43 แสดงภาระการทำความเย็นรวมของวัสดุทดสอบ

4.5 ผลการทดสอบอิทธิพลของรังสีแสงอาทิตย์ต่ออุณหภูมิของอากาศ

จากสมมติฐานที่ว่าวัสดุภายในอาคารปรับอากาศส่วนใหญ่จะไม่ได้รับอิทธิพลของรังสีแสงอาทิตย์โดยตรง (ดูรายละเอียดเกี่ยวกับรังสีแสงอาทิตย์ในบทที่ 2) การทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุที่ผ่านมาจึงเป็นการทดสอบโดยการควบคุมอิทธิพลของรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งทำให้วัสดุที่ใช้ในการทดลองได้รับอิทธิพลจากความร้อนของอากาศเท่านั้น อย่างไรก็ตามเพื่อศึกษาอิทธิพลของรังสีแสงอาทิตย์ที่มีต่ออุณหภูมิของอากาศ ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อการดูดซับความร้อนของวัสดุ ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบอิทธิพลของรังสีแสงอาทิตย์ต่ออุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของวัสดุเพิ่มเติม เนื่องจากเมื่อเราเปิดเครื่องปรับอากาศแล้วเปิดประตู หน้าต่าง นอกจากความร้อนและความชื้นที่เข้ามาพร้อมกับอากาศแล้ว วัสดุภายในอาคารบางชนิดอาจได้รับอิทธิพลของรังสีแสงอาทิตย์ได้ เช่น วัสดุที่อยู่ใกล้กับประตู หน้าต่าง หรืออยู่ใกล้กับกระจกซึ่งไม่ใช่กระจกกันความร้อน ในการทดสอบนี้ได้ดำเนินการเมื่อวันที่ 25-26 กรกฎาคม 2541 โดยมีวิธีการทดลอง กล่าวคือ

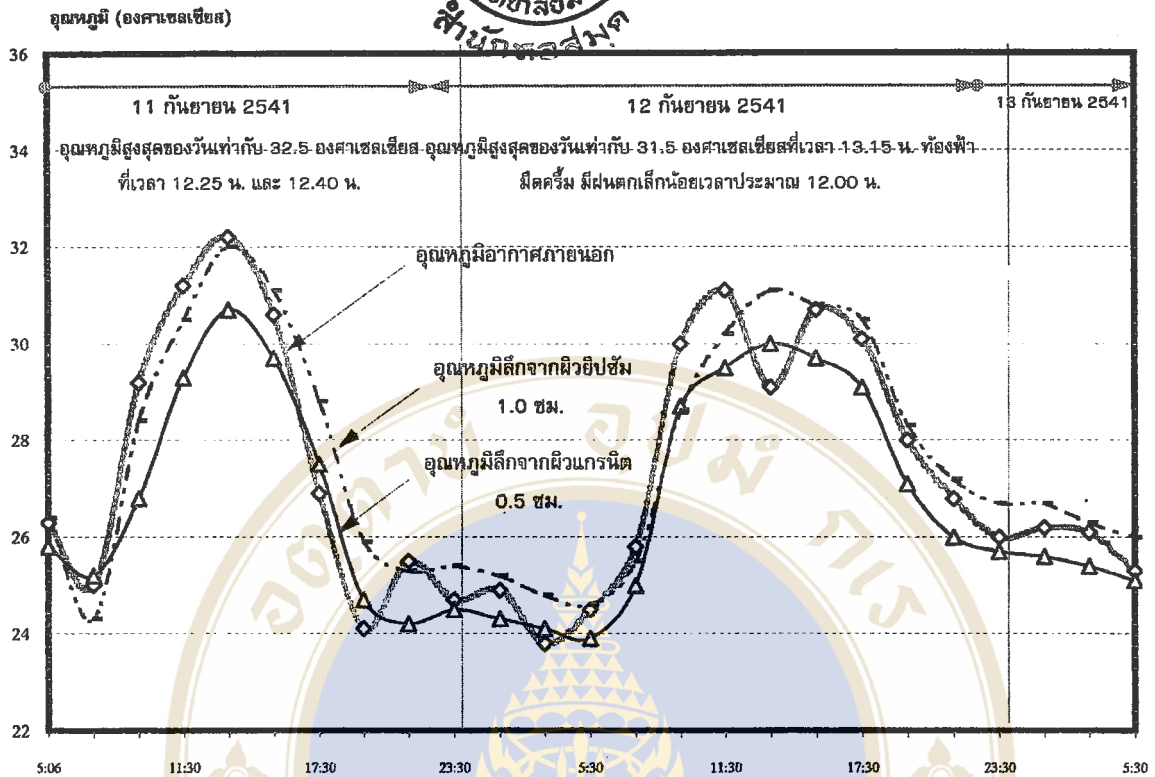
- 1) นำวัสดุทดสอบวางภายนอกห้องปรับอากาศให้สัมผัสกับอากาศ แต่ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง ทั้งนี้เพื่อให้ได้รับผลกระทบของรังสีแสงอาทิตย์ประเภท รังสีกระจาย (Diffuse Radiation) และรังสีสะท้อน (Reflected Radiation) แต่ไม่ได้รับผลกระทบของรังสีแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Solar Radiation)
- 2) บันทึกค่าเวลา อุณหภูมิของวัสดุและอุณหภูมิของอากาศภายนอกทุกๆ 1 ชั่วโมง ติดต่อกันเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง
- 3) สังเกตและบันทึกสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุและอากาศภายนอก เช่น มีฝนตก ลมแรง ห้องฟ้ามืดมนมาก เป็นต้น
- 4) นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์

จากแผนภูมิที่ 4-44 และ 4-45 พบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้รับผลกระทบของ Diffuse Radiation และ Reflected Radiation จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้รับเฉพาะความร้อนจากอากาศ ไม่ได้รับผลกระทบของรังสีแสงอาทิตย์ ประมาณ 2-6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของวัสดุก็จะมีค่าสูงกว่าด้วย จากแผนภูมิที่ พบว่าวัสดุมีอุณหภูมิสูงสุดสูงกว่าอากาศเพียงเล็กน้อย ประมาณไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอากาศได้รับผลกระทบจาก Diffuse Radiation และ Reflected Radiation อุณหภูมิสูงสุดของวัสดุจะสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศถึง 2 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นผลกระทบที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากรังสีความร้อนนั่นเอง

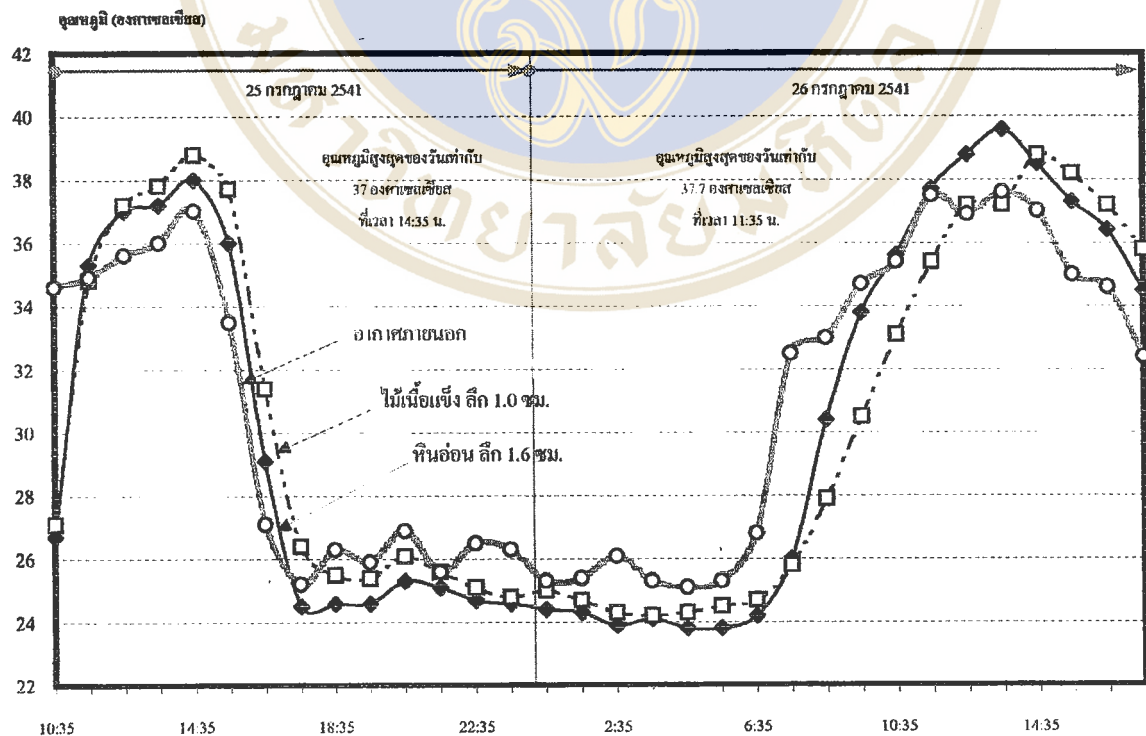
จากแผนภูมิที่ 4-45 มีสิ่งที่น่าสนใจคือ อุณหภูมิของวัสดุทดสอบในช่วงเย็นถึงกลางคืนจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเกือบตลอดเวลา แทนที่จะมีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ จากหลักการของการถ่ายเทความร้อน เมื่อมีการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นแล้วระยะเวลาหนึ่ง อุณหภูมิของวัสดุและอากาศจะมีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกัน จากการศึกษาพบว่าผลการทดสอบซึ่งขัดกับหลักการของการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นเพราะในตอนกลางคืนวัสดุจะมีการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับท้องฟ้าซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่ามาก ดังนั้นวัสดุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าท้องฟ้าจึงถ่ายเทความร้อนให้กับท้องฟ้าจนกระทั่งตัวมันเองมีอุณหภูมิลดลง และมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศ

จากแผนภูมิที่ 4-46 พบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้รับผลกระทบของรังสีแสงอาทิตย์จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้รับเฉพาะผลกระทบของความร้อนจากอากาศมาก โดยผลต่างของอุณหภูมิสูงสุดวันที่ 13 และ 14 กันยายน 2541 มีค่าถึง 5.7 และ 6.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ารังสีแสงอาทิตย์มีผลกระทบต่ออุณหภูมิของอากาศมาก และพลังงานความร้อนเนื่องจากรังสีแสงอาทิตย์จะถูกถ่ายเทให้กับวัสดุ ทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าเมื่อวัสดุได้รับเฉพาะความร้อนจากอากาศ

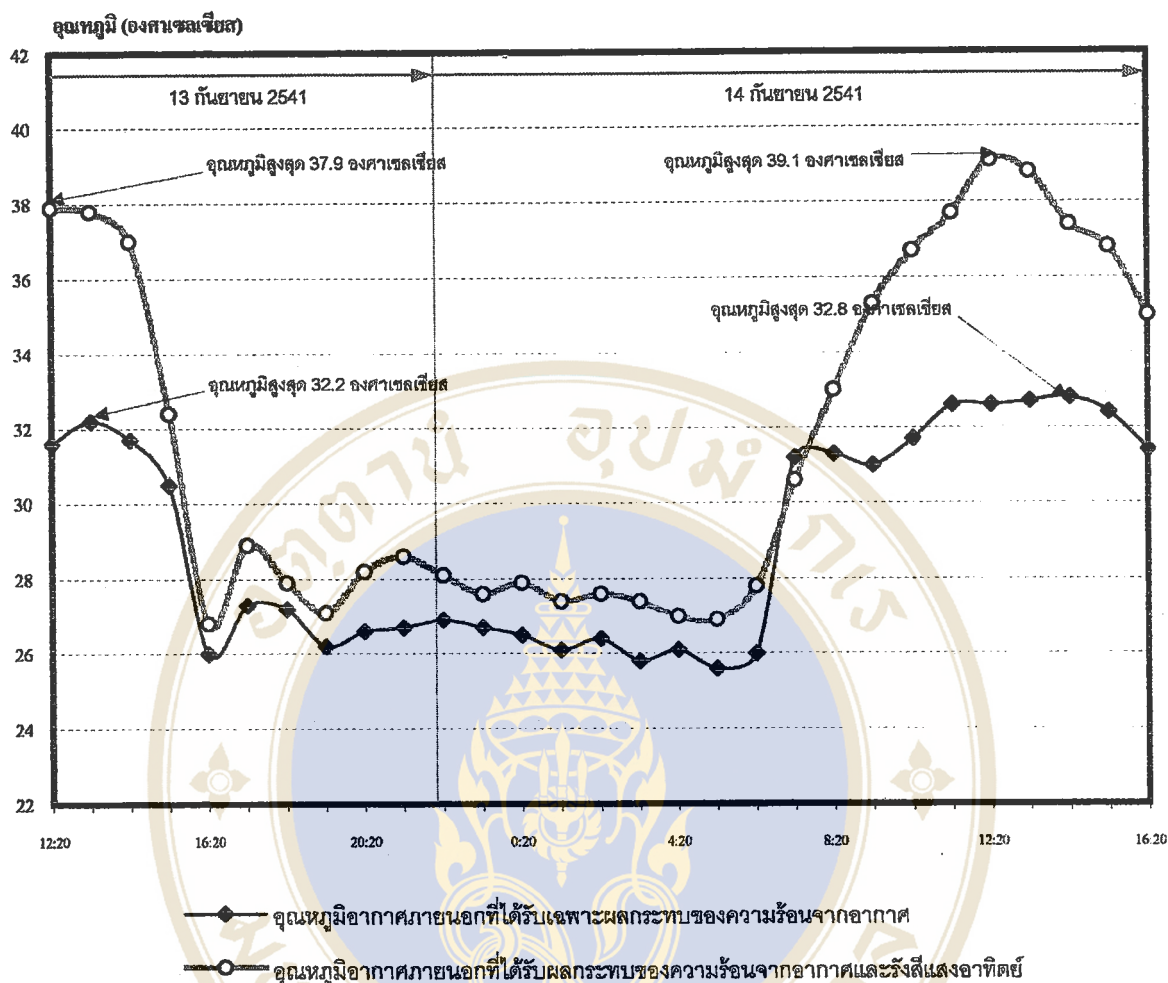
จากการทดสอบดังกล่าว จึงอาจสรุปได้ว่า หากวัสดุภายในอาคารได้รับความร้อนจากอากาศจะทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากเกิดการถ่ายเทความร้อนจากอากาศให้กับวัสดุ ยิ่งไปกว่านั้นหากวัสดุอยู่ในบริเวณที่ได้รับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์จะทำให้อุณหภูมิของวัสดุมีค่าสูงขึ้นอีก ซึ่งหมายถึงภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากอุณหภูมิของวัสดุที่ได้รับความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของวัสดุที่ได้รับความร้อนจากอากาศเพียงอย่างเดียวถึงประมาณ 2-6 องศาเซลเซียส



แผนภูมิที่ 4-44 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศที่ได้รับผลกระทบของความร้อนจากอากาศเท่านั้น



แผนภูมิที่ 4-45 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศที่ได้รับผลกระทบของ Diffuse Radiation และ Reflected Radiation



แผนภูมิที่ 4-46 แสดงอุณหภูมิของอากาศที่ได้รับผลกระทบของความร้อนจากอากาศเพียงอย่างเดียวเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศที่ได้รับผลกระทบของความร้อนจากอากาศและรังสี แสงอาทิตย์ (Solar Radiation)

4.6 การประยุกต์ใช้ผลการวิจัย

จากตารางที่ 4-4 และ 4-5 จะเห็นว่าวัสดุที่มีภาระการทำความเย็นสูง เช่น อิฐก่อฉาบปูน วัสดุจำพวกกระดาษ และวัสดุจำพวกไม้ เครื่องปรับอากาศก็จะต้องใช้ระยะเวลายาวนานมากขึ้นในการรีดเอาภาระการทำความเย็นเหล่านั้นออกจากวัสดุ เพื่อสามารถปรับอากาศให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมได้ และระยะเวลาที่ใช้ในการรีดความชื้นของวัสดุจะมากกว่าระยะเวลาในการรีดความร้อน

ตารางที่ 4-4 แสดงภาระการทำความเย็นรวมของวัสดุทดสอบเรียงตามลำดับจากสูงสุดไปหาต่ำสุด

ลำดับ	วัสดุทดสอบ	ภาระการทำความเย็นรวม Btu/m^2 (MJ/m^2)
1	อิฐก่อฉาบปูน	392 (0.41)*
2	กระดาษสมุดโทรศัพท์	339 (0.36)
3	กระดาษ 80 แกรม	332 (0.35)
4	ไม้เนื้อแข็ง	328 (0.35)
5	ไม้เนื้ออ่อน	324 (0.34)
6	ยิปซัม	151 (0.16)
7	กระเบื้องแกรนิต	116 (0.12)
8	กระเบื้องเซรามิก	86 (0.09)
9	แผ่นเหล็ก	73 (0.08)
10	พรมอะคริลิก	58 (0.06)

หมายเหตุ: * ใช้ในการประเมินภาระการทำความเย็นของอิฐก่อฉาบปูนคร่าวๆ เท่านั้น

ตารางที่ 4-5 แสดงระยะเวลาโดยประมาณในการรีดความร้อนและความชื้นออกจากวัสดุทั้งหมด

No	วัสดุ	ระยะเวลาในการรีดความร้อน	ระยะเวลาในการรีดความชื้น
1	แกรนิต	2 ชั่วโมง	1-2 ชั่วโมง
2	เซรามิก	1-2 ชั่วโมง	1-2 ชั่วโมง
3	ไม้เนื้อแข็ง	4-5 ชั่วโมง	มากกว่า 8 ชั่วโมง
4	ไม้เนื้ออ่อน	2-3 ชั่วโมง	มากกว่า 8 ชั่วโมง
5	ยิปซัม	1-2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
6	พรมขนสัตว์	~1/2 ชั่วโมง	4-5 ชั่วโมง
7	กระดาสมุดโทรศัพท์	4 ชั่วโมง	มากกว่า 8 ชั่วโมง
8	กระดาส 80 แกรม	1-2 ชั่วโมง	มากกว่า 8 ชั่วโมง
9	เหล็ก	น้อยกว่า 1 ชั่วโมง	-
10	อิฐก่อฉาบปูน	4-5 ชั่วโมง	มากกว่า 8 ชั่วโมง

ที่มา: จากการทดสอบ

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4-4 และ 4-5 สามารถประยุกต์ใช้ผลการทดสอบในการเลือกใช้วัสดุภายในอาคารที่มีการปรับอากาศได้ดังนี้

วัสดุทดสอบที่มีภาระการทำความเย็นรวมสูงสุดได้แก่ อิฐก่อฉาบปูน 4 นิ้ว โดยมีค่าสูงถึงประมาณ 392 บีทียูต่อตารางเมตร รองลงมาได้แก่ วัสดุจำพวกกระดาส และวัสดุจำพวกไม้ มีค่าภาระการทำความเย็นรวมประมาณ 300 บีทียูต่อตารางเมตร วัสดุทั้ง 5 ชนิดดังกล่าวมีภาระการทำความเย็นสูงทั้ง 2 ส่วน หากจำเป็นต้องใช้วัสดุเหล่านี้ภายในห้องปรับอากาศจึงควรมีการหาหรือเคลื่อนผิวด้วยวัสดุอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติกันความร้อนและความชื้นที่ดี เพื่อให้การดูดซับความร้อนและความชื้นต่ำ ก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นน้อยที่สุด

ส่วนวัสดุที่มีภาระการทำความเย็นรวมรองลงมาอีก ได้แก่ ยิปซัม ซึ่งมีภาระการทำความเย็นทั้ง 2 ส่วนพอๆ กัน เช่นเดียวกับการใช้งานวัสดุ 5 ชนิดแรก หากต้องใช้ยิปซัมภายในห้องปรับอากาศ ควรมีการปิดหรือเคลื่อนผิวด้วยวัสดุอื่นที่มีการกันความร้อนและความชื้น หรืออาจเลือกใช้ยิปซัมที่มีคุณสมบัติการกันความชื้น ซึ่งปัจจุบันมีการผลิตออกมาจำหน่ายในท้องตลาดแล้ว

กระเบื้องแกรนิตและกระเบื้องเซรามิก มีภาระการทำความเย็นรวมประมาณ 116 และ 85 บีทียูต่อตารางเมตร ตามลำดับ วัสดุ 2 ชนิดนี้มีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อน

สูง แต่มีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การใช้งานภายในห้องปรับอากาศจึงควรใช้ในบริเวณที่ห่างจากที่ที่มีความร้อนสูง เช่น บริเวณใกล้กับประตู หน้าต่าง หรือเครื่องมือเครื่องใช้ที่ก่อให้เกิดความร้อนต่างๆ เป็นต้น

วัสดุหลักมีภาระการทำความเย็นรวมประมาณ 73 บีทียูต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เนื่องจากเหล็กไม่มีการดูดซับความร้อน การใช้งานเหล็กภายในห้องปรับอากาศต้องหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีความร้อนสูงเช่นเดียวกับการใช้งานแกรนิตและเซรามิก

แกรนิต เซรามิก และเหล็ก เป็นวัสดุที่มีการนำความร้อนและความเย็นที่ดี การใช้งานจึงต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของส่วนที่วัสดุสัมผัส หรือบริเวณใกล้เคียง

วัสดุที่มีภาระการทำความเย็นรวมต่ำสุดได้แก่ พรมอะคริลิก ซึ่งมีภาระการทำความเย็นทั้ง 2 ส่วนค่อนข้างต่ำ แต่จากผลการทดสอบนี้ยังไม่สามารถบอกได้ว่าวัสดุพรมเหมาะสมสำหรับห้องปรับอากาศ เนื่องจากแม้ว่าพรมจะเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อย ก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนต่ำ แต่จากการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุพรมพบว่า พรมต่างชนิดกันมีค่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุพรมภายในห้องปรับอากาศจึงต้องพิจารณาภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนร่วมด้วย

พรมขนแกะและพรม Axminster มีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนสูงถึงประมาณ 225 และ 191 บีทียูต่อตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอื่นๆ แล้ว พบว่าภาระการทำความเย็นเพียงส่วนเดียวของพรม 2 ชนิดนี้มีค่าสูงกว่าภาระการทำความเย็นรวมของ ยิปซัม กระเบื้องแกรนิต กระเบื้องเซรามิก และเหล็กเสียอีก ดังนั้นพรมที่ทอจากขนสัตว์ หรือขนสัตว์ผสมกับเส้นใยสังเคราะห์ (Axminster) จึงไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งานภายในห้องปรับอากาศ หรือหากมีความจำเป็นต้องใช้งานก็ควรเลือกพรมขนสัตว์ผสมเส้นใยสังเคราะห์ (Axminster) ที่มีส่วนผสมของเส้นใยสังเคราะห์มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยสังเคราะห์เป็นวัสดุจำพวกโพลีเมอร์ที่มีคุณสมบัติการดูดซับความร้อนค่อนข้างต่ำถึงต่ำมาก ดังนั้นจึงมีส่วนช่วยให้พรมเกิดการดูดซับความร้อนต่ำลง พรมอะคริลิก เป็นพรมที่ทอจากเส้นใยสังเคราะห์ชนิดหนึ่ง มีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนค่อนข้างต่ำ คือมีค่าประมาณ 11 บีทียูต่อตารางเมตร สามารถใช้งานในลักษณะเดียวกับพรมขนสัตว์และพรม Axminster ได้ แต่อาจมีข้อเสียเปรียบในด้านความสวยงาม และผิวสัมผัสที่ไม่อ่อนนุ่มเท่าพรมขนสัตว์และพรม Axminster พรม PES และ พรม Amoco PP เป็นพรมประเภทเส้นใยโพลีเมอร์สังเคราะห์เช่นเดียวกับพรม Acrylic มีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนเพียงประมาณ 5 บีทียูต่อตารางเมตรเท่านั้น ซึ่งเหมาะสมสำหรับการใช้งานภายในห้องปรับอากาศ แต่พรม 2 ชนิดนี้ไม่อาจใช้งานลักษณะเดียวกับพรมทั้ง 3 ชนิดข้างต้นได้

เนื่องจากผิวสัมผัสของพรมมีความกระด้างกว่ามาก ดังนั้นการใช้งานพรม PES และพรม PP จึงนิยมใช้งานในบริเวณที่ไม่ต้องการความสวยงามและผิวสัมผัสที่อ่อนนุ่มมากนัก เช่น ใช้ปูลาดพื้นโต๊ะ ชั้นวางของ รองภาชนะ หรือใช้ปิดผิวที่ไม่ต้องการให้เกิดรอยขีดข่วน เป็นต้น

จากผลการวิจัยที่ได้ ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุบางชนิดซึ่งมีลักษณะเหมือนการใช้งานจริงจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุชนิดนั้นๆ ที่เกิดขึ้นภายในห้องปรับอากาศได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างการประเมินภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุบางชนิด เมื่อใช้งานภายในห้องปรับอากาศ

ห้องทำงานปรับอากาศขนาด 6x4 เมตร ความสูงจากพื้นถึงเพดาน 3 เมตร มีการใช้วัสดุภายในห้องปรับอากาศหลายชนิด อุณหภูมิในการปรับอากาศประมาณ 25-26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 45-50%

ตารางที่ 4-6 แสดงตัวอย่างการประเมินภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุบางชนิดภายในห้องปรับอากาศ

ลักษณะการใช้งาน	ชนิดวัสดุ	พื้นที่วัสดุ (ตารางเมตร)	ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้น (บีทียูต่อตารางเมตร)*	ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้น (บีทียู)
1. พื้น 1	กระเบื้องแกรนิต	12	116	1392
2. พื้น 2	พรมขนสัตว์	8	~ 272	2176
3. เพดาน	ยิปซัมปิดด้วยกระดาษ	20	150	3000
4. ผนัง	กระเบื้องเซรามิก	24	85	2040
5. ส่วนของเครื่องเรือน	เหล็กทาสี	1	73	73
6. เอกสารและหนังสือ	กระดาษ 50 แกรม	10	338	3380
	กระดาษ 80 แกรม	15	331	4965
ภาระการทำความเย็นรวมเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุ 6 ชนิด (บีทียู) ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ (ตัน/ชั่วโมง)				17,028 ~ 1.4

หมายเหตุ * เป็นค่าที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งมีสภาพอากาศภายนอกแบบหนึ่งเท่านั้น หากสภาพอากาศภายนอกเปลี่ยนแปลงไป ค่าอาจเปลี่ยนแปลง

จากตารางที่ 4-6 พบว่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุแม้จะเกิดขึ้นไม่มากนัก แต่หากมีพื้นที่การใช้งานเพิ่มขึ้นก็จะก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นได้มากขึ้น จากตารางข้างต้นจะเห็นว่า ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุเพียง 6 ชนิดมีค่าถึงประมาณ 17,000 บีทียู และต้องใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 1.4 ตัน/ชั่วโมงในการรีดเอาความร้อนและความชื้นส่วนนี้ออกจากวัสดุ หากมีการใช้งานวัสดุภายในห้องปรับอากาศชนิดอื่นๆ เพิ่มขึ้นอีก ภาระการทำความเย็นดังกล่าวก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย



บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย

5.1 การดูดซับความร้อนของวัสดุ

จากผลการวิจัยในบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.2 พบว่าวัสดุต่างชนิดกันจะมีพฤติกรรมการดูดซับและการคายความร้อนต่างกัน คุณสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุที่มีผลต่อการดูดซับความร้อนได้แก่ ความจุความร้อนจำเพาะ ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุจะแสดงถึงปริมาณความร้อนที่วัสดุต้องการในการทำให้อุณหภูมิมีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย ผลการทดสอบที่ได้สอดคล้องกับคุณสมบัติดังกล่าว โดยวัสดุที่มีความจุความร้อนจำเพาะต่ำ เช่น เหล็ก เซรามิก และแกรนิต จะมีการดูดซับและคายความร้อนเกิดขึ้นด้วยอัตราที่รวดเร็วและเข้าสู่สมดุลของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว สังเกตได้จากกราฟ (แผนภูมิที่ 4-6, 4-13 และ 4-14) ที่มีความชันมากในช่วงแรกของการดูดซับและคายความร้อน หลังจากนั้นอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มมีค่าคงที่เมื่อเวลาผ่านไปเพียงประมาณ 1 ชั่วโมง อุณหภูมิสูงสุดของวัสดุในกลุ่มนี้เมื่อเกิดการดูดซับความร้อนจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศภายนอกมาก เนื่องจากวัสดุมีการนำความร้อนที่ดี เมื่อสัมผัสกับอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ความร้อนจากอากาศจึงผ่านเข้าไปในเนื้อของวัสดุได้รวดเร็วโดยกระบวนการนำความร้อน ส่วนวัสดุที่มีความจุความร้อนจำเพาะต่ำกว่า เช่น วัสดุประเภทไม้และกระดาษจะมีการดูดซับและคายความร้อนเกิดขึ้นช้ากว่า สังเกตได้จากกราฟ (แผนภูมิที่ 4-7 ถึง 4-10) ที่มีความชันต่ำกว่ากราฟของวัสดุกลุ่มแรก และวัสดุกลุ่มนี้จะใช้เวลาในการเข้าสู่สมดุลของอุณหภูมินานกว่าวัสดุในกลุ่มแรก

จากแผนภูมิที่ 4-15 ถึง 4-24 ซึ่งแสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของวัสดุพบว่า อัตราการดูดซับและการคายความร้อนของวัสดุจะเกิดขึ้นสูงสุดในช่วง 15-30 นาทีแรกของการดูดซับและการคายความร้อน ทั้งนี้เนื่องจากผลต่างของอุณหภูมิมีค่าสูงสุด เมื่อเวลาผ่านไป ผลต่างของอุณหภูมิจะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากกระบวนการถ่ายเทความร้อน ดังนั้นอัตราการดูดซับและการคายความร้อนในช่วงเวลาถัดมาจึงมีค่าต่ำลง จนกระทั่งเมื่อถึงสมดุลของอุณหภูมิ ผลต่างของอุณหภูมিরะหว่างวัสดุกับอากาศเท่ากับศูนย์ อัตราการดูดซับและการคายความร้อนก็จะมีความเท่ากับศูนย์ด้วย เนื่องจากไม่มีกระบวนการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นอีก จากผลการทดสอบพบว่า

อัตราการดูดซับและคายความร้อนของวัสดุมีความสอดคล้องกับค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ กล่าวคือวัสดุที่มีความจุความร้อนสูงจะมีการดูดซับและคายความร้อนด้วยอัตราที่ช้ากว่าวัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำกว่า

ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนของวัสดุจะมีค่าเท่ากับปริมาณความร้อนที่วัสดุดูดซับเอาไว้ ปริมาณความร้อนดังกล่าวจะขึ้นกับมวลสาร ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ และผลต่างของอุณหภูมิของวัสดุเมื่ออยู่ภายนอกและภายในห้องปรับอากาศ จากการทดสอบพบว่า ผลการทดสอบมีความสอดคล้องกับทฤษฎี กล่าวคือวัสดุที่มีมวลสารมากจะก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนสูงกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยกว่า เมื่อผลต่างของอุณหภูมิมิค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุมีผลต่อปริมาณความร้อนที่วัสดุดูดซับเอาไว้ไม่มาก เนื่องจากความจุความร้อนจำเพาะมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับมวลสารของวัสดุ

5.2 การดูดซับความชื้นของวัสดุ

จากผลการวิจัยในบทที่ 4 หัวข้อ 4.3 พบว่าวัสดุต่างชนิดกันจะมีพฤติกรรมการดูดซับความชื้นแตกต่างกัน ความชื้นที่วัสดุดูดซับเอาไว้จะสังเกตได้จากน้ำหนักของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อวางวัสดุไว้ภายนอกห้องปรับอากาศ วัสดุจะมีการดูดซับความชื้นจากอากาศเอาไว้ในรูปของน้ำ วัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ มีช่องว่างแทรกอยู่ในเนื้อวัสดุมากจะดูดซับความชื้นและคายความชื้นได้รวดเร็วและปริมาณมากกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงกว่า เนื่องจากน้ำหรือความชื้นในอากาศสามารถแทรกเข้าไปตามช่องว่างเหล่านี้ได้ ส่วนวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง เนื้อของวัสดุจะอยู่ชิดกันมาก ทำให้มีช่องว่างแทรกอยู่ภายในเนื้อวัสดุน้อย ดังนั้นความชื้นจากอากาศก็สามารถแทรกเข้าไปได้น้อยด้วย

จากแผนภูมิที่ 4-26 ถึง 4-34 พบว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงมาก เช่น เหล็ก แกรนิต และเซรามิกมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยมากเมื่อทดสอบการดูดซับความชื้น แสดงถึงปริมาณความชื้นที่ถูกดูดซับมีน้อยมาก โดยเฉพาะวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดสำหรับการทดสอบครั้งนี้คือ เหล็ก ซึ่งมีค่าสูงถึงประมาณ 24,000 ปอนด์ต่อตารางเมตร จากผลการทดสอบพบว่าเหล็กไม่มีการดูดซับความชื้นจากอากาศเลย ส่วนวัสดุที่มีความหนาแน่นรองลงมา เช่น วัสดุประเภทไม้, กระดาษ และยิปซัมจะมีการดูดซับและคายความร้อนได้รวดเร็วและมีปริมาณสูงกว่าวัสดุในกลุ่มแรก

อัตราการดูดซับและการคายความชื้นของวัสดุทุกชนิดมีค่าสูงสุดในช่วง 15 นาทีแรกของ

กระบวนการดูดซับและการคายความชื้น (ซึ่งนำหนักของวัสดุทุกๆ 15 นาที) ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงแรกของกระบวนการดูดซับความชื้น ภายในเนื้อของวัสดุยังมีช่องว่างเหลืออยู่มาก เมื่อนำวัสดุมาวางภายนอกห้องปรับอากาศ ความชื้นในอากาศจึงสามารถแทรกเข้าไปในเนื้อของวัสดุได้มาก เมื่อเวลาผ่านไปช่องว่างภายในเนื้อของวัสดุบางส่วนถูกแทนที่โดยโมเลกุลของน้ำ ทำให้มีช่องว่างเหลืออยู่ในเนื้อวัสดุน้อยลง นอกจากนั้นความแตกต่างระหว่างความชื้นภายในเนื้อวัสดุกับความชื้นในอากาศก็มีค่าต่ำลง ดังนั้นความชื้นที่ถูกดูดซับโดยวัสดุจึงลดลงเรื่อยๆ ในที่สุดเมื่อวัสดุเกิดการดูดซับความชื้นจนกระทั่งอิ่มตัวแล้ว กระบวนการดูดซับความชื้นจะหยุดและน้ำหนักของวัสดุก็เริ่มมีค่าคงที่ โดยจะมีน้ำหนักสูงกว่าเมื่อเริ่มต้นการทดสอบ สำหรับในกระบวนการคายความชื้น อัตราการคายความชื้นในช่วง 15 นาทีแรกที่นำวัสดุเข้ามาภายในห้องปรับอากาศมีค่าสูงสุด เนื่องจากปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าสูงกว่าปริมาณความชื้นที่ต้องการสำหรับการปรับอากาศมาก อัตราการคายความชื้นจึงเกิดได้อย่างรวดเร็วและมีปริมาณมาก หลังจากเวลาผ่านไป ความชื้นถูกรีดออกจากวัสดุโดยการทำให้กลายเป็นไอจนความชื้นในวัสดุต่ำลง ความแตกต่างระหว่างความชื้นในวัสดุกับความชื้นในอากาศมีค่าต่ำลง อัตราการคายความชื้นจึงลดต่ำลงเรื่อยๆ เช่นเดียวกัน

ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นมีค่าเท่ากับพลังงานที่ใช้ในการทำให้ น้ำที่แทรกอยู่ภายในเนื้อวัสดุระเหยกลายเป็นไอจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับอุณหภูมิในการปรับอากาศ ดังนั้นภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นจึงขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำหรือความชื้นที่ถูกดูดซับโดยวัสดุ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับความชื้นของวัสดุได้แก่ ความหนาแน่นของวัสดุ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

5.3 ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้น

จากผลการทดสอบในบทที่ 4 พบว่าวัสดุต่างชนิดกันมีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจแบ่งกลุ่มของวัสดุทดสอบได้ดังนี้

- 1) วัสดุที่มีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนสูง แต่มีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นต่ำ จากการทดสอบได้แก่ กระเบื้องแกรนิต และกระเบื้องเซรามิก
- 2) วัสดุที่มีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นสูง แต่มีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนต่ำ จากการทดสอบได้แก่ วัสดุประเภทไม้ วัสดุประเภทกระดาษ
- 3) วัสดุที่มีภาระการทำความเย็นทั้ง 2 ส่วนใกล้เคียงกัน แต่มีค่าไม่สูงมากนัก จากการทดสอบได้แก่ ยิปซัม
- 4) วัสดุที่มีภาระการทำความเย็นสูงทั้ง 2 ส่วน จากการทดสอบได้แก่ อิฐก่อฉาบปูน

- 5) วัสดุที่มีเฉพาะภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อน จากการทดสอบได้แก่ เหล็ก
 6) วัสดุที่มีภาระการทำความเย็นทั้ง 2 ส่วนค่อนข้างต่ำ ได้แก่ พรอมอะคริลิก

รายละเอียดของภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุชนิดต่างๆ จากการทดสอบ มีดังนี้

ตารางที่ 5-1 แสดงภาระการทำความเย็นของวัสดุชนิดต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบ

วัสดุ	ภาระการทำความเย็นเนื่อง จากการดูดซับความร้อน Btu/m ² (MJ/m ²)	ภาระการทำความเย็นเนื่อง จากการดูดซับความชื้น Btu/m ² (MJ/m ²)	ภาระการทำความเย็นรวม Btu/m ² (MJ/m ²)
แกรนิต	113 (0.12)	3 (0.003)	116 (0.12)
เซรามิก	79 (0.08)	7 (0.007)	86 (0.09)
ไม้เนื้อแข็ง	121 (0.13)	207 (0.22)	328 (0.35)
ไม้เนื้ออ่อน	81 (0.09)	243 (0.26)	324 (0.34)
อิปซัม	73 (0.08)	78 (0.08)	151 (0.16)
เหล็ก	73 (0.08)	-	73 (0.08)
พรอมอะคริลิก	47 (0.05)	11 (0.012)	58 (0.06)
พรอมขนแกะ	-	225 (0.245)*	-
พรอม Axminster	-	191 (0.208)*	-
พรอม Amoco PP	-	5 (0.005)*	-
พรอม PES	-	6 (0.005)*	-
กระดาษสมุด			
โทรศัพท์	63 (0.07)	276 (0.29)	339 (0.36)
กระดาษ 80 แกรม	78 (0.08)	254 (0.27)	332 (0.35)
อิฐก่อฉาบปูน	176 (0.19)	216 (0.23)**	392 (0.41)

หมายเหตุ:*ทำการทดสอบการดูดซับความชื้นของพรอม 4 ชนิดเพิ่มเติมภายหลัง โดยไม่ได้ทำการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุในคราวเดียวกับวัสดุอื่นๆ ดังนั้นจึงไม่มีการคำนวณภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อน การพิจารณาภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนของพรอมอาจใช้วิธีการประเมินจากมวลสารของพรอม

**ค่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นของอิฐก่อฉาบปูนเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบโดยใช้ปูนฉาบซึ่งเป็นวัสดุปิดผิว (Covering) ของอิฐก่อฉาบปูนและอิฐดินเผาแยกส่วนกัน เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องชั่งที่ใช้ในการทดสอบ จากนั้นทำการประเมินค่าการดูดซับความชื้นโดยการเทียบจาก

ปริมาตรที่ใช้งานจริง อิฐก่อฉาบปูนที่ใช้งานจริงภายในห้องปรับอากาศจะมีพื้นที่มาก การทดสอบมิได้ใช้วัสดุที่มีลักษณะเหมือนจริงและมีขนาดเล็กกว่าวัสดุจริงมาก ดังนั้นค่าที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ สำหรับการประเมินการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นของอิฐก่อฉาบปูนจึงใช้ในการประเมินแนวโน้มการทำความเย็นของอิฐก่อฉาบปูนแบบคร่าวๆ ได้เท่านั้น

เนื่องจากการทำความเย็นของวัสดุประกอบด้วยการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นดังที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุภายในห้องปรับอากาศจึงต้องพิจารณาการทำความเย็นทั้ง 2 ส่วนร่วมกัน

จากผลการวิจัย พบว่าวัสดุที่มีการทำความเย็นรวมสูงจะเป็นวัสดุที่มีการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นสูงด้วย ดังนั้นการเลือกวัสดุเพื่อใช้ภายในห้องปรับอากาศจึงควรพิจารณาคุณสมบัติด้านการดูดซับความชื้นเป็นอันดับแรก ทั้งนี้คุณสมบัติด้านการดูดซับความร้อนของวัสดุก็มีอาจละเลยได้ แม้ว่ากระบวนการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนของวัสดุส่วนใหญ่จะมีค่าต่ำกว่าการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นมาก แต่หากวัสดุมีพื้นที่เพิ่มขึ้น การทำความเย็นในส่วนนี้ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย วัสดุที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานภายในห้องปรับอากาศควรมีการทำความเย็นทั้ง 2 ส่วนต่ำ เพื่อให้ผลรวมของการทำความเย็นมีค่าต่ำ

5.4 อิทธิพลของรังสีแสงอาทิตย์ต่ออุณหภูมิของอากาศ

จากผลการวิจัยในบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.4 พบว่ารังสีแสงอาทิตย์มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของอากาศ กล่าวคืออุณหภูมิของอากาศบริเวณที่ได้รับอิทธิพลของรังสีแสงอาทิตย์จะสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศในบริเวณที่มีการป้องกันรังสีแสงอาทิตย์ (ได้รับอิทธิพลของความร้อนจากอากาศเท่านั้น) อย่างชัดเจน

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในหัวข้อ 2.5.1 จะพบว่าพลังงานความร้อนของรังสีแสงอาทิตย์ลักษณะต่างๆ จะมีค่าแตกต่างกันออกไป ซึ่งพลังงานความร้อนดังกล่าวนี้เองที่เป็นตัวการทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยรังสีแสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับอากาศโดยวิธีการแผ่รังสี

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยผลกระทบของการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุภายในอาคาร ต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุภายในอาคารมีผลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ แต่ผลกระทบดังกล่าวจะแตกต่างกันออกไปตามคุณสมบัติของวัสดุ เมื่อได้ทำการศึกษาวิจัยแล้วพอจะสรุปได้ดังนี้

1) ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับความร้อนของวัสดุ ได้แก่ ความจุความร้อน มวลสาร และผลต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกกับภายในอาคาร ปัจจัยที่สามารถใช้ในการเลือกวัสดุที่มีการดูดซับความร้อนต่ำ เหมาะสมกับการใช้ภายในห้องปรับอากาศได้แก่ ปัจจัยทางด้าน “มวลสารของวัสดุ” โดยวัสดุที่มีมวลสารมากจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงมากเมื่อวางไว้ในภายนอกห้องปรับอากาศ การดูดซับความร้อนเกิดขึ้นปริมาณมาก และก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นสูงกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยกว่า การเลือกใช้วัสดุภายในอาคารจึงควรเลือกวัสดุที่มีมวลสารน้อย หรือมีน้ำหนักเบา

2) ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับความชื้นของวัสดุ ได้แก่ “ความหนาแน่นของวัสดุ” โดยที่วัสดุที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากเมื่อวางไว้ในภายนอกห้องปรับอากาศ ก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นสูงกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นมากกว่า แต่ความหนาแน่นของวัสดุจะแสดงถึงมวลสารของวัสดุด้วย หากวัสดุมีความหนาแน่นมากเกินไป จะทำให้มวลสารของวัสดุมากด้วย การเลือกใช้วัสดุภายในอาคารจึงควรเลือกวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงพอควร ซึ่งสังเกตได้จากเนื้อของวัสดุจะมีความแน่น มีรูพรุนแทรกอยู่ในเนื้อของวัสดุน้อย และเพื่อเป็นการลดมวลสารของวัสดุ จึงควรเลือกใช้วัสดุที่มีความหนาไม่มากนัก

จากการวิจัยครั้งนี้ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าวัสดุใดมีความเหมาะสม และก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่ำสุด เนื่องจากลักษณะการใช้งานวัสดุแต่ละชนิดมีหลายรูปแบบ เช่น อาจมีการทาสี ทาแล็กเกอร์ พ่นหรือเคลือบด้วยวัสดุเคลือบผิว ปิดด้วยกระดาษ (Wallpaper) หรือพลาสติก เป็นต้น อันจะทำให้คุณสมบัติของวัสดุเปลี่ยนแปลงไป แต่จากผลการวิจัยทำให้ทราบแนวโน้มการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุทดสอบ ซึ่งเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุและปรับปรุงลักษณะการใช้งานของวัสดุให้มีความเหมาะสมได้

3) วัสดุต่างชนิดกันมีภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนและความชื้นในสัดส่วนที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามอาจกล่าวได้ว่าการดูดซับความชื้นของวัสดุมีผลต่อภาระการทำความเย็นมากกว่าการดูดซับความร้อน ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นทั้ง 2 ส่วนพบว่า ภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นมีค่าสูงกว่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนมาก การเลือกใช้วัสดุสำหรับภายในอาคารที่มีการปรับอากาศจึงควรคำนึงถึงคุณสมบัติด้านการกันความชื้นของวัสดุเป็นอันดับแรก

4) การดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุจะเกิดขึ้นสูงสุดในช่วงแรกของกระบวนการ ดังนั้นการปิดเครื่องปรับอากาศ และ/หรือเปิดประตู หน้าต่าง แม้ระยะเวลาสั้นๆ เพียง 15-30 นาที ก็จะทำให้เกิดภาระการทำความเย็นได้มากกว่า 50% ของภาระการทำความเย็นสูงสุดของวัสดุนั้นๆ เพราะฉะนั้นสำหรับอาคารที่ใช้วัสดุที่มีการดูดซับความร้อนและความชื้นสูง การปิดเครื่องปรับอากาศและปล่อยให้เกิดการถ่ายเทอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องปรับอากาศแม้เพียงระยะเวลาสั้นๆ จะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ในแง่ของการประหยัดพลังงาน

5) รังสีแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) มีผลต่ออุณหภูมิของอากาศ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อดูดซับความร้อนของวัสดุด้วย วัสดุนิดเดียวกัน มีมวลสารและความจุความร้อนจำเพาะเท่ากัน หากได้รับความร้อนจากอากาศและความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์จะดูดซับความร้อนปริมาณสูงกว่าวัสดุที่ได้รับเฉพาะความร้อนจากอากาศ เนื่องจากมวลสารและความจุความร้อนของวัสดุมีค่าเท่ากัน ดังนั้นตัวแปรที่จะทำให้ปริมาณความร้อนที่ถูกดูดซับโดยวัสดุแตกต่างกันก็คือ ผลต่างของอุณหภูมิของวัสดุเท่านั้น ซึ่งจากการวิจัยพบว่า อุณหภูมิของวัสดุในการทดสอบ 2 สภาวะดังกล่าวมีค่าแตกต่างกันประมาณ 2-6 องศาเซลเซียส

6) การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ จะมีค่าสูงสุดในช่วงแรกของการเปิดเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากต้องนำเอาภาระในการทำความเย็นออกจากห้องปรับอากาศ แต่หลังจากภาระในการทำความเย็นถูกนำออกจากห้องปรับอากาศหมดแล้ว เครื่องปรับอากาศจะใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยในการทำความเย็นให้กับอากาศ ดังนั้นหากสามารถควบคุมให้ภาระการทำความเย็นเกิดขึ้นน้อยที่สุด การใช้พลังงานในการปรับอากาศก็จะมีค่าต่ำมาก

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการใช้งาน

จากผลการวิจัยผลกระทบของการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุภายในอาคารต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ อาจสามารถนำมาสรุปเป็นข้อเสนอแนะในการเลือกใช้วัสดุภายในห้องปรับอากาศและการใช้งานเครื่องปรับอากาศได้ดังนี้

6.2.1.1 วัสดุที่ใช้ภายในห้องปรับอากาศควรเป็นวัสดุที่บางและเบา เพื่อให้มีการดูดซับความร้อนและความชื้นต่ำ

6.2.1.2 หากมีความจำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีการดูดซับความร้อนและความชื้นสูงเพื่อประโยชน์ในด้านความแข็งแรง คงทน หรือความสวยงาม จะต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติหรือวิธีการใช้งานวัสดุ เช่น

- เคลือบผิวทุกๆ ด้านของวัสดุด้วยวัสดุอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติในการกันความร้อนและความชื้น
- หลีกเลี่ยงการใช้งานวัสดุในบริเวณที่ต้องสัมผัสกับความร้อนและความชื้นสูง
- เลือกใช้วัสดุที่มีการผสมด้วยวัสดุอื่นๆ ที่มีการดูดซับความร้อนและความชื้นต่ำกว่า เช่น เลือกใช้พรมที่ทอจากขนสัตว์ผสมไนลอนแทนพรมขนสัตว์ 100%

ฯลฯ

6.2.1.3 ห้องปรับอากาศควรมีการป้องกันความร้อนและความชื้นจากภายนอกห้องเป็นอย่างดี โดยเฉพาะความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าจะทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นมาก

6.2.1.4 ไม่ควรปิดเครื่องปรับอากาศไว้ระยะเวลาหนึ่งแล้วเปิดใช้งานใหม่อีกครั้ง เช่น การปิดเครื่องปรับอากาศในตอนพักกลางวันแล้วเปิดใช้งานใหม่อีกครั้งในตอนบ่าย เป็นต้น เนื่องจากภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นมีค่าสูงและเกิดผลในแง่ของการประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะถ้ามีการเปิดประตู-หน้าต่างให้อากาศถ่ายเท ซึ่งจะยังเป็นการเพิ่มภาระความร้อนและความชื้นให้กับเครื่องปรับอากาศ

6.2.1.5 หากสามารถรักษาระดับความร้อนและความชื้นภายในห้องให้คงที่และมีค่าน้อยที่สุดได้ การเปิดเครื่องปรับอากาศติดต่อกันตลอดเวลาจะไม่ก่อให้เกิดความสิ้นเปลือง เนื่องจากเครื่องปรับอากาศจะใช้พลังงานสูงเฉพาะตอนที่เริ่มเปิดเครื่อง เพราะต้องรีดเอาภาระการทำความเย็นออกจากห้อง หลังจากนั้นเครื่องปรับอากาศจะใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยในการรักษาระดับอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมภายในห้องปรับอากาศ

6.2.1.6 หากมีความจำเป็นต้องปิดเครื่องปรับอากาศ ควรปิดห้องปรับอากาศไว้เพื่อรักษาความเย็นภายในห้อง ทั้งนี้เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศใหม่อีกครั้ง เครื่องปรับอากาศจะใช้พลังงานน้อยลงในการปรับค่าอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม

6.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้วิจัย

จากการศึกษาวิจัย “ผลกระทบของการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุต่อการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ” มีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะทำการศึกษาวิจัยในเรื่องที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

6.2.2.1 เนื่องจากวัสดุที่ใช้ภายในห้องปรับอากาศมีมากมายหลายชนิด หากทำการทดสอบวัสดุหลายประเภทพร้อมๆ กันอาจทำให้ผลการศึกษาไม่ละเอียดพอ ดังนั้นอาจทำการวิจัยเพิ่มเติมโดยใช้ประเภทของวัสดุทดสอบน้อยลง ทั้งนี้เพื่อให้สามารถทดสอบวัสดุที่มีลักษณะการใช้งานต่างๆ กันอย่างละเอียด และได้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากที่สุด สามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้จัดลำดับความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุประเภทนั้นๆ ได้ทันที ตัวอย่างเช่น

- ทดสอบเฉพาะวัสดุประเภทไม้ ที่มีการใช้งานลักษณะต่างๆ เช่น ทาสี ไม่ทาสี เคลือบแลคเกอร์ ฯลฯ
- ทดสอบวัสดุอิฐก่อฉาบปูนที่ทาสี ไม่ทาสี ปิดด้วยกระดาษ ปิดด้วยผ้า เป็นต้น
- ทดสอบเฉพาะวัสดุประเภทพรม โดยแบ่งชนิดของพรมตามชนิดของวัสดุดิบ และลักษณะการนำมาใช้งาน

ฯลฯ

6.2.2.2 การวิจัยครั้งนี้ทำในช่วงฤดูฝน และกำหนดให้อุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศคงที่ที่ประมาณ 25-26 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 45-50% ซึ่งสภาพอากาศดังกล่าวมีเพียงรูปแบบเดียว ดังนั้นจึงอาจทำการทดสอบเพิ่มเติมในสภาพอากาศแบบอื่นๆ เช่น ทดสอบในฤดูร้อนซึ่งมีอุณหภูมิอากาศภายนอกห้องปรับอากาศสูง และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า

ในช่วงที่ทำการทดสอบครั้งนี้ และ/หรือปรับเปลี่ยนอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปรับอากาศให้สูงขึ้นหรือต่ำลง เป็นต้น

6.2.2.3 การทดสอบครั้งนี้กำหนดพฤติกรรมการใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงแบบเดียว คือ เมื่อปิดเครื่องปรับอากาศแล้วจะเปิดประตู-หน้าต่างเพื่อระบายอากาศ แต่การใช้งานเครื่องปรับอากาศมีหลายรูปแบบ ดังนั้นจึงอาจมีการทดสอบเพิ่มเติมโดยปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้งานเครื่องปรับอากาศให้แตกต่างออกไป เช่น เมื่อปิดเครื่องปรับอากาศจะไม่เปิดประตู-หน้าต่าง หรือ ปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกใช้งาน 1 ชั่วโมง เป็นต้น

6.2.2.4 การทดสอบการดูดซับความชื้นของวัสดุ ทำโดยการชั่งน้ำหนักของวัสดุเปรียบเทียบกับตลอดกระบวนการดูดซับและการคายความชื้น ซึ่งข้อจำกัดของการทดสอบได้แก่ จีดจำกัดของเครื่องชั่งที่สามารถชั่งน้ำหนักได้สูงสุดเพียง 430 กรัม ทำให้วัสดุที่นำมาทดสอบต้องมีขนาดเล็กมาก อาจทำให้การคำนวณเทียบเป็นพื้นที่ที่มากขึ้นเกิดข้อผิดพลาดได้ นอกจากนั้นในการชั่งน้ำหนักของวัสดุแต่ละครั้งจะต้องใช้เวลาประมาณ 20-30 วินาที เพื่อให้เครื่องชั่งแสดงค่าน้ำหนักที่ถูกต้องได้ ซึ่งหากวัสดุที่ทดสอบมีมากขึ้น ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการชั่งน้ำหนักวัสดุแต่ละรอบก็จะมากขึ้น ทำให้น้ำหนักของวัสดุแต่ละชั้นที่ได้จะไม่เป็นค่าน้ำหนักที่เวลาเดียวกัน ดังนั้นหากสามารถใช้เครื่องมือวัดความชื้นของวัสดุแบบอื่นที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า ผลการทดสอบจะมีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- 1 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. โครงการประชาร่วมใจประหยัดไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2539.
- 2 อำนวย แก้วกล้า, ผู้ให้สัมภาษณ์. หัวหน้าแผนกวิเคราะห์การใช้ไฟฟ้า กองวิเคราะห์การใช้
ไฟฟ้า ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่ง
ประเทศไทย, 2540.
- 3 สำนักงานการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า. ไฟฟ้าห่วย. พิมพ์ครั้งที่ 2 . 20,000 เล่ม.
กรุงเทพมหานคร: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2540.
- 4 กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. แนวทางการประหยัดพลังงานในบ้านอยู่อาศัย. พิมพ์ครั้งที่ 6.
10,000 เล่ม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2540.
- 5 กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. พิมพ์ครั้งที่ 3.
กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2538.
- 6 การไฟฟ้านครหลวง. หนังสือแนะนำ การใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย.
พิมพ์ครั้งที่ 2. 50,000 เล่ม. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่
การไฟฟ้านครหลวง, 2540.
- 7 สุนทร บุญญธิการ, รศ. ดร. การเลือกวัสดุเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน.
ใน: วารสารเทคโนโลยี 2538; 16: (ฉ.2): 17.
- 8 Katherine Panchyk. Solar Interiors. New York.: Van Nostrand Reinhold Company Inc.,
1984.
- 9 วรพงศ์ วรชาติอุดมพงศ์, ผศ. การออกแบบตกแต่ง. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร:
ศิลปาบรรณาการ, 2539.
- 10 โมะโตะกิ มัตสึโอะ. เทคนิคการประหยัดพลังงานภาคไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร:
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2527.
- 11 Burgess H. Jennings. The Thermal Environment Conditioning and Control. New York:
Harper & Row, Publishers, Inc., 1978.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 12 กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, ผู้จัดทำ. ระบบปรับอากาศ [แผ่นพับ]. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2540.
- 13 ไพบุลย์ หังสพฤกษ์ และเฮอิโซ ไชโต. การปรับอากาศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ดวงกมล, 2538.
- 14 กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2531.
- 15 คู่มือประหยัดไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2537.
- 16 R.J.S. Spence, D.J. Cook. *Building Materials in Developing Countries*. New York: John Wiley & Sons Ltd., 1983.
- 17 ประทีป มาลากุล, ม.ล. และคนอื่นๆ. งานวิจัย ลำดับที่ 7 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.
- 18 American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. *Handbook of Fundamentals*, 1997.
- 19 ธนิต ศิวะนิม, สมเกียรติ ธานานิต และเลิศวิทย์ โอวาสัทธี. มนุษย์กับวิทยาศาสตร์. นครปฐม: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์, 2535.
- 20 กรุง กุลชาติ. การจัดการพื้นที่ภายในอาคารเพื่อลดภาระการทำความเย็น: กรณีศึกษา อาคารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร-มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์]. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- 21 ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ฟิสิกส์ เล่ม1. พิมพ์ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 2. 3,000 เล่ม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.
- 22 Fuller Moore. *Environmental Control Systems: Heating Cooling Lighting*. Singapore: McGraw-Hill Book Co., 1993.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 23 มนตรี พิรุณเกษตร. คู่มืออุณหพลศาสตร์ ระดับ ปวส.. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2539.
- 24 กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ ที่ชัย พรินต์ จำกัด, 2539.



ภาคผนวก ก
 ความรู้เกี่ยวกับการวิจัย

ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของวัสดุ

Material Description	Specific Heat, J/(kg·K)	Density, kg/m ³	Thermal Conductivity, W/(m·K)	Emissivity	
				Ratio	Surface Condition
Aluminum (alloy 1100)	896	2 740	221	0.09	Commercial sheet
Aluminum bronze (76% Cu, 22% Zn, 2% Al)	400	8 280 ^u	100 ^u	0.20	Heavily oxidized
Asbestos: Fiber	1050 ^u	2 400 ^u	0.170 ^u	0.93 ^b	"Paper"
Insulation	80 ^u	580 ^b	0.16 ^b		
Ashes, wood	800 ^l	640 ^b	0.071 ^b (50)		
Asphalt	920 ^b	2 110 ^b	0.74 ^b		
Bakelite	1500 ^b	1 300 ^u	17 ^u	0.93*	
Bell metal	360 ^l (50)				
Bismuth tin	170*		65.0*		
Brick, building	800 ^b	1 970 ^u	0.7 ^b		
Brass: Red (85% Cu, 15% Zn)	400 ^u	8 780 ^u	150 ^u	0.030 ^b	Highly polished
Yellow (65% Cu, 35% Zn)	400 ^u	8 310 ^u	120 ^u	0.033 ^b	Highly polished
Bronze	435 ^l	8 490 ^l	29 ^d (0)	0.02 ^d	
Cadmium	230 ^a	8 650 ^l	92.9 ^b		
Carbon (gas retort)	710 ^a		0.35 ^b (−17)	0.81 ^a	
Cardboard			0.07 ^b	0.34*	About 120°C
Cellulose	1300 ^b	54 ^l	0.057 ^l		
Cement (Portland clinker)	670 ^b	1 920 ^l	0.029 ^l		
Chalk	900 ^l	2 290 ^l	0.83*		
Charcoal (wood)	840 ^l	240 ^a	0.05 ^u (200)		
Chrome brick	710 ^b	3 200 ^b	1.2 ^b		
Clay	920 ^b	1 000 ^l		0.072 ⁿ	commercial, shiny
Coal	1000 ^b	1 400 ^l	0.17 ^l (0)		
Coal tars	1500 ^b (40)	1 200 ^b	0.1 ^b		
Coke (petroleum, powdered)	1500 ^b (400)	990 ^b	0.95 ^b (400)		
Concrete (stone)	653 ^b (200)	2 300 ^b	0.93 ^b		
Copper (electrolytic)	390 ^u	8 910 ^u	393 ^u		
Cork (granulated)	2030 ^l	86 ^l	0.048 ^l (−5)		
Cotton (fiber)	1340 ^u	1 500 ^u	0.042 ^u		
Cryolite (AlF ₃ ·3NaF)	1060 ^b	2 900 ^b			
Diamond	616 ^b	2 420 ^l	47 ^l		
Earth (dry and packed)		1 500 ^l	0.064*	0.41*	
Felt		330 ^b	0.05 ^b	0.75 ^u	At 1000°C
Fireclay brick	829 ^b (100)	1 790 ^l	1 ^b (200)		
Fluorspar (CaF ₂)	880 ^b	3 190 ^v	1.1 ^v		
German silver (nickel silver)	400 ^u	8 730 ^u	33 ^u	0.135 ⁿ	Polished
Glass: Crown (soda-lime)	750 ^b	2 470 ^u	1.0 ^l (93)	0.94 ⁿ	Smooth
Flint (lead)	490 ^b	4 280 ^u	1.4 ^l	0.02 ⁿ	Highly polished
Heat-resistant	840 ^b	2 230 ^l	1.0 ^l (93)		
"Wool"	657 ^b	52.0 ^l	0.038 ^l		
Gold	131 ^u	19 350 ^u	297 ^l	0.75 ⁿ	On a smooth plate
Graphite: Powder	691*		0.183*		
Impervious	670 ^u	1 870 ^u	130 ^u	0.903 ^b	
Gypsum	1080 ^b	1 200 ^b	0.43 ^b		
Hemp (fiber)	1352.3 ^u	1 500 ^u			

ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของวัสดุ (ต่อ)

Material Description	Specific Heat, J/(kg·K)	Density, kg/m ³	Thermal Conductivity, W/(m·K)	Emissivity	
				Ratio	Surface Condition
Ice: 0°C	2040 ⁱ	921 ^b	2.24 ^b	0.95*	
-20°C	1950 ⁱ		2.44*		
Iron: Cast	500 ^v (100)	7 210 ⁱ	47.7 ^b (54)	0.435 ^b	Freshly turned
Wrought		7 700 ^b	60.4 ^b	0.94 ^b	Dull, oxidized
Lead	129 ^u	11 300 ^u	34.8 ^u	0.28 ^a	Gray, oxidized
Leather (sole)		1 000 ^b	0.16 ^b		
Limestone	909 ^b	1 650 ^b	0.93 ^b	0.36* to 0.90	At 63 to 193°C
Linen			0.09 ^b		
Litharge (lead monoxide)	230 ^b	7 850 ^b			
Magnesia: Powdered	980 ^b (100)	796 ^b	0.61 ^b (47)		
Light carbonate		210 ^b	0.059 ^b		
Magnesite brick	930 ^b (100)	2 530 ^b	3.8 ^b (204)		
Magnesium	1000 ^b	1 730 ^u	160 ^u	0.55 ⁿ	Oxidized
Marble	880 ^b	2 600 ^b	2.6 ^b	0.931 ^b	Light gray, polished
Nickel, polished	440 ^u	8 890 ^u	59.5 ^u	0.045 ⁿ	Electroplated
Paints: White lacquer				0.80 ⁿ	
White enamel				0.91 ⁿ	On rough plate
Black lacquer				0.80 ⁿ	
Black shellac		1 000 ^u	0.26 ^u	0.91 ⁿ	"Matte" finish
Flat black lacquer				0.96 ⁿ	
Aluminum lacquer				0.39 ⁿ	On rough plate
Paper	1300*	930 ^b	0.13 ^b	0.92 ^b	Pasted on tinned plate
Paraffin	1670 ^{bb}	749 ^{bb}	0.24 ^b (0)		
Plaster		2 110 ^b	0.74 ^b (75)	0.91 ^b	Rough
Platinum	130 ^u	21 470 ^u	69.0 ^u	0.054 ^b	Polished
Porcelain	750*	260 ^u	2.2 ^u	0.92 ^b	Glazed
Pyrites (copper)	549 ^b	4 200 ^b			
Pyrites (iron)	569 ^b (69)	4 970 ^v			
Rock Salt	917 ^u	2 180 ^u			
Rubber, vulcanized: Soft	2000*	1 100 ⁱ	0.1 ⁱ	0.86 ^b	Rough
Hard		1 190 ⁱ	0.16 ⁱ	0.95 ^b	Glossy
Sand	800 ^b	1 520 ^b	0.33 ^b		
Sawdust		190 ^b	0.05 ^b		
Silica	1320 ^b	2 240 ^v	1.4 ⁱ (93)		
Silver	235 ^u	10 500 ^u	424 ^u	0.02 ⁿ	Polished and at 227°C
Snow: Freshly fallen		100 ^v	0.598 ⁱ		
At 0°C		500 ⁱ	2.2 ⁱ		
Steel (mild)	500 ^b	7 830 ^b	45.3 ^b	0.12 ⁿ	Cleaned
Stone (quarried)	800 ^b	1 500 ⁱ			
Tar: Pitch	2500 ^v	1 100 ^u	0.88 ^v		
Bituminous		1 200 ⁱ	0.71 ^u		
Tin	233 ^u	7 290 ^u	64.9 ^u	0.06 ^b	Bright and at 50°C
Tungsten	130 ^u	19 400 ^u	201 ^u	0.032 ⁿ	Filament at 27°C
Wood: Hardwoods—	1900/2700 ^b	370/1 100 ^z	0.11/0.255 ^z		
Ash, white		690 ^z	0.172 ^z		
Elm, American		580 ^z	0.153 ^z		
Hickory		800 ^z			
Mahogany		550 ^u	0.13 ^u		
Maple, sugar		720 ^z	0.187 ^z		
Oak, white	2390 ^b	750 ^z	0.176 ^z	0.90 ⁿ	Planed
Walnut, black		630 ^z			
Softwoods—	See Table 4,	350/740 ^z	0.11/0.16 ^z		
Fir, white	Chapter 24	430 ^z	0.12 ^z		
Pine, white		430 ^z	0.11 ^z		
Spruce		420 ^z	0.11 ^z		
Wool: Fiber	1360 ^u	1 300 ^u			
Fabric		110/330 ^u	0.036/0.063 ^u		
Zinc: Cast	390 ^u	7 130 ^u	110 ^u	0.05 ⁿ	Polished
Hot-rolled	390 ^b	7 130 ^b	110 ^b		
Galvanizing				0.23 ⁿ	Fairly bright

*Data source unknown.

Notes: 1. Values are for room temperature unless otherwise noted in parentheses.

2. Superscript letters indicate data source from the section on References.

ที่มา: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Handbook of Fundamentals, 1997.

Copyright by Mahidol University

Thermal Conductivity and Other Properties of Miscellaneous Substances

Material	Specific Heat C_p (Btu per lb deg F)	Density at 68 F (lb per cu ft)	Conductivity k (Btu)(in.) [(hr)(sq ft)(deg F)]	Temperature Range (F)
Air, still.....	0.24		0.169-0.215	32-200
Aluminum.....	0.21	168.0	1404-1429	32-600
Ammonia				
Liquid.....	1.128	38.0	3.48	5-86
Vapor.....	0.52	0.67	0.144	32
Asbestos board with cement	0.20	123	2.7	85
Asbestos, wool.....	0.20	25.0	0.62	32
Bagasse.....	0.32	13.5	0.336	68
Benzol.....	0.34	55.5	1.18	68
Brass				
Red.....	0.090	536.0	715.0	32
Yellow.....	0.088	534.0	592.0	32
Brick				
Common.....	0.22	112.0	5.0	...
Face.....	0.22	125.0	9.2	...
Fire.....	0.20	115.0	6.96	392
Bronze.....	0.10	509.0	522.0	32
Cellulose, dry.....	0.37	94.0	1.66	59
Celotex.....	0.32	13.2	0.34	...
Cement mortar.....	0.19	118.0	12.0	...
Chalk.....	0.21	142.0	6.35	...
Cinders.....	0.18	40-45	1.1	...
Clay				
Dry.....	0.22	63.0	3.5-4.0	68-212
Wet.....	0.60	110.0	4.5-9.5	...
Concrete				
Cinder.....	0.18	97.0	4.9	75
Stone.....	0.19	140.0	12.0	75
Cork, granulated.....	0.42	8.1	0.31	90
Corkboard.....	0.42	8.3	0.28	60
Cornstalk, insulating board	0.32	15.0	0.33	71
Cotton.....	0.32	5.06	0.39	32
Foamglas.....	0.16-0.19	10.5	0.40	50
Gasoline.....	0.53	42.0	0.94	86
Glass wool.....	0.22	1.5	0.27	75
Glass				
Common thermometer...	0.20	164.0	5.5	68-212
Flint.....	0.12	247.0	5.1	50-122
Pyrex.....	0.20	140.0	7.56	...
Gold.....	0.031	1205.0	2028	64-212
Granite.....	0.20	159.0	15.4	...
Gypsum, solid.....	0.26	78.0	3.0	68
Hair felt.....	0.33	13.0	0.26	90
Ice.....	0.50	57.5*	15.6	32
Iron				
Cast.....	0.13	442.0	326.0	129-216
Wrought.....	0.11	485.0	417.0	64-212
Iron oxide.....	0.17	306-330	3.63	68
Lampblack.....		10.0	0.45	104
Lead.....	0.030	710.0	240.0	64-212
Leather, sole.....	0.36	54.0	1.10	86
Lime				
Mortar.....	0.22	106.0	2.42	...
Slaked.....	0.13	81.0-87.0		...
Limestone.....	0.22	132.0	10.8	75
Marble.....	0.21	162.0	20.6	32-212
Mineral wool				
Board.....	0.25	15.0	0.33	75
Fill-type.....	0.20	9.4	0.27	103

Thermal Conductivity and Other Properties of Miscellaneous Substances (continued)

Material	Specific Heat C_p , (Btu per lb deg F)	Density at 68 F (lb per cu ft)	Conductivity k (Btu)(in.) [(hr)(sq ft)(deg F)]	Temperature Range (F)
Nickel.....	0.10	537.0	406.5	64-212
Paper.....	0.32	58.0	0.90	...
Paraffin.....	0.69	55.6	1.68	32-68
Plaster				
Cement and sand.....	0.20	73.8	5.00	68
Gypsum.....	0.20	46.2	5.60	73
Redwood bark.....		5.0	0.26	75
Rock wool.....	0.20	10.0	0.27	90
Rubber				
Hard.....	0.40	74.3	11.0	100
India.....	0.48	59.0	1.302	68-212
Sand, dry.....	0.19	94.6	2.28	68
Sandstone.....	0.22	143.0	12.6	68
Silver.....	0.056	656.0	2905.0	64-212
Soil				
Crushed quartz (4% moisture).....	[0.16-0.19	100 (dry)	11.5	40
Crushed quartz (4% moisture).....	dry	110 (dry)	16.0	40
Fairbanks sand	reaching			
Moisture, 4%.....	0.3	100 (dry)	8.5	40
Moisture, 10%.....	wet]	110 (dry)	15.0	40
Dakota sandy loam				
Moisture, 4%.....	↓	110 (dry)	6.5	40
Moisture, 10%.....		110 (dry)	13.0	40
Healy clay				
Moisture, 10%.....		90 (dry)	5.5	40
Moisture, 20%.....	↓	100 (dry)	10.0	40
Steam.....	0.48	0.037*	0.151	212
Steel				
1% C.....	0.12	487.0	310.0	64-212
Stainless.....	0.12	515.0	200.0	...
Tar, bituminous.....	0.35	75.0		86
Water				
Fresh.....	1.00	62.4	4.10	70
Sea.....	0.94	64.0	3.93	64
Wood				
Fir.....	0.65	34.0	0.80	75
Maple.....		40.0	1.2	75
Red oak.....	0.57	48.0	1.10	86
White pine.....	0.67	31.2	0.780	86
Wood fiber board.....	0.34	16.9	0.34	90
Wool.....	0.33	4.99	0.264	86

*At 212 F and 14.7 psi.

Thermodynamic Properties of Air, Water, and Steam (from 66 to 110 F)

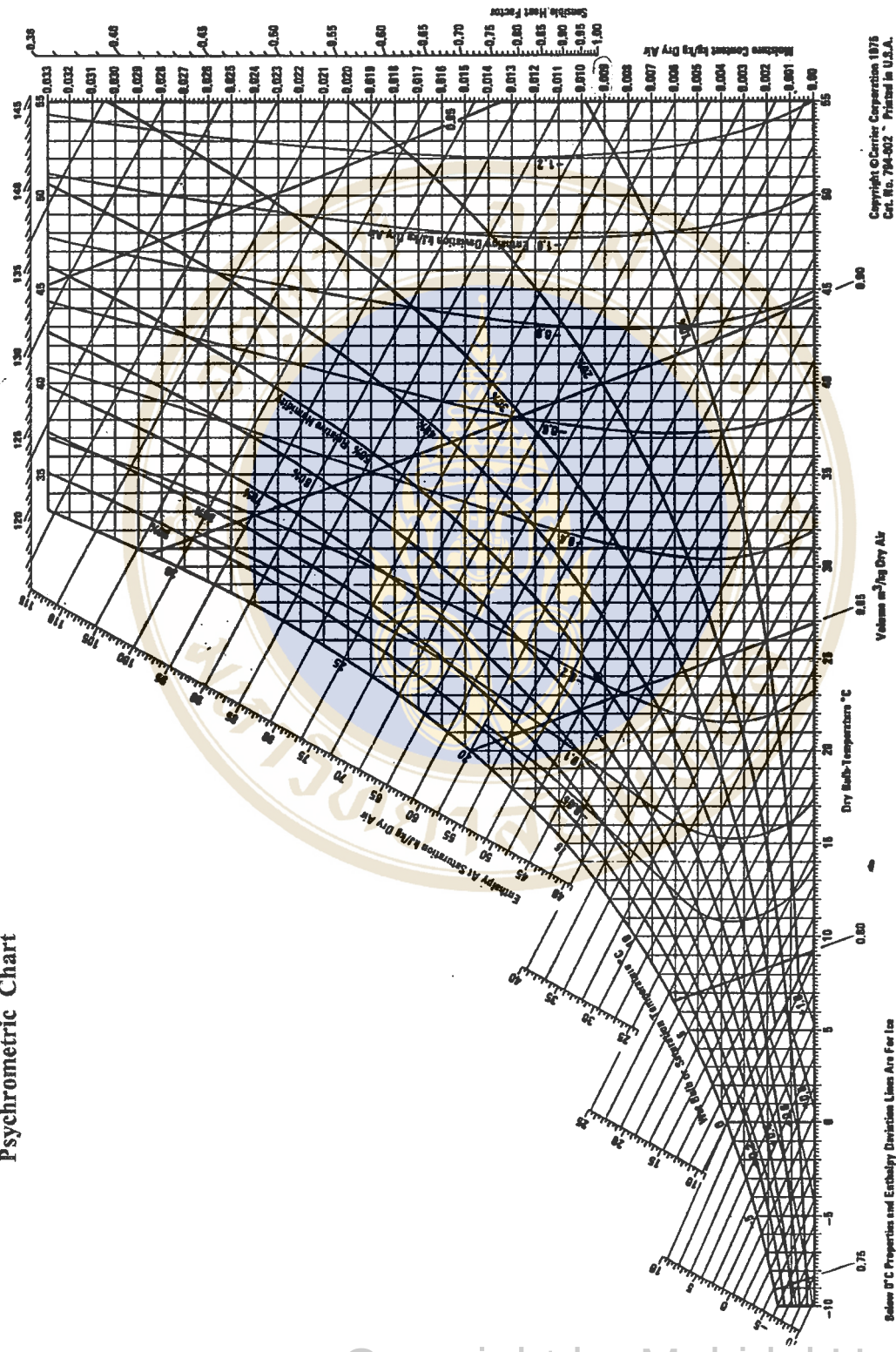
Temperature (F) <i>t</i>	Properties of Water and Steam				Properties of Dry Air at a Pressure of 29.921 in. Hg abs		Properties of Mixture of Dry Air and Sat. Steam at a Total Pressure of 29.921 in. Hg abs		
	Saturation Pressure of Water and Steam (in. Hg) <i>p_s</i>	Enthalpy		Specific Volume of Sat. Steam (ft ³ /lb) <i>v_g</i>	True Specific Volume (ft ³ /lb) <i>v_a</i>	Enthalpy (Btu/lb) <i>h_a</i>	Volume of Mixture per lb of Dry Air (ft ³) <i>v₁</i>	Enthalpy of Mixture per lb of Dry Air (Btu) <i>h₁</i>	Humidity Ratio (mlb/lb dry air, or g/kg dry air) <i>W₁</i>
		Saturated Water (Btu/lb) <i>h_f</i>	Saturated Steam (Btu/lb) <i>h_g</i>						
66	0.6441	34.1	1090.0	988.6	13.248	15.86	13.54	30.79	13.69
67	0.6668	35.1	1090.5	956.8	13.273	16.10	13.58	31.58	14.19
68	0.6902	36.1	1090.9	926.1	13.298	16.35	13.61	32.38	14.70
69	0.7143	37.1	1091.3	896.5	13.324	16.59	13.65	33.20	15.23
70	0.7392	38.1	1091.8	868.0	13.349	16.83	13.69	34.04	15.77
71	0.7648	39.1	1092.2	840.5	13.374	17.07	13.72	34.90	16.33
72	0.7911	40.1	1092.6	814.0	13.399	17.31	13.76	35.79	16.91
73	0.8183	41.1	1093.1	788.4	13.425	17.55	13.80	36.69	17.51
74	0.8463	42.1	1093.5	763.8	13.450	17.79	13.84	37.61	18.13
75	0.8751	43.1	1093.9	740.0	13.475	18.03	13.88	38.55	18.76
76	0.9047	44.1	1094.4	717.0	13.501	18.27	13.92	39.52	19.41
77	0.9352	45.1	1094.8	694.9	13.526	18.51	13.96	40.51	20.09
78	0.9667	46.1	1095.2	673.5	13.551	18.75	14.00	41.52	20.79
79	0.9990	47.1	1095.7	652.9	13.576	18.99	14.04	42.56	21.51
80	1.0323	48.1	1096.1	633.0	13.602	19.23	14.09	43.63	22.26
81	1.0665	49.1	1096.6	613.8	13.627	19.47	14.13	44.72	23.02
82	1.1017	50.1	1097.0	595.3	13.652	19.71	14.17	45.84	23.81
83	1.1380	51.1	1097.4	577.4	13.678	19.95	14.22	46.98	24.63
84	1.1752	52.1	1097.8	560.1	13.703	20.19	14.26	48.16	25.47
85	1.2136	53.1	1098.3	543.3	13.738	20.43	14.31	49.36	26.34
86	1.2530	54.0	1098.7	527.2	13.753	20.67	14.35	50.59	27.23
87	1.2935	55.0	1099.1	511.6	13.778	20.91	14.40	51.86	28.14
88	1.3351	56.0	1099.6	496.5	13.804	21.15	14.45	53.14	29.10
89	1.3779	57.0	1100.0	482.0	13.829	21.39	14.50	54.48	30.09
90	1.4219	58.0	1100.4	467.9	13.854	21.64	14.55	55.85	31.09
91	1.4671	59.0	1100.9	454.3	13.880	21.88	14.60	57.25	32.13
92	1.5136	60.0	1101.3	441.1	13.905	22.12	14.65	58.69	33.20
93	1.5613	61.0	1101.7	428.4	13.930	22.36	14.70	60.16	34.30
94	1.6103	62.0	1102.2	416.1	13.955	22.60	14.75	61.67	35.44
95	1.6607	63.0	1102.6	404.2	13.981	22.84	14.80	63.22	36.63
96	1.7124	64.0	1103.0	392.7	14.006	23.08	14.86	64.81	37.83
97	1.7655	65.0	1103.4	381.5	14.031	23.32	14.91	66.45	39.09
98	1.8200	66.0	1103.9	370.7	14.057	23.56	14.97	68.13	40.37
99	1.8759	67.0	1104.3	360.3	14.082	23.80	15.02	69.86	41.70
100	1.9334	68.0	1104.7	350.2	14.107	24.04	15.08	71.62	43.07
101	1.9923	69.0	1105.2	340.4	14.132	24.28	15.14	73.44	44.47
102	2.0529	70.0	1105.6	331.0	14.157	24.52	15.20	75.31	45.93
103	2.1149	71.0	1106.0	321.8	14.183	24.76	15.26	77.22	47.43
104	2.1786	72.0	1106.4	313.0	14.208	25.00	15.32	79.19	48.97
105	2.2440	73.0	1106.9	304.4	14.233	25.24	15.39	81.21	50.56
106	2.3110	74.0	1107.3	296.0	14.259	25.48	15.45	83.29	52.20
107	2.3798	75.0	1107.7	288.0	14.284	25.72	15.52	85.42	53.89
108	2.4503	76.0	1108.2	280.2	14.309	25.96	15.59	87.62	55.63
109	2.5226	77.0	1108.6	272.6	14.334	26.20	15.65	89.87	57.43
110	2.5968	78.0	1109.0	265.3	14.360	26.45	15.72	92.19	59.27

Source: Burgess H. Jennings. The Thermal Environment Conditioning and Control. New York:

Harper & Row, Publishers, 1978.

Copyright by Mahidol University

Psychrometric Chart



พินิจ: Burgess H. Jennings. The Thermal Environment Conditioning and Control. New York: Harper & Row, Publishers, 1978.

ภาคผนวก ข

ข้อมูลจากการทดสอบ

ตารางแสดงค่าอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ จากการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุ เมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541

เวลา	อากาศภายนอก	อากาศภายใน	แกรนิต	เซรามิก	ไม้เนื้อแข็ง	ไม้เนื้ออ่อน	ปิปรีม	พรม	เหล็ก	กระดาษ	อิฐก่อฉาบปูน	กระดาษ80แกรม
6:50	25.6	25.4	25.4	25.5	25.5	25.5	25.6	25.6	25.6	25.5	25.8	25.5
7:05	26	25.4	25.4	25.6	25.5	25.5	25.6	25.6	25.6	25.5	25.8	25.5
7:20	27.6	25.4	25.4	25.5	25.5	25.5	25.6	25.7	25.6	25.5	25.8	25.5
7:35	28.6	25.4	25.5	25.6	25.5	25.5	25.7	25.7	25.6	25.5	25.7	25.5
7:50	30.2	25.5	25.5	25.7	25.6	25.5	25.7	25.8	25.7	25.5	25.7	25.5
8:05	31.2	25.5	25.6	25.7	25.6	25.5	25.7	25.9	25.6	25.5	25.8	25.5
8:20	31.2	25.6	25.6	25.8	25.6	25.5	25.8	25.9	25.5	25.5	25.7	25.6
8:35	31.1	25.7	25.7	25.8	25.6	25.5	25.8	25.8	26	25.6	25.7	25.6
8:50	31.3	25.6	25.7	25.8	25.7	25.7	25.7	25.8	25.7	25.7	25.7	25.6
9:05	31.1	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.7	25.7	25.7	25.6	25.7
9:20	31.1	25.6	25.9	25.9	25.9	25.9	26.2	25.7	25.7	25.8	25.7	25.7
9:35	31	25.6	27.6	28.3	26.8	26.9	26.6	29	27.7	27	26.6	27.6
9:50	31.5	25.7	29.7	30.3	28.6	28.8	29.3	30.6	30.3	28.9	28	29.8
10:05	31.5	25.6	30.2	30.8	29.2	29.4	30	30.9	30.7	29.5	28.5	30.4
10:20	31.7	25.7	30.5	31.1	29.8	30	30.7	31.1	31.1	30	29	30.7
10:35	32.1	25.5	30.8	31.4	30.2	30.4	31.2	31.3	31.3	30.5	29.4	31
10:50	32.6	25.4	31.1	31.7	30.6	30.7	31.5	31.5	31.5	30.9	29.8	31.2
11:05	32.5	25.3	31.3	31.9	30.9	31	31.8	31.6	31.7	31.3	30.1	31.4
11:20	32.6	25.3	31.4	32	31.2	31.3	32	31.8	31.7	31.6	30.4	31.5
11:35	32.8	25.4	31.6	32.2	31.4	31.5	32.2	31.9	31.9	31.9	30.6	31.7
11:50	32.5	25.3	31.6	32.2	31.6	31.7	32.2	31.9	32	32.1	30.8	31.8
12:05	32.4	25.2	31.7	32.3	31.8	31.8	32.3	31.9	32.1	32.3	31	31.8
12:20	32.5	25.3	31.7	32.4	31.9	31.9	32.4	32	32.2	32.4	31.1	31.8
12:35	33	25.2	31.9	32.5	32.1	32	32.6	32.2	32.3	32.6	31.3	32
12:50	33	25.3	31.9	32.6	32.2	32.1	32.6	32.2	32.3	32.7	31.4	32
13:05	32.8	25.4	31.9	32.7	32.2	32.3	32.7	32.4	32.5	32.6	31.4	32
13:20	32.7	25.4	28.9	29	31	30.6	27.7	26.7	27.9	31.1	30.1	29
13:35	32.8	25.4	27.4	27.9	29.9	29.3	26.4	25.4	26.2	29.8	29.2	27.3
13:50	32.8	25.3	26.5	27	29	28.3	26	25.4	25.6	28.9	28.5	26.4

ตารางแสดงค่าอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ จากการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุ เมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541 (ต่อ)

เวลา	อากาศภายนอก	อากาศภายใน	แกรนิต	เซรามิก	ไม้เนื้อแข็ง	ไม้เนื้ออ่อน	ซีพีเอ็ม	พรม	เหล็ก	กระดาษ	อิฐก่อฉาบปูน	กระดาษ80แกรม
14:05	32.8	25.3	26	26.5	28.4	27.5	25.9	25.3	25.5	28.2	28	25.8
14:20	32.8	25.3	25.8	26.3	27.9	27	25.8	25.4	25.4	27.7	27.5	25.6
14:35	32.2	25.3	25.7	26.2	27.5	26.7	25.8	25.5	25.3	27.2	27.2	25.4
14:50	32.1	25.2	25.5	26.1	27.2	26.4	25.8	25.3	25.4	26.9	26.9	25.3
15:05	32.2	25.4	25.5	26	27	26.2	25.8	25.4	25.2	26.6	26.6	25.3
15:20	32.4	25.4	25.6	26	26.8	26.1	26	25.4	25.3	26.4	26.5	25.3
15:35	31.9	25.4	25.6	25.9	26.7	26.1	25.9	25.4	25.3	26.2	26.3	25.4
15:50	32	25.5	25.6	25.9	26.5	26	25.9	25.4	25.3	26.2	26.2	25.4
16:05	31.8	25.5	25.7	25.8	26.4	26	26	25.4	25.3	26.1	26.1	25.4
16:20	31.4	25.5	25.7	25.7	26.5	26	26.1	25.4	25.3	26	26	25.5
16:35	31.3	25.5	25.6	25.6	26.5	26	26.1	25.3	25.3	26	26	25.4
16:50	31.2	25.5	25.7	25.6	26.5	26	26.2	25.5	25.4	26	25.9	25.5
17:05	30.9	25.5	25.7	25.6	26.4	26	26.2	25.5	25.4	26	25.9	25.5
17:20	30.7	25.5	25.7	25.6	26.4	26	26.1	25.4	25.4	26	25.9	25.5
17:35	28.4	25.5	25.5	25.5	25.9	25.5	25.5	25.5	25.5	25.6	25.9	25.5
17:50	28.1	25.5	25.5	25.5	25.8	25.5	25.5	25.5	25.5	25.6	25.8	25.5
18:05	27.7	25.5	25.5	25.5	25.7	25.6	25.5	25.6	25.5	25.6	25.8	25.5
18:20	27.7	25.5	25.5	25.5	25.6	25.6	25.5	25.5	25.5	25.5	25.8	25.5
18:35	27.7	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.8	25.5
18:50	28.2	25.6	25.5	25.5	25.6	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.7	25.5
19:05	28	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.6	25.7	25.5
19:20	27.9	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.6	25.5	25.6	25.7	25.5
19:35	28.1	25.6	25.5	25.5	25.6	25.5	25.5	25.6	25.5	25.6	25.6	25.4
19:50	28.1	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.6	25.4
20:05	27.7	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.6	25.4

ตารางแสดงน้ำหนักของวัตถุ (g) จากการทดสอบการดูดซับความชื้น เมื่อวันที่ 6-7 ตุลาคม 2541

เวลา	แกรนิต	เซรามิก	ไม้เนื้อแข็ง	ไม้เนื้ออ่อน	ยิปซัม	กระดางสมุดโทรศัพท์	กระดาษ80แกรม	ปูนฉาบ	อิฐมอญ	เหล็ก
0	411.654	262.711	256.614	266.405	157.859	131.272	199.806	308.138	304.007	374.203
15	411.648	262.724	256.777	266.547	158.025	131.464	200.035	308.337	304.124	374.204
30	411.630	262.716	256.821	266.610	158.033	131.534	200.115	308.366	304.132	374.203
45	411.646	262.717	256.876	266.654	158.057	131.580	200.190	308.404	304.135	374.203
60	411.641	262.726	256.894	266.692	158.059	131.625	200.227	308.415	304.145	374.202
75	411.637	262.720	256.925	266.719	158.059	131.662	200.285	308.425	304.153	374.201
90	411.649	262.732	256.936	266.724	158.067	131.679	200.315	308.419	304.165	374.200
105	411.644	262.725	256.948	266.744	158.051	131.698	200.334	308.417	304.172	374.200
120	411.645	262.727	256.944	266.740	158.027	131.692	200.342	308.393	304.180	374.201
15	411.645	262.714	256.743	266.559	157.889	131.465	200.075	308.160	304.064	374.200
30	411.638	262.705	256.692	266.495	157.872	131.402	199.985	308.137	304.053	374.202
45	411.647	262.703	256.650	266.459	157.860	131.370	199.930	308.128	304.048	374.202
60	411.642	262.713	256.620	266.425	157.852	131.327	199.880	308.108	304.030	374.202
75	411.642	262.710	256.582	266.384	157.841	131.286	199.828	308.093	304.024	374.202
90	411.636	262.697	256.547	266.349	157.830	131.248	199.772	308.075	304.012	374.202
105	411.636	262.700	256.520	266.304	157.819	131.214	199.738	308.065	304.010	374.202
120	411.642	262.706	256.506	266.293	157.826	131.192	199.694	308.064	303.998	374.202
135	411.642	262.706	256.483	266.270	157.824	131.164	199.664	308.061	303.990	374.202
150	411.642	262.706	256.459	266.246	157.821	131.136	199.633	308.057	303.977	374.200
165	411.642	262.706	256.443	266.224	157.816	131.114	199.607	308.056	303.967	374.203
180	411.643	262.706	256.426	266.201	157.811	131.092	199.580	308.054	303.959	374.200
195	411.643	262.706	256.404	266.181	157.810	131.069	199.549	308.049	303.957	374.204
210	411.643	262.701	256.382	266.160	157.809	131.046	199.517	308.043	303.955	374.200
225	411.643	262.701	256.364	266.136	157.807	131.025	199.490	308.043	303.947	374.202
240	411.645	262.702	256.346	266.111	157.805	131.003	199.462	308.043	303.941	374.200
255	411.643	262.702	256.336	266.102	157.807	130.990	199.446	308.043	303.938	374.201
270	411.642	262.703	256.326	266.093	157.808	130.977	199.430	308.045	303.927	374.200
max	411.654	262.732	256.948	266.744	158.067	131.698	200.342	308.425	304.180	374.204
min	411.630	262.697	256.326	266.093	157.805	130.977	199.430	308.043	303.927	374.200

ตารางแสดงน้ำหนักของวัสดุ (lb) และข้อมูลจากการทดสอบการดูดซับความชื้น วันที่ 6-7 ตุลาคม 2541

เวลา	เกรนิต	เซรามิก	ไม้เนื้อแข็ง	ไม้เนื้ออ่อน	อิฐ	กระดาษดูดไทรทรี	กระดาษ80แกรม	ปูนฉาบ	เหล็ก
0	0.90753	0.57917	0.56573	0.58732	0.34802	0.28940	0.44049	0.67932	0.82497
15	0.90752	0.57920	0.56609	0.58763	0.34838	0.28983	0.44100	0.67976	0.82497
30	0.90748	0.57918	0.56619	0.58777	0.34840	0.28998	0.44117	0.67982	0.82497
45	0.90751	0.57919	0.56631	0.58787	0.34845	0.29008	0.44134	0.67991	0.82497
60	0.90750	0.57921	0.56635	0.58795	0.34846	0.29018	0.44142	0.67993	0.82497
75	0.90749	0.57919	0.56642	0.58801	0.34846	0.29026	0.44155	0.67995	0.82496
90	0.90752	0.57922	0.56644	0.58802	0.34847	0.29030	0.44161	0.67994	0.82496
105	0.90751	0.57920	0.56647	0.58806	0.34844	0.29034	0.44166	0.67994	0.82496
120	0.90751	0.57921	0.56646	0.58806	0.34839	0.29033	0.44167	0.67988	0.82496
15	0.90751	0.57918	0.56602	0.58766	0.34808	0.28983	0.44109	0.67937	0.82496
30	0.90750	0.57916	0.56590	0.58751	0.34804	0.28969	0.44089	0.67932	0.82497
45	0.90752	0.57916	0.56581	0.58744	0.34802	0.28962	0.44077	0.67930	0.82497
60	0.90751	0.57918	0.56574	0.58736	0.34800	0.28952	0.44066	0.67925	0.82497
75	0.90751	0.57917	0.56566	0.58727	0.34798	0.28943	0.44054	0.67922	0.82497
90	0.90749	0.57914	0.56558	0.58719	0.34795	0.28935	0.44042	0.67918	0.82497
105	0.90749	0.57915	0.56552	0.58709	0.34793	0.28927	0.44034	0.67916	0.82497
120	0.90751	0.57916	0.56549	0.58707	0.34794	0.28923	0.44025	0.67916	0.82497
135	0.90751	0.57916	0.56544	0.58702	0.34794	0.28916	0.44018	0.67915	0.82497
150	0.90751	0.57916	0.56539	0.58697	0.34793	0.28910	0.44011	0.67914	0.82496
165	0.90751	0.57916	0.56535	0.58692	0.34792	0.28905	0.44005	0.67914	0.82497
180	0.90751	0.57916	0.56532	0.58687	0.34791	0.28901	0.43999	0.67914	0.82496
195	0.90751	0.57916	0.56527	0.58682	0.34791	0.28895	0.43993	0.67912	0.82497
210	0.90751	0.57915	0.56522	0.58678	0.34791	0.28890	0.43986	0.67911	0.82496
225	0.90751	0.57915	0.56518	0.58672	0.34790	0.28886	0.43980	0.67911	0.82497
240	0.90751	0.57915	0.56514	0.58667	0.34790	0.28881	0.43973	0.67911	0.82496
255	0.90751	0.57915	0.56512	0.58665	0.34790	0.28878	0.43970	0.67911	0.82496
270	0.90751	0.57916	0.56510	0.58663	0.34790	0.28875	0.43966	0.67912	0.82496
max	0.90755	0.57929	0.56975	0.59209	0.34965	0.29496	0.44537	0.68205	0.82497
min	0.90748	0.57914	0.56510	0.58663	0.34790	0.28875	0.43966	0.67911	0.82496
delta m	6.61E-05	1.48E-04	4.65E-03	5.47E-03	1.75E-03	6.21E-03	5.71E-03	2.94E-03	8.82E-06
Area (sq m)	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225
Q (Btu/sq m)	2.939	6.565	206.840	242.898	77.700	275.820	253.578	130.512	0.392

ตารางแสดงน้ำหนักของพรมชนิดต่างๆ (g) จากการทดสอบการดูดซับความชื้นเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม 2541

เวลา	Axminster	Wool	Acrylic	Amoco PP	PBS
0	41.409	44.184	27.374	18.922	15.284
15	41.721	44.521	27.468	18.955	15.337
30	41.808	44.604	27.443	18.936	15.327
45	41.869	44.671	27.442	18.942	15.316
60	41.902	44.707	27.453	18.934	15.329
75	41.930	44.734	27.442	18.945	15.324
90	41.930	44.755	27.444	18.944	15.327
105	41.926	44.755	27.444	18.941	15.316
120	41.908	44.736	27.435	18.941	15.320
15	41.581	44.382	27.364	18.907	15.292
30	41.495	44.267	27.359	18.909	15.290
45	41.471	44.239	27.357	18.910	15.294
60	41.430	44.199	27.364	18.917	15.296
75	41.379	44.143	27.357	18.912	15.289
90	41.347	44.109	27.350	18.912	15.288
105	41.333	44.077	27.347	18.912	15.284
120	41.308	44.055	27.351	18.909	15.290
135	41.295	44.035	27.365	18.909	15.288
150	41.281	44.015	27.378	18.910	15.285
165	41.270	43.999	27.362	18.912	15.286
180	41.259	43.982	27.346	18.914	15.287
195	41.248	43.968	27.345	18.914	15.287
210	41.237	43.954	27.343	18.913	15.288
225	41.230	43.941	27.342	18.913	15.287
240	41.222	43.927	27.340	18.912	15.286
255	41.222	43.925	27.343	18.912	15.288
270	41.221	43.922	27.345	18.915	15.289

ตารางแสดงอุณหภูมิสีตามช่วงอายุ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสีเทียบกับอุณหภูมิอากาศ เมื่อวันที่ 11-14 กันยายน 2561															
เวลา	อากาศภายนอก	อากาศภายใน	ผนัง	กระจก	ไม้เนื้อแข็ง	ไม้เนื้ออ่อน	ไม้เนื้ออ่อน 2.0 ซม.	ไม้เนื้ออ่อน 1.0 ซม.	กระจก 1.0 ซม.	กระจก 2.0 ซม.	อุณหภูมิใน 1.0 ซม.	อุณหภูมิใน 1.5 ซม.	อุณหภูมิใน 3.5 ซม.	อากาศภายนอก	กระดานภายนอก
5:06	26.3	26.3	25.8	25.7	26.4	26.7	26.6	26.4	26.6	26.1	26.8	26.8	26.7	26.9	26.0
7:30	25.0	25.1	25.2	25.7	25.7	25.6	25.4	24.3	25.0	25.6	25.9	25.9	26.1	28.2	25.9
8:30	29.2	25.4	26.8	27.5	26.6	26.7	26.6	28.4	28.3	27.9	26.9	26.7	27.1	31.8	26.7
11:30	31.2	25.8	29.3	30.4	29.3	29.4	29.3	30.5	30.9	30.9	29.6	29.3	29.6	37.0	27.5
13:30	32.2	26.0	30.7	31.6	31.1	31.2	31.1	32.0	32.1	32.4	31.8	30.8	31.9	37.0	27.4
15:30	30.6	26.1	29.7	29.9	30.8	30.5	30.3	31.1	30.9	31.0	31.3	30.2	30.9	34.9	27.4
17:30	26.6	26.0	27.5	19.9	29.4	29.8	29.5	28.8	26.1	28.1	29.9	28.6	29.6	28.2	27.4
19:30	24.1	25.6	24.7	17.5	29.5	25.9	25.6	25.9	25.4	25.0	27.2	27.1	26.6	25.5	27.0
21:30	25.5	25.5	24.2	17.1	25.5	25.1	24.9	25.3	24.9	24.7	26.2	26.1	25.3	25.4	26.7
23:30	24.7	25.2	24.5	17.3	25.5	25.2	25.0	25.4	25.1	24.9	26.0	25.8	25.4	27.3	26.4
1:30	24.9	25.0	24.3	17.2	25.3	25.1	24.8	25.2	24.9	24.7	25.9	25.7	25.2	25.8	26.2
3:30	23.8	24.5	24.1	16.9	25.1	24.8	24.6	24.8	24.6	24.3	25.6	25.5	24.9	28.6	25.7
5:30	24.5	24.8	23.9	16.6	24.8	24.5	24.2	24.6	24.4	24.1	25.3	25.2	24.7	24.5	25.6
7:30	25.6	24.8	25.0	17.4	25.3	25.1	25.0	25.5	25.6	25.8	25.7	25.4	25.3	26.5	25.8
8:30	30.0	25.5	26.7	29.0	28.1	28.4	28.4	29.8	29.6	29.7	28.3	28.2	28.1	33.5	26.6
11:30	31.1	25.1	28.5	30.6	29.6	29.7	29.6	30.2	30.7	31.0	29.9	29.4	29.9	36.4	26.6
13:30	29.1	25.3	30.0	31.3	30.4	30.4	30.2	31.1	31.4	31.6	30.8	30.0	30.6	39.3	26.4
15:30	30.7	25.4	29.7	30.9	30.5	30.4	30.2	30.8	30.8	31.1	30.9	30.0	29.9	30.7	29.4
17:30	30.1	25.5	29.1	30.4	30.1	29.9	29.7	30.5	30.2	30.4	30.6	29.8	29.5	30.3	29.6
19:30	29.0	24.6	27.1	27.9	28.7	28.2	28.0	28.3	27.7	27.7	28.2	28.8	28.0	28.8	26.7
21:30	26.8	25.2	26.0	26.8	27.3	26.9	26.7	27.2	26.8	26.7	27.9	27.5	26.8	27.8	26.2
23:30	29.0	24.8	25.7	26.6	26.8	26.5	26.2	26.7	26.4	26.3	27.3	26.3	26.7	28.2	25.7
1:30	26.2	25.0	25.6	26.4	26.6	26.4	26.2	26.7	26.3	26.2	27.1	26.8	26.2	28.2	26.0
3:30	26.1	25.0	25.4	26.0	26.4	26.1	25.9	26.3	26.0	25.9	26.9	26.6	26.4	28.9	29.0
5:30	25.3	24.9	25.1	25.7	26.1	25.8	25.6	26.0	25.8	25.8	26.6	25.8	26.2	25.6	25.9
7:30	27.4	25.6	25.8	26.3	26.3	26.1	25.9	26.5	26.6	26.4	26.7	26.3	26.5	30.1	26.0
8:30	30.1	25.9	29.3	28.5	27.6	27.9	27.9	28.5	29.5	29.3	28.0	27.7	28.1	32.6	26.4
9:30	31.2	25.9	29.4	29.9	29.0	29.2	29.2	29.8	30.8	30.7	29.2	28.9	28.9	34.3	26.7
10:30	31.1	26.1	29.9	30.9	29.9	30.0	29.9	30.8	31.2	31.3	30.1	29.7	30.5	35.8	26.9
11:30	31.6	26.2	30.1	31.3	30.4	30.5	30.3	31.1	31.4	31.7	30.7	30.6	31.1	37.9	27.0
13:05	31.5	27.9	26.4	26.7	29.9	29.1	27.9	27.4	26.3	26.6	27.2	28.2	29.0	29.2	37.9
14:05	32.1	29.0	25.6	25.7	26.1	26.5	26.4	26.1	25.7	26.3	26.5	26.8	26.7	27.8	39.1
15:05	31.0	27.9	25.7	25.5	25.9	25.9	25.9	25.6	21.5	26.1	28.2	26.1	25.9	27.1	35.3
16:05	28.4	27.7	25.5	25.3	25.7	25.6	25.6	25.4	25.7	25.6	25.9	25.6	26.5	26.7	29.9
17:05	26.9	27.4	25.3	25.1	25.5	25.3	25.4	25.2	25.5	25.6	25.7	25.3	26.1	26.9	29.6
18:05	28.4	27.3	25.3	25.0	25.3	25.1	25.2	25.0	25.4	25.5	25.5	25.2	25.8	28.1	29.2
19:05	26.2	27.2	25.7	25.2	25.7	25.4	25.3	25.3	25.9	25.9	25.8	25.2	25.5	26.1	27.4
20:05	26.9	27.2	25.7	25.3	25.9	25.5	25.6	25.4	26.0	25.9	25.9	25.3	25.9	28.1	27.8
21:05	26.9	27.1	25.7	25.3	25.9	25.5	25.6	25.4	25.9	25.9	26.0	25.4	25.7	28.2	29.6
22:05	27.0	27.0	25.7	25.3	25.8	25.5	25.6	25.4	25.9	25.9	25.9	25.4	25.9	28.2	28.5
23:05	27.1	27.0	25.6	25.2	25.8	25.5	25.6	25.4	25.9	25.9	25.9	25.4	25.9	28.2	29.3

ตารางแสดงอุณหภูมิใต้ผืนน้ำต่าง ๆ จากการทดลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนอุณหภูมิอากาศ ในช่วง 11-14 กันยายน 2541																
เวลา	อากาศภายนอก	อากาศภายใน	น้ำร้อน	น้ำเย็น	น้ำผสม	น้ำร้อน 2.0 ซม.	น้ำเย็น 2.0 ซม.	น้ำผสม 2.0 ซม.	พื้น	เหล็ก	กระดาษ 1.0 ซม.	กระดาษ 2.0 ซม.	กระดาษ 1.0 ซม.	กระดาษ 2.0 ซม.	กระดาษ 1.0 ซม.	กระดาษ 2.0 ซม.
6:05	26.1	26.8	25.6	25.2	25.8	25.5	25.8	25.3	25.3	25.8	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9
1:05	27.0	26.8	25.6	25.2	25.7	25.4	25.8	25.3	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
2:05	26.2	26.8	25.5	25.2	25.7	25.4	25.8	25.3	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
3:05	25.3	26.7	25.5	25.2	25.8	25.5	25.8	25.3	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
4:05	26.8	26.7	25.5	25.1	25.6	25.3	25.8	25.3	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
5:05	25.7	26.6	25.4	25.1	25.7	25.4	25.8	25.3	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
6:05	24.8	26.3	25.3	25.0	25.5	25.3	25.8	25.3	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
7:05	26.7	26.9	25.4	25.1	25.6	25.3	25.8	25.3	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
8:05	31.3	27.2	25.6	25.4	25.9	25.5	25.8	25.3	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
9:05	31.2	27.5	25.5	26.0	26.2	26.0	26.0	26.0	26.0	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2
10:35	31.9	27.8	25.6	30.5	31.1	29.7	31.1	29.7	30.1	31.0	30.2	30.0	29.4	28.7	28.9	28.9
11:34	32.1	27.8	25.3	31.4	32.0	31.2	31.3	31.3	31.4	31.8	31.6	31.5	30.8	30.1	30.4	30.4
12:34	32.8	27.8	25.3	31.8	32.4	31.9	31.9	32.0	32.4	32.0	32.2	32.4	31.5	30.9	31.1	31.1
13:35	34.5	27.8	25.3	29.3	27.4	31.0	30.6	30.6	28.7	27.8	28.8	31.1	30.9	29.5	30.2	30.2
14:34	32.9	27.9	25.3	25.9	21.8	28.0	27.1	26.9	25.8	25.1	25.2	27.7	28.0	26.7	27.7	27.7
15:35	32.2	27.9	25.4	25.8	24.1	26.8	26.2	26.1	25.8	25.2	25.1	26.4	26.6	25.8	26.3	26.3
16:35	31.7	27.9	25.5	25.8	25.4	26.4	26.0	26.0	26.1	25.4	25.4	26.1	26.1	25.8	26.0	26.0



Lengths

1 m	= 3.28084 ft	= 39.37008 in.
1 ft	= 0.3048 m	= 12 in.

Areas

1 sq m	= 10.7639 sq ft	= 1549.99 sq in.
1 sq ft	= 0.09290 sq m	= 144 sq in.

Masses and Weights

1 kg	= 2.2046 Pounds (lb)	
1 g	= 0.002046 Pounds (lb)	
1 lb	= 0.45359 kg	= 0.0005 ton

Density

1 lb/ft ³	= 16.018 kg/m ³	= 0.016 g/cm ³
1 kg/m ³	= 0.062 lb/ft ³	= 0.001 g/cm ³
1 g/cm ³	= 62.428 lb/ft ³	= 1000 kg/m ³

Energy

1 Btu	= 1055 J	= 2.93 E-04 kWh	= 0.252 kcal
1 J = W . s	= 9.484 E-04 Btu	= 2.78 E-07 kWh	= 2.39 E-04 kcal
1 kWh	= 3414.43 Btu	= 3.6 MJ	= 860.42 kcal
1 kcal	= 3.97 Btu	= 4184.0 J	= 1.16 E-03 kWh

Energy (in relation to Area)

1 Btu/(h . ft ²)	= 10.7639 Btu/(h . m ²)	= 3.152 W/m ²	= 2.712 kcal/(h.m ²)
1 Btu/(h . m ²)	= 9.29 E-02 Btu/(h . ft ²)	= 0.293 W/m ²	= 0.252 kcal/(h.m ²)
1 W/m ²	= 0.317 Btu/(h . ft ²)	= 3.414 Btu/(h . m ²)	= 0.860 kcal/(h.m ²)
1 kcal/(h . m ²)	= 0.369 Btu/(h . ft ²)	= 3.968 Btu/(h . m ²)	= 1.162 W/m ²

Energy (in relation to Time)

$$1 \text{ Btu/min} = 17.58 \text{ Watts (W)} = 0.024 \text{ Horsepower (hp)}$$

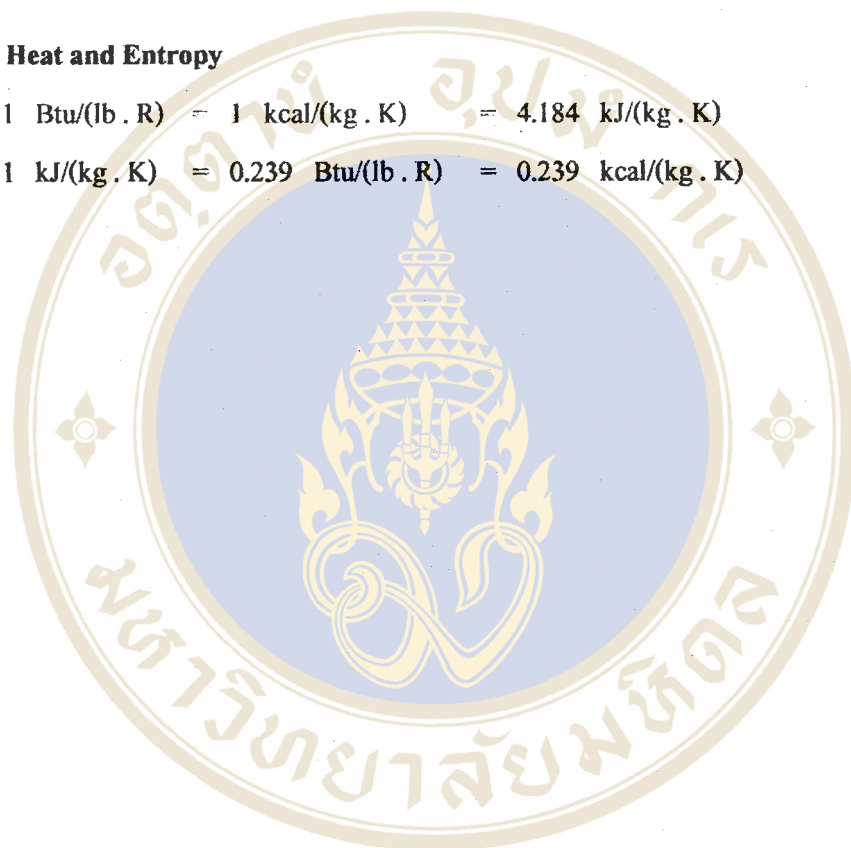
Energy (in relation to weight)

$$1 \text{ Btu/lb} = 2.326 \text{ J/g}$$

Specific Heat and Entropy

$$1 \text{ Btu/(lb} \cdot \text{R)} = 1 \text{ kcal/(kg} \cdot \text{K)} = 4.184 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$$

$$1 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)} = 0.239 \text{ Btu/(lb} \cdot \text{R)} = 0.239 \text{ kcal/(kg} \cdot \text{K)}$$





ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ

นางสาว รังสิมา กาญจนสมบัติ

วัน เดือน ปีเกิด

4 มีนาคม 2516

สถานที่เกิด

จังหวัดกำแพงเพชร

ประวัติการศึกษา

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเอกวัสดุศาสตร์,

พ.ศ.2534-2538

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สิ่งแวดล้อมและทรัพยากร
ศาสตร์) สาขาวิชาเอกเทคโนโลยีที่เหมาะสม

เพื่อการพัฒนาทรัพยากร

พ.ศ.2539-2541

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

-