การศึกษาภาวะความชื้นของอากาศภายในบ้านแถว เขตกรุงเทพมหานคร กรณีศึกษา: บ้านแถว ทาวน์เฮ้าส์ 3 ชั้น หมู่บ้านศุภาลัยวิลล์ ถนนรัชดาภิเษก

A STUDY OF MOISTURE FOR AIR INDOOR QUALITY OF A ROW HOUSE IN BANGKOK. CASE STUDY : A 3 STOREY ROW HOUSE, SUPALAI VILLE ON RATCHADAPISAK ROAD, BANGKOK.

อรรถพ สัจจพงษ์

ANNOP SAJJAPONGSE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AR-M-002-004

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาภาวะความชื้นของอากาศภายในบ้านแถว เขตกรุงเทพมหานคร กรณีศึกษา : บ้านแถว ทาวน์เฮ้าส์ 3 ชั้นหมู่บ้านศุภาลัยวิลล์ ถนนรัชดาภิเษก

A STUDY OF MOISTURE FOR AIR INDOOR QUALITY OF A ROW HOUSE IN BANGKOK.

CASE STUDY : A 3 STOREY ROW HOUSE, SUPALAI VILLE ON RATCHADAPISAK ROAD, BANGKOK.

T105073

อรรณพ สัจจพงษ์

ANNOP SAJJAPONGSE

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....105073
วัน,เดือน,ปี.....16 พ.ย. 2552

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AR-M-002-094

A STUDY OF MOISTURE FOR AIR INDOOR QUALITY OF A ROW HOUSE IN BANGKOK.

CASE STUDY : A 3 STOREY ROW HOUSE, SUPALAI VILLE ON RATCHADAPISAK ROAD, BANGKOK.

ANNOP SAJJAPONGSE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF TROPICAL ARCHITECTURAL
FACULTY OF ARCHITECTURE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2009

KMITL-2009-AR-M-002-094

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาภาวะความชื้นของอากาศภายในบ้านแถวเขตกรุงเทพมหานคร กรณีศึกษา : บ้านแถวทาวน์เฮ้าส์ 3 ชั้น หมู่บ้านศุภาลัยวิลล์ ถนนรัชดาภิเษก

A Study of Moisture for Air Indoor Quality of a Row House in Bangkok Case Study : A 3 Storey Row House, Supalai Ville on Ratchdapisak Road, Bangkok

นักศึกษา นายอรรณพ สัจจพงษ์

รหัสประจำตัว 50062204

ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.สุภาวดี รัตนมาศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.สุภาวดี	รัตนมาศ	
รศ.ชนินทร์	ทิพโยภาส	
รศ.ดร.สมชาย	ศรีสมพงษ์	
ผศ.ศุทธา	ศรีเผด็จ	
รศ.สมใจ	นิ่มเล็ก	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 18 พฤษภาคม 2552 เวลา 09.00 น.

สถานที่สอบ กลุ่มวิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพปฎล สุวัจนานนท์)
คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
วันที่ 29 **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ.** 2552

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาภาวะความชื้นของอากาศภายในบ้านแถว เขตกรุงเทพมหานคร กรณีศึกษา : บ้านแถว ทาวน์เฮ้าส์ 3 ชั้นหมู่บ้านศุภาลัยวิลล์ ถนนรัชดาภิเษก
นักศึกษา	นายอรรณพ สัจจพงษ์
รหัสประจำตัว	50062204
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. สุภาวดี รัตนมาศ

บทคัดย่อ

การแก้ไขปัญหาเรื่องความชื้นในอากาศภายในบ้านเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงในการออกแบบ เนื่องจากบ้านแถวนั้นใช้ระบบโครงสร้างและผนังร่วมกันจึงทำให้มีช่องเปิดและแสงสว่างธรรมชาติน้อย ทำให้ไม่เพียงพอเป็นสาเหตุทำให้มีปัญหาเรื่องความชื้นสะสมภายในบ้านและเกิดความอึดอัดไม่อยู่ในภาวะความสบายถึงแม้อุณหภูมิภายในบ้านจะอยู่ในระดับอุณหภูมิสบาย

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการลดความชื้นของอากาศภายในบ้านแถว โดยบ้านแถวที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษา ได้แก่ บ้านแถว ทาวน์เฮ้าส์ 3 ชั้นหมู่บ้านศุภาลัยวิลล์ ถนนรัชดาภิเษก โดยพื้นที่ภายในแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนต้อนรับ , ส่วนทำอาหารและส่วนพักผ่อน เพื่อมุ่งเน้นศึกษาวิธีการลดความชื้นที่เกิดจากกิจกรรมภายในบ้านแถว ซึ่งแต่ละรูปแบบของการทดลองอ้างอิงมาจากหลักในการลดความชื้น ดังนี้

การทดลองที่ 1 ที่สภาวะปกติ ไม่มีการควบคุมความชื้น เพื่อเป็นแบบอ้างอิงเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการทดลองอื่นๆ

การทดลองที่ 2 การระบายอากาศ (Ventilation) พาความชื้นไปยังส่วนอื่น โดยการทดสอบกำหนดความเร็วลม 2 ระดับคือที่ความเร็วลม 0.6 m/s และ 2.4 m/s (วัดที่ระยะ 10 cm. จากพัดลม) เพื่อเปรียบเทียบ

การทดลองที่ 3 สารดูดความชื้น (Desiccant) เพื่อดูดซับความชื้นในอากาศ โดยการทดสอบเลือกใช้สารดูดความชื้น; Eco Dry ขนาด 1 Kg และ 2 Kg เพื่อเปรียบเทียบ

ในการทดลองพบว่าการระบายอากาศ และสารดูดความชื้นมีประสิทธิภาพในการลดความชื้นได้ดี สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การระบายอากาศเนื่องจากในช่วงเวลานี้มีอุณหภูมิสูงสุดของวัน อากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นทำให้การระบายอากาศมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่การระบายอากาศในการทดลองนี้ไม่ได้ทำให้ความชื้นในอากาศหายไป เป็นเพียงการเคลื่อนที่อากาศชื้นจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งเท่านั้น การที่จะทำให้ความชื้นหายไปคือการระบายความชื้นออกภายนอกอาคาร

2. สารดูดความชื้น สามารถใช้ได้ในช่วงเวลาสั้นๆ โดยประมาณ 4-5 ชั่วโมงสารดูดความชื้นจะอิ่มตัวต้องนำไปอบหรือตากแห้งตามอุณหภูมิที่กำหนดเพื่อที่จะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

3. ผลที่ได้จากการทดลองนั้นการลดความชื้นเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้สภาพอากาศภายในห้องนั้นอยู่ใน ขอบเขตความสบายได้ แต่ก็ช่วยให้สามารถปรับสภาวะอากาศให้ขยับเข้าใกล้เขตสภาวะอบอุ่นและแห้งได้ ถึงแม้จะยังไม่ช่วยให้เย็นขึ้นแต่ก็ยังช่วยให้มีสภาวะอากาศที่ดีขึ้นกว่าที่จะอยู่ในขอบเขตร้อนชื้น

4. สภาพภูมิอากาศภายนอกมีผลโดยตรงต่อค่าความชื้น คือถ้าสภาพภายนอกมีอุณหภูมิสูงค่าความชื้นภายในก็จะต่ำ และถ้าสภาพภายนอกมีอุณหภูมิต่ำความชื้นภายในก็จะสูง แต่ต้องขึ้นอยู่กับค่าความชื้นภายนอกด้วยเสมอ

Thesis title	A Study of Moisture for Air Indoor Quality of a Row House in Bangkok. Case Study: A 3 Storey Row House, Supalai Ville on Ratchadapisak Road, Bangkok.
Student	Mr. Annop Sajjapongse
Student ID.	50062204
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2009
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Supawadee Rattanamas

ABSTRACT

Solution for the concerning of the air moisture inside of the residence is a crucial criterion which shall be considered in design because the townhouse residences has always commonly utilized the structures and wall which resulted in low amount of opening and natural sunlight. This is a cause of lacking of the light that eventually brought to the problem of cumulative moisture in the residence, and make uncomfortable feeling even though the temperature in the house is in a pleasant level.

This research has studied the efficiency on reducing of moisture inside the townhouse residence. The case study of townhouse for this research is the 3-stories townhouse of Supalaiville Village, Ratchadapisek Road. The area inside is divided into 3 zones, which are the welcome zone, cooking zone, and relaxing zone in order to intensively study the method to reduce the moisture occurred from domestic activity in the townhouse. Each format of experiment has been referred from the principle of moisture reduction, which are;

The 1st experiment is performed at normal circumstance without any control of moisture, which shall be used as the reference in order to investigate the efficiency compared to other experiments.

The 2nd experiment is performed by the ventilation which transfers the moisture to other parts. The wind speeds of 2 level are designated in this experiment, those are 0.6 m/s and 2.4 m/s (measured at 10 cm distance from the fan) in order to be compared.

The 3rd experiment is performed by using the Desiccant to absorb the air moisture. Eco Dry desiccant of 1 kg and 2 kg are used in order to be compared.

From the experiment, it was found that the ventilation and desiccant can reduce the moisture effectively, and it can be concluded as follow;

1. Ventilation, because this period has the highest temperature in the day. The heat will float up, and will enhance the efficiency of ventilation. However, the ventilation in this experiment did not eliminate the air moisture, but it is only the movement of air from one point to another point. The elimination of the moisture shall be performed by venting the moisture out of the building.

2. Desiccant shall be used in short period. These substances will be saturated after for approximately 4-5 hours, then these shall be put in oven or dried out in specified temperature in order to reuse.

3. The results from this experiment show that only the reduction of moisture cannot make the atmosphere inside the room to be in the comfortable limit. However, it shall adjust the atmosphere condition to be close to the limit of warm and dry state even though it shall not be cooler; however it makes the atmosphere condition better than in the hot-humid limit condition.

4. The external atmosphere condition has direct influence on the moisture value. If the temperature in external condition is high, then the inside moisture will be low. Furthermore, if the temperature in external condition is low, then the inside moisture will be high. However, all these shall always depend on the external moisture.

กิตติกรรมประกาศ

บทความทางวิชาการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับหลักการควบคุมความชื้นจาก รศ.สุภาวดี รัตนมาศ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.สมใจ นิ่มเล็ก กรรมการคุมสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาคุมสอบและให้คำแนะนำในส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไข ให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผศ.สุทธา ศรีเผด็จ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่ช่วยเหลือแก้ไขและให้คำแนะนำในบางจุดที่ผู้วิจัยติดปัญหาบางอย่าง ซึ่งมีส่วนช่วยทำให้ผู้วิจัยเข้าใจในปัญหานั้น

ขอขอบพระคุณ รศ.ชนินทร์ ทิพโยภาส ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ กรรมการคุมสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาคุมสอบและให้คำแนะนำในส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไข ให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ กรรมการคุมสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาคุมสอบและให้คำแนะนำในส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไข ให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยในความอนุเคราะห์ ให้ยืมอุปกรณ์วัดความชื้น ตลอดจนให้คำปรึกษาเรื่องวิธีการใช้อุปกรณ์ดังกล่าว

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ นักศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆ พร้อมทั้งช่วยตรวจเทียบและแก้ไขทฤษฎีและอื่นๆ ที่ผิดพลาด จนเสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและยังให้กำลังใจต่อผู้วิจัยอย่างใกล้ชิดตลอดมา

สุดท้ายขอขอบคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้ทุนและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อรรณพ สัจจพงษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง IX

สารบัญภาพ XI

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 3

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย 3

1.4 ขอบเขตการวิจัย 4

1.5 คำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ 4

1.6 ขั้นตอนการศึกษา 5

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในงานวิจัย 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 สภาวะน่าสบาย 6

2.1.1 กลไกควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย 6

2.1.2 ปัจจัยของสภาวะน่าสบาย 7

2.1.3 ขอบเขตความน่าสบาย 9

2.2 ความชื้น 10

2.2.1 แหล่งกำเนิดความชื้น 11

2.2.2 คุณสมบัติของอากาศชื้น 12

2.2.3 การดูดซับความชื้นของอากาศ 14

2.2.4 หลักและวิธีการควบคุมความชื้น 15

2.2.5 การส่งผ่านความชื้น 22

2.2.6 การวัดความชื้น 23

2.3 การสร้างแผนภูมิขอบเขตสบายโดยอาศัยแผนภูมิไซโครเมตริก 26

2.3.1 ไซโครเมตริก 27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.2 ตารางไซโครเมตริก 27

2.3.3 กระบวนการบนแผนภูมิไซโครเมตริก 27

2.4 วิธีการควบคุมและลดความชื้นในอากาศ 31

2.4.1 การระบายอากาศ 31

2.4.2 สารดูดความชื้น.....36

2.4.3 เทคนิคการควบคุมขอบเขตสบาย 39

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 45

บทที่ 3 ข้อมูลทางกายภาพของกรุงเทพมหานคร.....49

3.1 สภาพภูมิอากาศ.....49

3.2 การหาค่าขอบเขตความสบาย.....52

3.3 ข้อมูลทางสถาปัตยกรรม.....54

3.3.1 ทิศทางที่ตั้งอาคารและสภาพแวดล้อม.....54

3.3.2 ผังและพื้นที่ใช้สอยภายในบ้านแถว.....54

3.4 รายละเอียดกรอบอาคาร.....59

3.4.1 การวิเคราะห์วัสดุผนังทึบ.....62

3.5 สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในบ้านแถว.....63

บทที่ 4 การดำเนินงานวิจัย 65

4.1 การออกแบบการลดความชื้นในอากาศที่เหมาะสมภายในบ้านแถว.....65

4.2 การทดลองเพื่อหาคุณสมบัติของการลดความชื้นด้วยสภาวะปกติ.....66

4.2.1 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของสภาวะอากาศปกติ.....66

4.2.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....66

4.3 การทดลองเพื่อหาคุณสมบัติของการลดความชื้นด้วยพัดลมระบายอากาศ.....67

4.3.1 การทดลองเพื่อเลือกระดับความเร็วลมของพัดลมระบายอากาศ.....67

4.3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....67

4.4 การทดลองเพื่อหาคุณสมบัติของการลดความชื้นด้วยสารลดความชื้น.....69

4.4.1 การทดลองเพื่อเลือกขนาดของสารลดความชื้น.....69

4.4.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....69

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 ผลการทดลอง 71
5.1 ผลการทดลองชุดที่ 1 การลดความชื้นที่สภาวะปกติ.....71
5.2 ผลการทดลองชุดที่ 2 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s 84
5.3 ผลการทดลองชุดที่ 3 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s 97
5.4 ผลการทดลองชุดที่ 4 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 1 kg. 110
5.5 ผลการทดลองชุดที่ 5 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 2 kg. 123

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 137
6.1 เกณฑ์ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....137
6.2 สรุปผลการทดลอง.....137
6.3 สรุปคุณสมบัติและข้อจำกัดของการทดลองในแต่ละกรณี 152
6.4 ข้อเสนอแนะ 152
6.5 ข้อจำกัดในการศึกษา.....153
6.6 อุปสรรคและแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อไป.....153

บรรณานุกรม.....154

ภาคผนวก.....155

ประวัติผู้เขียน.....163

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 เปรียบเทียบความเร็วลมตามมาตราโบฟอร์ด.....31

3.1 แสดงสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร ในปี 2551 ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา.....50

3.2 แสดงช่วงเวลาการใช้งานในส่วนต่างๆของอาคาร.....59

3.3 แสดงการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนของผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน.....62

3.4 แสดงการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนของผนังก่ออิฐมวลเบา.....63

3.5 แสดงการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนของหลังคา
กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน + ยิบซั่มบอร์ด + อลูมินั่มฟอยด์.....63

5.1 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 1 สภาวะปกติ บริเวณชั้นที่ 1.....75

5.2 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 1 สภาวะปกติ บริเวณชั้นที่ 2.....79

5.3 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 1 สภาวะปกติ บริเวณชั้นที่ 3.....83

5.4 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 2 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s บริเวณชั้นที่ 1.....88

5.5 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 2 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s บริเวณชั้นที่ 2.....92

5.6 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 2 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s บริเวณชั้นที่ 3.....96

5.7 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 3 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s บริเวณชั้นที่ 1.....101

5.8 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 3 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s บริเวณชั้นที่ 2.....105

5.9 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 3 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s บริเวณชั้นที่ 3.....109

5.10 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 4 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 1 kg บริเวณชั้นที่ 1.....114

5.11 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 4 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 1 kg บริเวณชั้นที่ 2.....118

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

5.12 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 4 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 1 kg บริเวณชั้นที่ 3.....122
5.13 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 5 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 2 kg บริเวณชั้นที่ 1.....127
5.14 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 5 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 2 kg บริเวณชั้นที่ 2.....131
5.15 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก
จากผลการทดลองชุดที่ 5 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 2 kg บริเวณชั้นที่ 3.....135
6.1 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องนั่งเล่น ชั้นที่ 1.....138
6.2 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องนั่งเล่น ชั้นที่ 1.....139
6.3 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องรับประทานอาหารชั้นที่1.....140
6.4 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องรับประทานอาหาร ชั้นที่ 1.....141
6.5 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องครัวชั้นที่ 1.....141
6.6 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องครัว ชั้นที่ 1.....142
6.7 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องพระชั้นที่ 2.....143
6.8 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องพระ ชั้นที่ 2.....144
6.9 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในโถงชั้นที่ 2.....144
6.10 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในโถง ชั้นที่ 2.....145
6.11 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องเก็บของชั้นที่ 2.....146
6.12 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องนอนชั้นที่ 3.....147
6.13 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องนอน ชั้นที่ 3.....148
6.14 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในโถงชั้นที่ 3.....149
6.15 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในโถง ชั้นที่ 3.....150
6.16 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าชั้นที่ 3.....150
6.17 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า ชั้นที่ 3.....151

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 แหล่งกำเนิดความชื้น....12

2.2 แผนภูมิไซโครเมตริก....12

2.3 การกรอง หรือการดักจับความชื้น (Infiltration)....15

2.4 ตัวอย่างการใช้ท่อหรือปล่องระบายอากาศ....15

2.5 การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ....16

2.6 การระบายอากาศโดยการใช้เครื่องกล....16

2.7 การทำความเย็นด้วยไอน้ำ....17

2.8 ไดอะแกรมตารางไซโครเมตริกแสดง Humidification / Dehumidification....17

2.9 ระบบการดูดซึมและการคายความชื้นของวัสดุอาคาร....17

2.10 ระบบการระบายน้ำ....18

2.11 ฉนวนกันความชื้น และแนวอากาศ....18

2.12 วัสดุอุดรอยรั่ว และตำแหน่งที่มักเกิดการรั่วซึม....19

2.13 ความลาดเอียงของพื้นที่....19

2.14 ไดอะแกรมไซโครเมตริกแสดงลักษณะอุณหภูมิกระเปาะแห้ง....20

2.15 ไดอะแกรมไซโครเมตริกแสดงลักษณะอุณหภูมิกระเปาะเปียก....20

2.16 ไดอะแกรมไซโครเมตริกแสดงลักษณะความชื้นสัมพัทธ์....20

2.17 ไดอะแกรมไซโครเมตริกแสดงลักษณะอุณหภูมิจุดน้ำค้าง....21

2.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัวกับอุณหภูมิ....21

2.19 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เมื่ออุณหภูมิคงที่ความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้น
ตามจำนวนไอน้ำที่เพิ่มขึ้นในอากาศ....24

2.20 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เมื่อจำนวนไอน้ำในบรรยากาศคงที่ความชื้นสัมพัทธ์
จะเพิ่มขึ้นตามการลดลงของอุณหภูมิ....25

2.21 ขอบเขตสบายบนตารางไซโครเมตริก....26

2.22 แสดงการอ่านค่าของเส้นบนแผนภูมิไซโครเมตริก....27

2.23 แสดงการผสมกันของอากาศหมุนเวียนกับอากาศภายนอก....28

2.24 กระบวนการของการทำความร้อนและเย็นสัมผัส....28

2.25 การทำความเย็นและการลดความชื้น....29

2.26 การลดความชื้นทางเคมี....29

2.27 การเพิ่มความชื้น....30

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.28 การทำความเย็นแบบระเหย....30

2.29 การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ....33

2.30 การระบายอากาศโดยพัดลมดูดอากาศ....34

2.31 ตัวอย่างอุปกรณ์ระบายอากาศ....34

2.32 การระบายอากาศ และความกดอากาศ....35

2.33 ตัวอย่าง **Silica Gel**, Indicating and non indicating grade, Silica sand for dry flower....38

2.34 ตัวอย่าง **Power dry desiccant 100% natural**, Structure of microspore of power dry miniral, Environmental Friendly....39

2.35 ตัวอย่าง **Other clay desiccant**, Mixed with calcium chloride, Very corrosive....39

2.36 แนวความคิดการควบคุมขอบเขตสบายโดยใช้วิธี Passive solar heating....39

2.37 ตัวอย่างเทคนิคการควบคุมขอบเขตสบายโดยใช้วิธี Passive solar heating....40

2.38 ตัวอย่างเทคนิคการควบคุมขอบเขตสบายโดยใช้วิธี Mass effect: Thermal storage....40

2.39 เทคนิคการควบคุมขอบเขตสบายโดยใช้วิธี Mass effect: Thermal storage ในเขตหนาวสำหรับสภาพอากาศที่ร้อนกว่าขอบเขตสบาย....41

2.40 ปัจจัยที่มีผลในการสะสมความร้อนในอาคาร....41

2.41 วัฏจักรการระบายอากาศโดยวิธี Night ventilation....42

2.42 ตัวอย่างการระบายอากาศโดยวิธี Stack effect....42

2.43 การระบายอากาศโดยธรรมชาติ....43

2.44 แนวความคิดวิธี Evaporation cooling....44

2.45 แนวความคิดวิธี Indirect evaporation cooling....44

2.46 Air path through system....47

2.47 Desiccant regeneration....47

2.48 Desiccant mode....48

3.1 แสดงค่าอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2551....50

3.2 แสดงค่าความชื้นต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2551....51

3.3 แสดงปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2551....51

3.4 แสดงความเร็วลมโดยเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2551....52

3.5 แสดงช่วงอุณหภูมิในขอบเขตสบายและปริมาณแสงแดดเฉลี่ยรายเดือน....53

3.6 ที่ตั้งอาคารและสภาพแวดล้อม....54

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.7 แปลนพื้นชั้นที่ 1.....55
3.8 แปลนพื้นชั้นที่ 2.....55
3.9 แปลนพื้นชั้นที่ 3.....55
3.10 รูปด้านที่ 1 ด้านทิศเหนือ.....56
3.11 รูปด้านที่ 2 ด้านทิศใต้.....56
3.12 รูปตัด A.....56
3.13 รูปตัด B.....57
3.14 ส่วนต้อนรับ.....57
3.15 ส่วนรับประทานอาหารและครัว.....58
3.16 ส่วนพักผ่อน.....58
3.17 ภาพแสดงทางด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออก.....60
3.18 ภาพแสดงทางด้านทิศเหนือ.....60
3.19 รูปด้านทิศใต้.....61
3.20 ภาพทัศนียภาพด้านทิศใต้.....61
3.21 ภาพพื้นที่ใต้หลังคา.....62
3.22 ภาพการหดตัวของวัสดุภายในอาคาร.....64
3.23 ภาพความชื้นสะสมบนผนังภายในอาคาร.....64
4.1 แปลนพื้นชั้นที่ 1 และตำแหน่งในการวัด.....65
4.2 แปลนพื้นชั้นที่ 2 และตำแหน่งในการวัด.....65
4.3 แปลนพื้นชั้นที่ 3 และตำแหน่งในการวัด.....66
4.4 แสดงตำแหน่งที่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ.....68
4.5 แสดงตำแหน่งในการวางสารดูดความชื้น.....70

- การเสื่อมทางเคมีและการละลายของโลหะ เช่น แผ่นยิปซั่ม, กระเบื้องหลังคา, ผลิตภัณฑ์จากไม้ และกระบวนการถูกทำลายทางเคมี เช่น การรวมตัวกันระหว่างคาร์บอเนตและอัลคาไลน์

- การเสื่อมของคอนกรีต, หิน และโครงสร้างของอาคาร

- การซีดจางของสีภายในและภายนอกอาคาร

- การเปลี่ยนแปลงของปริมาตร (การบวม, โค้ง, งอ, การหดตัว) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ลักษณะภายนอกเสียรูปไป, โครงสร้างเสียหายแตกหัก เป็นต้น

- การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทางชีวภาพ รวมไปถึงรา, พืชเล็กๆ, ไรฝุ่น เป็นต้น

ปัญหาเกี่ยวเนื่องกับความชื้นซึ่งเกิดขึ้นเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีการแก้ไขอย่างน้อย 4 สภาวะด้วยกัน คือ

1.1.1 แหล่งความชื้น

1.1.2 เส้นทางเคลื่อนที่ของความชื้น

1.1.3 แรงขับในการเคลื่อนที่ของความชื้น

1.1.4 อุปกรณ์ต่างๆ ที่ไวต่อความเสียหายจาก ความชื้น

การที่เราจะหลีกเลี่ยงปัญหาความชื้นนั้น จะต้องทำการกำจัดสภาวะทั้ง 4 ดังกล่าวเสียก่อน ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว การกำจัดแหล่งความชื้นให้หมดไป, การที่จะสร้างอาคารแห่งหนึ่งที่มีความสมบูรณ์ หรือการที่จะกำจัดแรงขับการเคลื่อนที่ของความชื้น แทบจะไม่มีความเป็นไปได้เลย อีกทั้งยังไม่เป็นการประหยัดด้วยที่จะใช้วัสดุที่ป้องกันการเสียหายจากความชื้น ดังนั้น ทางที่จะเป็นไปได้มากที่สุดคือ การระบุสาเหตุของปัญหาเพื่อที่จะเป็นการลดความเป็นไปได้ของปัญหาที่จะเกิดขึ้นด้วยเหตุนี้ การควบคุมหรือการจัดการกับความชื้น และลดความเสี่ยงของปัญหาที่เกิดจากความชื้นจะต้องมีการออกแบบที่เหมาะสม, การเลือกชิ้นส่วนของวัสดุต่างๆ ก็เป็นอีกจุดหนึ่งที่สำคัญ สำหรับการออกแบบ และการออกแบบโครงสร้างของอาคารด้วย

ปัญหาที่เกิดขึ้นและสาเหตุในการเลือกบ้านแถวมาทำการศึกษา

1) ปัญหาของบ้านแถวคือ ระบบโครงสร้างและงานระบบส่วนใหญ่มีการออกแบบให้ใช้ร่วมกันทำให้เกิดความร้อนและความชื้นสะสมที่ถ่ายเทจากห้องหนึ่งสู่ห้องหนึ่ง และยิ่งเป็นโครงการบ้านพักอาศัยในย่านรัชดาแล้วจะมีการวางแผนผังของหมู่บ้านเพื่อให้เกิดประโยชน์ใช้สอยให้มากที่สุด เนื่องจากที่ดินมีราคาแพง โดยจะมีการออกแบบให้หลังบ้านชนกันและมีที่ว่างของหลังบ้านในแต่ละหลังน้อยจึงทำให้ไม่เกิดการระบายอากาศที่ดีพอ เป็นสาเหตุของการสึกกร่อนของตัวโครงสร้างและวัสดุประกอบอาคาร อาจนำมาซึ่งเชื้อราต่างๆที่มีอันตรายต่อร่างกาย

2) ระบบการออกแบบทางสถาปัตยกรรมที่สื่อได้ถึงแนวโน้มในการระบายอากาศที่ไม่ได้ผลเนื่องจากไม่ได้วางผังโดยคำนึงถึงทิศทางของลม และรูปแบบของการวางอาคารเป็นไปตามทิศเหนือและทิศใต้ ทำให้ไม่สามารถนำลมมาใช้ประโยชน์ได้ดีเท่าที่ควร เป็นการนำมาซึ่งการสะสม

ความชื้นภายในบ้านทำให้เกิดการซีดจางของสีภายในที่ผนังห้อง การหดตัวของวัสดุที่เป็นไม้ภายในบ้านแถวและการเปลี่ยนรูปของวัสดุประกอบอาคาร

3) จากการสำรวจบ้านแถวโดยเบื้องต้นพบว่ามีการพยายามที่จะเปิดช่องเปิดเพื่อจะระบายอากาศแต่เป็นการกระทำที่ไม่มีทิศทางและสาเหตุแน่ชัด เพราะหลังจากที่มีผู้เข้าอยู่อาศัยพบว่าไม่ค่อยมีลมพัดผ่านและเกิดการถ่ายเทของอากาศได้ดีเท่าที่ควร จึงทำให้ภายในบ้านมีความรู้สึกไม่สบายรู้สึกอึดอัดและได้รับแสงสว่างภายในบ้านไม่เพียงพอ

4) ภายในบ้านแถวมีความร้อนและความชื้นสะสมมาก ทำให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อให้เกิดความสบายแก่ผู้อยู่อาศัยภายในที่พักอาศัยและภาระความร้อนที่ระบบปรับอากาศต้องดึงออกจากที่พักอาศัย ประกอบด้วย ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่มีอยู่ในอากาศและอุปกรณ์ตกแต่งบ้านทั่วไป จึงเป็นปัญหาทางด้านพลังงานไฟฟ้าในการทำให้เกิดความสบายแก่ผู้อยู่อาศัย

5) หมู่บ้านศุภาลัยเป็นชื่อบริษัทที่ได้รับความนิยมและรู้จักกันอย่างแพร่หลาย ทำให้มีโครงการบ้านแถวเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการปรับปรุงในเรื่องของการระบายอากาศเพื่อลดความชื้นภายในบ้านแถวจึงมีประโยชน์อย่างมากที่จะช่วยให้ผู้อยู่อาศัยมีความรู้สึกสบายมากยิ่งขึ้น และยังช่วยประหยัดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศได้ดีอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.2.1. ศึกษาข้อมูลสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร เพื่อหาแนวทางในการลดความชื้นของอากาศมาใช้เพื่อให้เกิดสภาวะความสบาย

1.2.2. ศึกษาความชื้นที่เกิดขึ้น โดยการเก็บข้อมูลทั้งอุณหภูมิและความชื้นภายนอกและภายในบ้านแถว

1.2.3. ศึกษาแนวทางในการลดความชื้นของอากาศ ทั้งระบบ PASSIVE และระบบ ACTIVE มาใช้ภายในบ้านแถว

1.2.4. ศึกษาและเสนอศักยภาพจากการทดลองในการลดความชื้นที่เหมาะสมในแต่ละ Function ภายในบ้านแถว

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

1.3.1. ประสิทธิภาพในการลดความชื้นของอากาศมีความสัมพันธ์กับความเร็วลมด้วยวิธีระบายอากาศ

1.3.2. ประสิทธิภาพความเร็วลมที่สามารถลดความชื้นในอากาศ เรียงลำดับจากมากไปน้อย

1.3.2.1. ระบายอากาศ (2.4 m/s)

1.3.2.2. ระบายอากาศ (0.6 m/s)

1.3.2.3. ที่สภาวะปกติ

1.3.3. ประสิทธิภาพในการลดความชื้นของอากาศมีความสัมพันธ์กับปริมาณของสารดูดความชื้น

1.3.4. ชนิดของสารดูดความชื้นมีผลต่อประสิทธิภาพในการลดความชื้นและอาจสร้างมลพิษทางอากาศได้ด้วย

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านต่างๆ ภายในบ้านแถว และทฤษฎีของการลดความชื้น ทั้งระบบ PASSIVE และ ระบบ ACTIVE

1.4.2. ศึกษาข้อมูลลักษณะทางกายภาพของกรุงเทพมหานคร

1.4.3. ศึกษาปริมาณความชื้นโดยการวัดด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1.4.4. ทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลเพื่อเป็นแนวทางในการลดความชื้นอากาศภายในบ้านแถว

1.4.5. สรุปแนวทางการปรับปรุงการลดความชื้นของอากาศภายในบ้านแถวเพื่อให้เกิดภาวะความสบาย

1.5 คำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ

1.5.1. บ้านแถว หรือ "ทาวน์เฮาส์" หมายถึง อาคารที่จะสร้างด้วยวัสดุทนไฟหรือไม่ทนไฟก็ได้ แต่ที่สำคัญก็คือ ต้องใช้เป็นที่อยู่อาศัย และห้ามสูงเกินกว่า ๓ ชั้น ซึ่งชั้นลอยไม่นับว่าเป็น "ชั้น" จะมีชั้นลอยอีก ๓ ชั้นก็ได้ (กฎ ๕๕ ข้อ ๑ กรุงเทพมหานคร)

1.5.2. ความชื้น หมายถึง ปริมาณของไอน้ำในอากาศเมื่ออุณหภูมิคงที่ ความอิ่มตัวของไอน้ำจะขึ้นอยู่กับความกดอากาศ จากกระบวนการระเหยจะมีไอน้ำเข้าสู่บรรยากาศ ทำให้เกิดความกดไอน้ำ (Water vapor pressure) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความกดอากาศ การเปลี่ยนแปลงของความกดไอน้ำในอากาศจึงมีผลโดยตรงต่อปริมาณไอน้ำในอากาศด้วย

1.5.3. ความชื้นสัมพัทธ์ หมายถึง ปริมาณเปรียบเทียบระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศขณะนั้นกับมวลของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิและปริมาตรเดียวกันนิยมคิดค่าเป็นร้อยละหรือ%

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

1.6.1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการลดความชื้นภายในอาคาร

1.6.2. ทำการสำรวจ และศึกษาเบื้องต้นเพื่อให้ทราบถึงปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น ทั้งทางด้านแนวคิด ทฤษฎี และปัจจัยต่างๆ ศึกษาถึงสาเหตุและตัวแปรที่เกี่ยวเนื่องกับสภาวะสบายทางภูมิอากาศ

1.6.3. นำข้อมูลที่ได้ในเบื้องต้น มาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการทดลอง

1.6.4. ทำการออกแบบการทดลอง

1.6.5. วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยเปรียบเทียบกันในแบบต่างๆ

1.6.6. สรุปผลการทดลอง อันจะนำไปสู่การปรับปรุง

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในงานวิจัย

1.7.1. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบอาคารเพื่อควบคุมและลดความชื้นของอากาศภายในบ้านแถวให้ผู้อาศัยมีสุขอนามัยที่ดี ลดมลพิษภายในบ้านและประหยัดพลังงาน โดยคำนึงถึงสภาวะน่าสบาย

1.7.2. ได้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองและเก็บข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาความชื้นของอากาศ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) [7]

ความรู้สึกน่าสบายของมนุษย์ในสภาพแวดล้อมหนึ่งๆ เป็นปัจจัยชี้วัดสภาพความต้องการ (Demand) และความคาดหวัง (Expectation) ทั้งทางด้านจิตภาพและกายภาพของมนุษย์ ต่อสภาพแวดล้อมรอบตัว เมื่อกล่าวถึงคำว่า "สภาวะน่าสบาย" สถาปนิกและนักศึกษาสถาปัตย์ส่วนใหญ่จะนึกถึงแค่ปัจจัย 6 อย่าง ซึ่งจะได้แก่ 1. อุณหภูมิอากาศ 2. ความชื้นสัมพัทธ์ 3. อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิว 4. ความเร็วลม 5. เสื้อผ้าที่สวมใส่ 6. อัตราการเผาผลานพลังงานของร่างกาย (สุนทร บุญญาธิการ,2542) แต่โดยส่วนมากมักจะมองแค่อุณหภูมิอากาศเป็นปัจจัยเดียวเพราะสามารถรับรู้ได้ชัดเจนที่สุดจากปัจจัยทั้งหกอย่างข้างต้น

ปัจจัยสี่อย่างแรกเป็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่สามารถถูกสร้างสรรค์หรือกำหนดได้โดยสถาปนิกนักออกแบบ แต่ปัจจัยสองอย่างหลังเป็นปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันไป และอยู่เกินขอบเขตการควบคุมของใครๆ ซึ่งอย่างไรก็ดี อาคารหนึ่งๆ จะต้องสามารถตอบสนองต่อความต้องการและความคาดหวังของ "คนส่วนใหญ่ที่ใช้อาคารนั้น" ได้ ดังนั้นการที่จะบอกว่าอาคารใดๆ หรือห้องใดๆ อยู่ในสภาวะน่าสบายหรือไม่นั้น จะต้องใช้เสียงคนส่วนใหญ่และไม่อาจใช้ความรู้สึกของกลุ่มบุคคลใด กลุ่มบุคคลหนึ่ง มาเป็นเกณฑ์วัดได้หากกลุ่มบุคคลนั้นมี "ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ" (Significant difference) จากประชากรเป้าหมายที่จะใช้อาคารนั้นๆ

จะเห็นว่าสภาวะน่าสบายที่ลึกซึ้งจึงเป็นเรื่องที่จะเริ่มยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น นอกจากจะเกี่ยวข้องกับตัวแปรทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังมีวิชาสถิติมาเกี่ยวข้องอีกด้วย จึงไม่ใช่เรื่องแปลกที่สถาปนิกทั่วไปมักจะไม่เข้าใจ หรือเข้าใจผิดๆ หรือบางครั้งก็จะยกเอาสภาวะน่าสบายของตนเองหรือของผู้ใกล้ชิดมาเป็นเกณฑ์การออกแบบ (Design criteria) หรือเอาเกณฑ์สภาวะน่าสบายของประชากรอื่นๆ (เช่นชาวตะวันตกเมืองหนาว) มาใช้กับอาคารที่มีผู้ใช้แตกต่างออกไป (เช่นชาวไทยในเขตร้อนชื้น) โดยไม่แน่ใจว่ามีขอบเขตการใช้อยู่แค่ไหน และในที่สุดก็เกิดคำถามกับตัวเองว่าที่ตนเองเชื่อ

2.1.1 กลไกควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย (Body Thermoregulation)

มนุษย์เป็นสัตว์เลือดอุ่นที่จะต้องรักษาอุณหภูมิของร่างการให้คงที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียส ตลอดเวลา ไม่ว่าสภาพแวดล้อมภายนอกจะเป็นอย่างไรก็ตาม จุดควบคุมอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์จะอยู่ภายในสมองในส่วนที่เรียกว่า ไฮโปธารามัส (Hypothalamus) โดยจะเชื่อมต่อกับระบบสัมผัสที่ผิวหนัง อวัยวะภายในร่างกาย และตัวรับสัญญาณในสมอง ระบบควบคุมอุณหภูมิ

ร่างกายจะทำงานโดยวิธีต่างๆ เช่น ควบคุมอัตราเผาผลาญพลังงาน (Metabolism) ขับเหงื่อ ควบคุมการไหลเวียนของเลือด การสั่นของกล้ามเนื้อในเวลาหนาว อย่างไรก็ดีถึงแม้ว่าอุณหภูมิร่างกายจะค่อนข้างคงที่ อุณหภูมิผิวหนังมักจะพยายามเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิผิวหนัง กับอุณหภูมิภายในร่างกายทำให้เกิดความไม่สมดุลและผลที่ตามมาคือสภาวะที่ไม่น่าสบาย (Discomfort) ในสภาพแวดล้อมที่ร้อน ผิดหนังจะมีมารขับเหงื่อออกมาเพื่อระบายความร้อนที่ผิวหนังโดยวิธี Evaporation แต่ในสภาพอากาศที่หนาวเย็น ร่างกายจะเพิ่มการไหลเวียนของเลือดมาที่ผิวหนัง แล้วเพิ่มการทำงานที่ผิวหนังโดยการสั่นของกล้ามเนื้อจะเห็นว่ากลไกควบคุมอุณหภูมิของร่างกายทำงานเพื่อรักษาสมดุลของการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายและสภาพแวดล้อมนั่นเอง ซึ่งสุมดุลดังกล่าว Fanger (1970) ได้อธิบายด้วย "สมการความสมดุลของความร้อนในร่างกาย" (Body heat balance equation) ดังต่อไปนี้

$$S = M + W + R + C + K - E - RES$$

โดยที่ S = ความร้อนสะสมในร่างกาย

M = อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย

W = งานที่ร่างการกระทำ

R = การแลกเปลี่ยนความร้อนกับภายนอกด้วยการแผ่รังสี

C = การแลกเปลี่ยนความร้อนกับภายนอกด้วยการพาความร้อน

K = การแลกเปลี่ยนความร้อนกับภายนอกด้วยการนำความร้อน

E = การสูญเสียความร้อนสู้ภายนอกด้วยการเสียเหงื่อ

RES = การสูญเสียความร้อนสู้ภายนอกด้วยลมหายใจ

2.1.2 ปัจจัยของสภาวะน่าสบาย

จาก "สมการความสมดุลของความร้อนร่างกาย" (Body heat balance equation) ที่กล่าวมาจะเห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์สามารถถูกแจกแจงได้เป็น 6 อย่าง ดังที่ทราบกันมาแล้ว โดยอุณหภูมิอากาศจะเป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อกระบวนการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำ (Conduction) และพาความร้อน (Convection) จากผิวหนังมนุษย์สู่อากาศที่แวดล้อมอยู่ ซึ่งก็คือค่า C and K ในสมการดังกล่าว ส่วนความชื้นสัมพัทธ์จะเป็นปัจจัยที่มีผลทางด้านการระบายความร้อนด้วยเหงื่อ (Evaporation heat loss หรือค่า E และค่า RES ในสมการข้างต้น) ทั้งนี้เพราะว่าในสภาพแวดล้อมที่ชื้น เหงื่อจะระเหยออกจากผิวหนังได้ลำบาก ซึ่งจะมีผลทำให้มนุษย์รู้สึกไม่สบายตัวด้วยความรู้สึกเปียกชื้นที่ผิวหนัง แต่ถ้าหากว่าสภาพแวดล้อมมีความชื้นต่ำเกินไป จะทำให้ผิวหนังแห้ง ริมฝีปากแตก เกิดไฟฟ้าสถิตที่ผิวหนัง รวมทั้งทำให้หายใจลำบากแสบจมูก นอกจากนี้เชื้อโรคต่างๆจะเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในสภาพแวดล้อมที่ชื้นเกินไปหรือแห้งเกินไปอีกด้วย

ทางด้านอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (Mean radiant temperature หรือ MRT)จัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญไม่น้อยไปกว่าอุณหภูมิอากาศเพราะ MRT จะมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวหนังกับสภาพแวดล้อมด้วยการแผ่รังสี ความร้อน (Radiation หรือค่า R ในสมการ) ถึงแม้ว่าอุณหภูมิกระเปราะแห้งแลความชื้นสัมพัทธ์จะอยู่ในเขตที่เหมาะสม แต่หากอุณหภูมิผิวผนังมีค่าสูงมาก มนุษย์ก็จะมีความรู้สึกไม่สบาย จากการวิจัยพบว่ามนุษย์จะรู้สึกเย็นลง 1.4 องศาเซลเซียส เมื่อ MRT ลดลง 1 องศาเซลเซียส ตัวอย่างเช่นภายในอาคารที่มีหน้าต่างกระจกเป็นพื้นที่มากๆ ความร้อนที่ผิวกระจกจะทำให้ผู้ใช้อาคารต้องการอุณหภูมิห้องที่ต่ำกว่าปกติเพื่อทดแทนกับความร้อนที่ร่างกายได้รับจากการแผ่รังสีความร้อนจากกระจกซึ่งบางครั้งผู้ใช้อาคารจะต้องตั้งอุณหภูมิห้องที่ 20-22 องศาเซลเซียส แทนที่จะเป็น 25 องศาเซลเซียส ซึ่งนอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานแล้ว ยังทำให้ผู้ใช้อาคารอื่นๆ ในห้องเดียวกันที่ไม่ได้ทำงานใกล้กระจกนั้นมีความรู้สึกหนาวเกินไป

ทางด้านความเร็วลม การเพิ่มความเร็วลมจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนจากผิวหนังด้วยการพาความร้อน (Convection) เป็นไปได้อย่างสะดวกกว่า ซึ่งยังมีผลให้เหลื่อแห้งเร็วขึ้นและอุณหภูมิผิวหนังลดลงอีกด้วย แต่อย่างไรก็ดี มิใช่ว่าความเร็วลมยิ่งสูงจะยิ่งดีเสมอไป ASHRAE ได้จำกัดความเร็วสมสูงสุดในสำนักงานไว้ที่ 0.80 เมตรต่อวินาที เพื่อมิให้กระดาษหรือเส้นผมปลิวทำความรำคาญแกผู้ใช้อาคาร หรือทำให้ผู้ใช้อาคารที่นั่งตรงช่องเป่าลมเย็น (Supply air diffuser) รู้สึกหนาวจนไม่สบายตัว นอกจากนี้ ASHRAE ยังแนะนำอีกว่าไม่ควรเพิ่มความเร็วลมถ้าหากอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่า 37 องศาเซลเซียส เพราะจะยิ่งเป็นการเพิ่มความรู้สึกร้อนให้แก่ผู้ใช้อาคาร นอกเหนือจากงานวิจัยของ ASHRAE แล้วยังมีงานวิจัยอีกหลายชิ้นที่สนับสนุนการเพิ่มความเร็วลมเพื่อเพิ่มขอบเขตของสภาวะน่าสบาย งานศึกษาหลายชิ้นต่างก็พบว่ามนุษย์ต้องการความเร็วลมที่มากว่า 0.80 เมตรต่อวินาที เพื่อที่จะมีสภาวะน่าสบายในห้องที่ร้อนหรือชื้นกว่าปกติ

นอกจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่กล่าวมาแล้ว เสื้อผ้าเครื่องแต่งกายยังมีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวของผู้ใช้อาคาร ระดับความหนาบางของเสื้อผ้าเครื่องแต่งกายที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายสามารถกำหนดได้โดยอาศัยค่า Clo value ซึ่งค่า Clo = 1 หมายถึงการแต่งกายด้วยเสื้อสูทแบบสากล จุดประสงค์ของการใช้ค่า Clo ก็เพื่อแยกแยะการแต่งกายฤดูหนาวออกจากฤดูร้อนโดยทั่วไปการแต่งกายในฤดูร้อนจะมีค่า Clo ระหว่าง 0.35- 0.60 สำหรับเสื้อกระโปรงหรือกางเกงผ้าไม่หนาแต่การแต่งกายในฤดูหนาว (ในประเทศเมืองหนาว) จะประกอบด้วยเสื้อกันหนาวหนา ผ้าพันคอ ถุงเท้าหน้า ซึ่งจะทำให้มีค่า Clo อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.20 การที่ผู้ใช้อาคารแต่งตัวแตกต่างกันไปตามฤดูกาล ทำให้ความต้องการสภาวะน่าสบายเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นในฤดูหนาวผู้ใช้อาคารจะต้องการอุณหภูมิห้องที่เย็นกว่าปกติเพื่อให้เหมาะสมแก่การแต่งกาย ส่วนในฤดูร้อนการใส่เสื้อผ้าบางทำให้ผู้ใช้อาคารต้องการห้องที่ไม่เย็นมากนัก แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากประเทศไทยมีอากาศที่ไม่แตกต่างกันมากนักโดยตลอดปี ทำให้การแต่งกายของคนไทยในฤดูต่างๆ ไม่ต่างกันนัก ดังนั้น

การแบ่งเขตสภาวะน่าสบายเป็นสองฤดูจะไม่มีความจำเป็นสำหรับคนไทย ค่า Clo สำหรับการแต่งกายทำงานของคนไทยควรจะอยู่ประมาณ 0.35-0.60 หรือการแต่งกายแบบฤดูร้อนของประเทศเมืองหนาวนั่นเอง อย่างไรก็ดี การแต่งกายของคนไทยโดยเฉพาะในภาคธุรกิจมีแนวโน้มว่าจะเริ่มคล้ายคลึงกับของชาติตะวันตกมากขึ้นทุกขณะ รวมทั้งการใช้ชีวิตอยู่ในห้องปรับอากาศเป็นเวลามากขึ้น ดังนั้นการวิจัยเรื่องขอบเขตสภาวะน่าสบายของคนไทยโดยเฉพาะจึงยังมีความสำคัญอยู่มาก ถึงแม้ว่าจะไม่จำเป็นที่จะต้องกำหนดตายตัวออกไปว่าควรจะเป็นเท่าใด

2.1.3 ขอบเขตความน่าสบาย (Comfort Zone)

การพิจารณาเขตสบาย (Comfort Zone) ในทางภูมิศาสตร์ ผู้ที่อยู่ในเขตร้อนจะเคยชินและมีสภาวะสบาย ในระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าผู้ที่อยู่ในเขตอบอุ่น ซึ่ง Victor Olgyay ได้กำหนดให้เขตภูมิอากาศอื่นๆ สามารถปรับขอบเขตของเขตสบายให้สูงขึ้น โดยทุก 5 องศาของเส้นรุ้ง ที่ต่ำกว่าเส้นรุ้งที่ 40 องศา ให้ปรับแผนภาพให้สูงขึ้น $^{3}/_{4}$ องศาฟาเรนไฮน์ ซึ่งแผนภาพชีวอากาศของกรุงเทพฯ ที่เส้นรุ้ง 13 องศาเหนือ (ใต้) ได้ปรับระดับของเขตสบายตามที่กำหนด จะได้เขตสบายที่มีอุณหภูมิระหว่าง 72 – 85 องศาฟาเรนไฮน์ และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20 % – 70 %

Comfort Chart ตาม ASHRAE กำหนดโดยใช้ Effective Temperature และ Operative Temperature บนพื้นฐานของการใช้เสื้อผ้าระดับ 0.9 Clo อัตราความเร็วลมน้อยกว่า 30 ฟุต / นาที ในหน้าหนาวและ 0.5 Clo อัตราความเร็วลมน้อยกว่า 50 ฟุต/นาที ในหน้าร้อน ซึ่งขอบเขตของเขตสบายนี้ ASHRAE จะกำหนด ET 22 องศาเซลเซียส สำหรับอากาศเย็นเล็กน้อยและ ET 27 องศาเซลเซียส สำหรับอากาศอบอุ่นเล็กน้อย ช่วงบนและล่างของเขตสบายตามภาพจะสัมพันธ์กับ Dew Point Temperature ที่ 16.7 และ 1.7 องศาเซลเซียส ด้านซ้ายและขวาที่แสดงด้วยเส้นเอียงจะเป็นเส้น Effective Temperature

เขตสบายในหน้าหนาวจะอยู่ระหว่าง DBT 19.5 – 23 องศาเซลเซียส Dew Point Temperature 16.7 และ DBT 20.2 – 24.6 Dew Point Temperature 1.7 องศาเซลเซียส โดยมี ET 20 – 23 องศาเซลเซียส

เขตสบายในหน้าร้อนจะอยู่ระหว่าง DBT 22.6 – 26 องศาเซลเซียส Dew Point Temperature 16.7 และ DBT 23.3 – 27.2 Dew Point Temperature 1.7 องศาเซลเซียส โดยมี ET 28 – 26.1 องศาเซลเซียส

ASHRAE Comfort Chart จะใช้ร่วมกับ Phychrometric Chart เพื่อกำหนดค่าต่างๆ ในการปรับสภาพอากาศ เพื่อใช้ในการออกแบบคำนวณขนาดของเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมต่อไปซึ่งการใช้ระบบเครื่องกลในการปรับสภาวะอากาศจะเป็นตัวแปรที่สำคัญในการประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น เช่นประเทศไทย

แต่หากจะพิจารณาถึงอิทธิพลของภูมิอากาศต่องานสถาปัตยกรรมและการปรับให้พบกับสภาวะที่สบายในอาคาร นอกเหนือจากการศึกษาสภาพของที่ตั้งแล้ว จำเป็นต้องศึกษาถึงข้อมูลต่างๆ ทางอุตุนิยมวิทยา (Climatology Data) เช่น อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด – ต่ำสุดของเดือน ความชื้นสูงสุด – ต่ำสุดของเดือน ความชื้นสัมพันธ์ อัตราความเร็วลมในแต่ละเดือนและตลอดปี ฯลฯ ของสถานที่ตั้งอาคาร เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการดำเนินการหาเขตสบาย (Comfort Zone) จาก Effective Temperature และ Comfort Zone Range ของอาคารตามสถานที่ตั้งนั้นๆ ผนวกกับการใช้แผนภูมิ Nomogram ของ Carl T Mahoney เพื่อหาช่วงเวลาของอาคารที่จะอยู่ในสภาวะที่สบายว่าจะอยู่ในช่วงใด และช่วงใดที่จะต้องใช้การออกแบบช่วย เช่นการใช้ที่กันแดดหรือการใช้พลังงานในการปรับอุณหภูมิ เพื่อให้อาคารอยู่ในสภาวะที่สบาย โดยสามารถหาเขตสบายดังกล่าวตามตัวอย่างซึ่งใช้ Climatology Data ของสถานีหัวหิน ที่เส้นรุ้ง 12 องศา 35 เหนือ ได้ดังนี้

[7] เอกสารอ้างอิง ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร, **"สร้างสรรค์อาคารสบาย"**, สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์

2.2 ความชื้น (Humidity)[8]

ละอองน้ำในอากาศ สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูง ปริมาณละอองน้ำในอากาศสามารถสูงตามขึ้นด้วย "ความชื้นสมบูรณ์" (Absolute humidity) คือปริมาณน้ำที่รวมกันในอากาศ วัดได้จากหยดน้ำต่ออากาศแห้ง 1 ปอนด์ ความกดดันโดยทั่วไปวัดจากปรอทสำหรับวัดความกดของอากาศ หน่วยวัดความกดของอากาศเป็นมิลลิเมตรโดยใช้กับความชื้นด้วย ซึ่งเรียกว่า "ความดันไอน้ำ" (Vapour pressure) "ความชื้นสัมพัทธ์" (Relative humidity) ความชื้นสัมพัทธ์ของที่แห่งใดแห่งหนึ่ง คืออัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างปริมาณความดันของไอน้ำที่มีอยู่จริงในบรรยากาศขณะนั้นกับปริมาณความดันของไอน้ำที่จะมีอยู่เมื่อบรรยากาศนั้นเกิดขึ้นถึงจุดอิ่มตัวในอุณหภูมิที่เท่ากัน ค่าของความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้อ่านเป็นเปอร์เซ็นต์

โดยปกติแล้วความชื้นที่อยู่ในรูปแบบของก๊าซจะไม่สามารถมองเห็น แต่ในกรณีที่เกิดการควบแน่น (Saturation) สามารถมองเห็นได้ พบว่าอุณหภูมิสูงจะมีความชื้นน้อยกว่าและมีความจุความชื้นมากกว่าอุณหภูมิต่ำ อากาศปกติหรืออากาศที่อยู่รอบตัวเราจะมีไอน้ำปนอยู่ด้วยเสมอ เรียกว่า "อากาศชื้น" จะมีส่วนผสมระหว่างอากาศแห้งและไอน้ำปนอยู่ปริมาณของไอน้ำที่ปนอยู่ในอากาศนี้มีค่าแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับพื้นที่และบริเวณรอบข้าง โดยระดับไอน้ำในอากาศนั้นมีค่าตั้งแต่ศูนย์จนถึงสภาวะอิ่มตัว ดังสมการ

อากาศชื้น = อากาศแห้ง + ไอน้ำ

ถ้าเราทำให้อากาศอิ่มตัวเย็นลงหรือลดอุณหภูมิของอากาศอิ่มตัวลง ไอน้ำส่วนเกินก็จะกลั่นตัวออกมาในรูปแบบของน้ำค้าง

[8] เอกสารอ้างอิง รศ. ตรึงใจ บูรณสมภพ, **"การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย"**, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พระนคร 2514

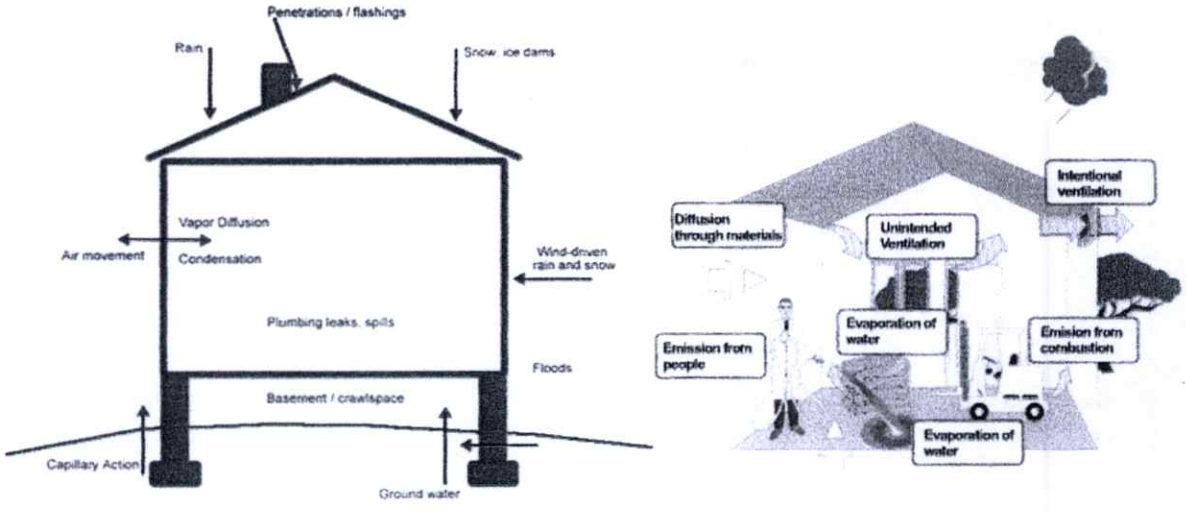
อากาศชื้น (Moist air) หมายถึง อากาศแห้งรวมกับไอน้ำ น้ำเข้าสู่บรรยากาศโดยกระบวนการระเหยกลายเป็นไอน้ำ โดยปริมาณไอน้ำในบรรยากาศจะเปลี่ยนแปลงตามสถานที่และเวลา

ความชื้น (Humidity) หมายถึง ปริมาณของไอน้ำในอากาศ (การอิ่มตัว: Saturation ก่อนมวลอากาศก้อนหนึ่งอิ่มตัว หมายความว่า มวลอากาศก้อนนั้นบรรจุไอน้ำได้เต็มที่ ณ อุณหภูมิและความกดนั้นไม่สามารถรับไอน้ำเพิ่มได้อีก แต่ถ้ามีการเปลี่ยนอุณหภูมิหรือความกดก็จะทำให้จุดอิ่มตัวเปลี่ยนแปลงไปด้วย อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้อากาศสามารถรับไอน้ำได้มากขึ้น อากาศร้อนจึงสามารถรับไอน้ำได้มากกว่าอากาศเย็น) เมื่ออุณหภูมิคงที่ ความอิ่มตัวของไอน้ำจะขึ้นอยู่กับความกดอากาศ จากกระบวนการระเหยจะมีไอน้ำเข้าสู่บรรยากาศ ทำให้เกิดความกดไอน้ำ (Water vapor pressure) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความกดอากาศ การเปลี่ยนแปลงของความกดไอน้ำในอากาศจึงมีผลโดยตรงต่อปริมาณไอน้ำในอากาศด้วย

2.2.1 แหล่งกำเนิดความชื้น

แหล่งกำเนิดความชื้น จำแนกออกเป็น 3 รูปแบบหลักๆ คือ

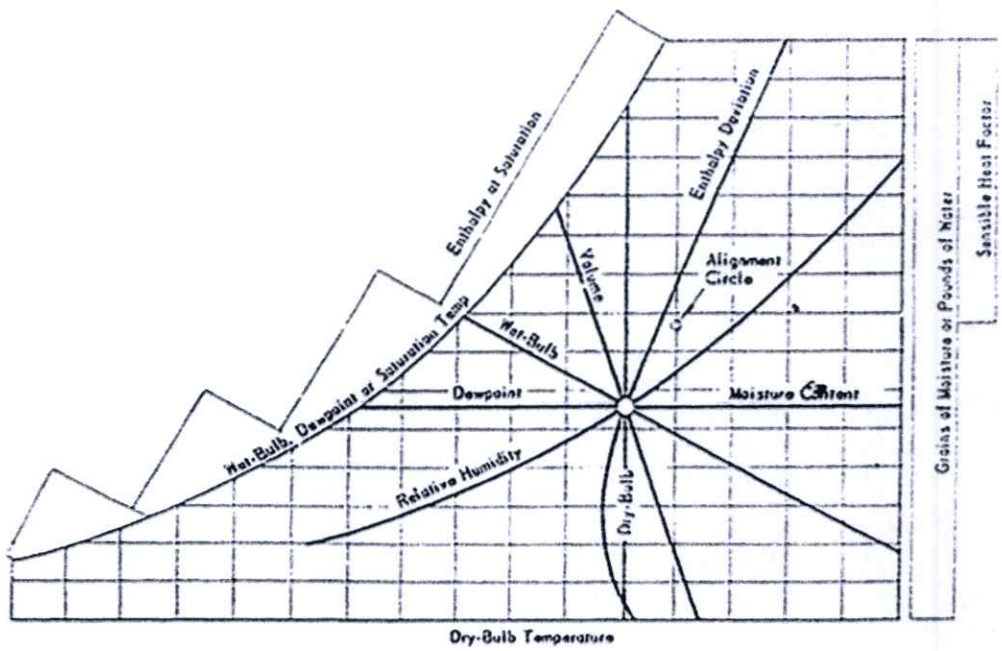
1. ความชื้นในส่วนโครงสร้าง
2. ความชื้นที่เกิดจากกิจกรรมภายในอาคาร (อุปกรณ์ต่างๆ การทำอาหาร อาบน้ำ การหายใจ และการขับเหงื่อของผู้อยู่อาศัย)
3. ความชื้นจากภายนอกอาคาร (Air movement, Vapor diffusion, Capillary suction, Liquid flow)



ภาพที่ 2.1 แหล่งกำเนิดความชื้น

2.2.2 คุณสมบัติของอากาศชื้น

คุณสมบัติทางความร้อนของอากาศชื้นสามารถแสดงคุณสมบัติของอากาศโดยใช้แผนภูมิไซโครเมตริก ซึ่งคำจำกัดความของส่วนต่างๆ ในไซโครเมตริกได้อธิบายไว้ดังนี้



ภาพที่ 2.2 แผนภูมิไซโครเมตริก

2.2.2.1 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature) คืออุณหภูมิอากาศโดยรวม

2.2.2.2 อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature) คืออุณหภูมิอากาศที่วัดในขณะที่เกิดความร้อนแฝง (จากการเปลี่ยนแปลงสถานะ โดยการนำสำลีที่ชุ่มน้ำหุ้มปลายเทอร์โมมิเตอร์) ที่มีผลกับอุณหภูมิอากาศ ในกรณีที่อากาศแห้งการระเหยของน้ำจะมาก อุณหภูมิกระเปาะเปียกจะต่ำ ถ้าอากาศมีความชื้นมากการระเหยของน้ำจะน้อยอุณหภูมิกระเปาะเปียกจะสูง และในกรณีอากาศมีความอิ่มตัว การระเหยมีผลโดยตรงกับความจุความชื้นของอากาศ ดังนั้นอุณหภูมิกระเปาะเปียกจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ถ้าอากาศยังไม่อิ่มตัว (ความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า 100%) ผลต่างระหว่างอุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิกระเปาะเปียก เรียกว่าค่าลดกระเปาะเปียก (Wet bulb depression) อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (DP) คืออุณหภูมิซึ่งอากาศตัวอย่างที่กำหนดต้องถูกทำให้เย็นลงเพื่อความชื้นจะเริ่มควบแน่นออกมาจากอากาศเมื่ออากาศอิ่มตัว อุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุณหภูมิกระเปาะเปียก และจุดน้ำค้างจะมีค่าเท่ากันทั้งหมด

2.2.2.3 ความดันของไอน้ำ (Partial pressure of water vapor) คือความดันย่อย (Partial pressure) ของโมเลกุลไอน้ำที่อยู่ในอากาศชื้น ซึ่งถ้าใช้บารอมิเตอร์วัด ค่าที่วัดได้คือ ความดันรวม (ความดันของส่วนอากาศแห้งรวมกับความดันของส่วนไอน้ำ)

2.2.2.4 อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio) บางครั้งเรียกว่าความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) ใช้สัญลักษณ์ "w" ปริมาณของน้ำในอากาศที่แสดงในลักษณะอัตราส่วนของมวลของน้ำต่อหน่วยมวลของอากาศแห้ง (ปอนด์ต่อปอนด์ หรือ กิโลกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งในบางครั้งอาจใช้เกรนของน้ำต่อปอนด์ของอากาศแห้ง โดยหนึ่งปอนด์เท่ากับ 7000 เกรน อัตราส่วนความชื้นในอากาศจะมีค่าคงที่เสมอ ถ้าไม่มีการเพิ่มปริมาณความชื้นใหม่ให้กับอาคารหรือการเอาความชื้นออกจากอาคาร โดยทำให้เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ซึ่งน้ำหนักของไอน้ำและอากาศแห้งในบรรยากาศที่อยู่ในอากาศชื้นเป็นก๊าซอุดมคติ

2.2.2.5 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คืออัตราส่วนของความชื้นที่มีอยู่ในอากาศขณะนั้นกับปริมาณความชื้นมากที่สุดที่อากาศรับเอาไว้ได้ที่อุณหภูมิเดียวกัน หรืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของไอน้ำในอากาศเทียบกับน้ำหนักไอน้ำที่ควรจะมีได้เต็มที่ในขณะนั้น ในปริมาตรที่เท่ากันในอุณหภูมิเดียวกัน ค่าของความชื้นสัมพัทธ์ที่อ่านได้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

2.2.2.6 ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น (Humid Specific Volume) หรือความหนาแน่นและปริมาตรจำเพาะ (Density and Specific Volume) คือปริมาตรอากาศชื้นต่อหน่วยน้ำหนักอากาศแห้ง ความหนาแน่นอ้างอิงตามมวลของอากาศชื้นต่อหน่วยปริมาตร หน่วยคือ ปอนด์ของอากาศต่อลูกบาศก์ฟุต (หรือกิโลกรัมของอากาศต่อลูกบาศก์เมตรในระบบ SI) สำหรับปริมาตรจำเพาะคือส่วนกลับของความหนาแน่น

2.2.2.7 จุดน้ำค้าง (Dew Point) คืออุณหภูมิที่ความชื้นภายในอากาศเริ่มกลั่นตัวเป็นหยดน้ำมีหน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศจะไม่คงที่แต่จะขึ้นอยู่กับ (อัตราส่วนความชื้น)ปริมาณความชื้นในอากาศถ้าอัตราส่วนความชื้นในอากาศมีมาก อุณหภูมิจุดน้ำค้างจะสูง ในทางกลับกันถ้าอัตราส่วนความชื้นในอากาศมีน้อย อุณหภูมิจุดน้ำค้างจะต่ำ

2.2.2.8 เอธาลปี (Enthalpy) กำหนดโดยสัญลักษณ์ "h" คือพลังงานหรือปริมาณความร้อนของอากาศชื้นต่อหน่วยน้ำหนักอากาศแห้ง เป็นผลรวมของพลังงานภายในบวกผลคูณของความดันกับปริมาตรจำเพาะ ($h = u + pv$) หน่วย Btu ต่อปอนด์ของอากาศแห้ง (หรือ kJ/kg ของอากาศแห้ง) ซึ่งค่าเอธาลปีของอากาศแห้งมีค่าเป็นศูนย์ ที่อุณหภูมิ 0^0F แต่ค่าเอธาลปีของไอน้ำเท่ากับศูนย์ที่ 32^0F

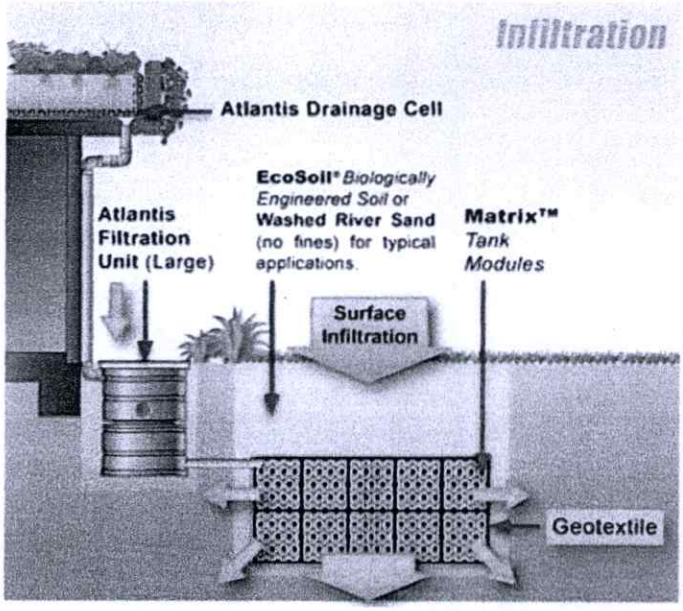
2.2.2.9 เปอร์เซ็นต์ความชื้น (Percentage Humidity) หรืออัตราส่วนความอิ่มตัว (Saturation Ration) คืออัตราส่วนความชื้นของอากาศชื้น และอัตราส่วนความชื้นของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน

2.2.3 การดูดซับความชื้นของอากาศ

อากาศที่อุณหภูมิหนึ่งๆ มีความสามารถในการดูดซับความชื้นได้ปริมาณหนึ่ง เช่น อากาศที่อุณหภูมิ 58^0C มีความสามารถดูดซับความชื้นได้เต็มที่ (ถึงจุดอิ่มตัว) 217.5 เกรน/อากาศแห้งหนึ่งปอนด์ แต่อากาศที่ 8^0C มีความสามารถดูดซับความชื้นได้เพียง 36.5 เกรน/อากาศแห้งหนึ่งปอนด์ สมมติว่าในตอนกลางวันมีอุณหภูมิกระเปาะแห้ง 58^0C และมีอุณหภูมิกระเปาะเปียก 48^0C ซึ่งขณะนั้นอากาศมีอัตราส่วนความชื้น 139 เกรน/อากาศแห้งหนึ่งปอนด์ มีความชื้นสัมพัทธ์ 65% และมีอุณหภูมิจุดน้ำค้าง 43^0C ซึ่งหมายถึงว่าถ้าอุณหภูมิของอากาศลดลงต่ำกว่า 43^0C ความชื้นของอากาศจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ สมมติว่าในเวลากลางคืนอุณหภูมิของอากาศลดลงเป็น 38^0C ซึ่งต่ำกว่าจุดน้ำค้างของอากาศที่ 43^0C ดังนั้นในเวลากลางคืนจะมีน้ำค้าง

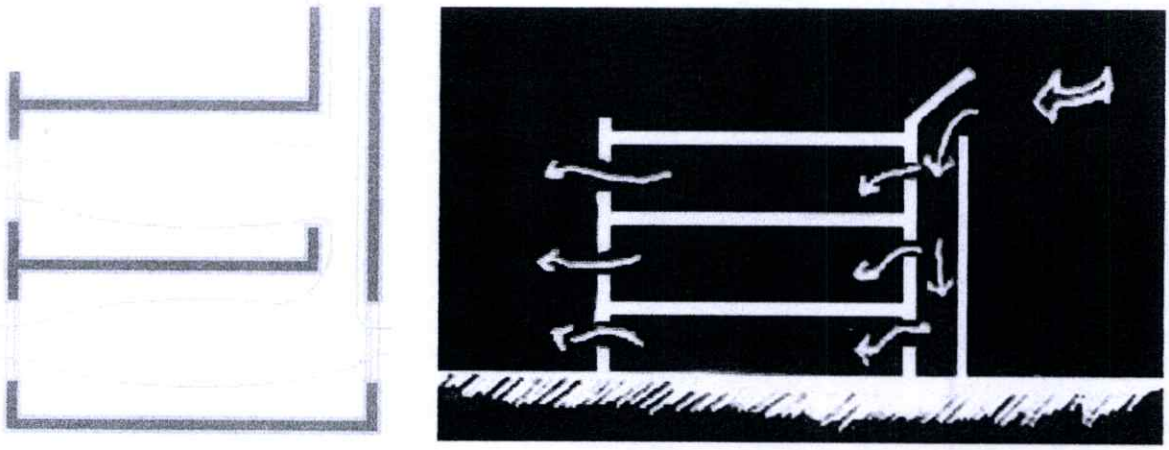
2.2.4 หลักและวิธีการควบคุมความชื้น [1]

1. การกรอง หรือดักจับความชื้น (c)



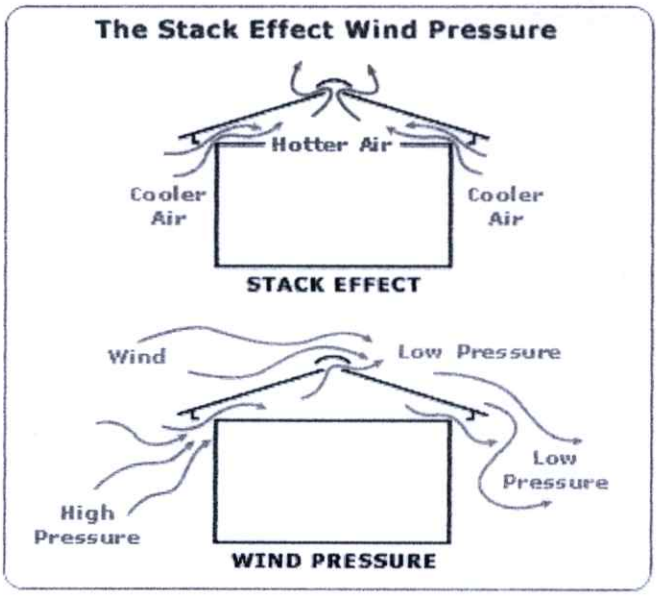
ภาพที่ 2.3 การกรอง หรือการดักจับความชื้น (Infiltration)

2. การใช้ท่อหรือปล่องระบายอากาศ (Chimney effect)

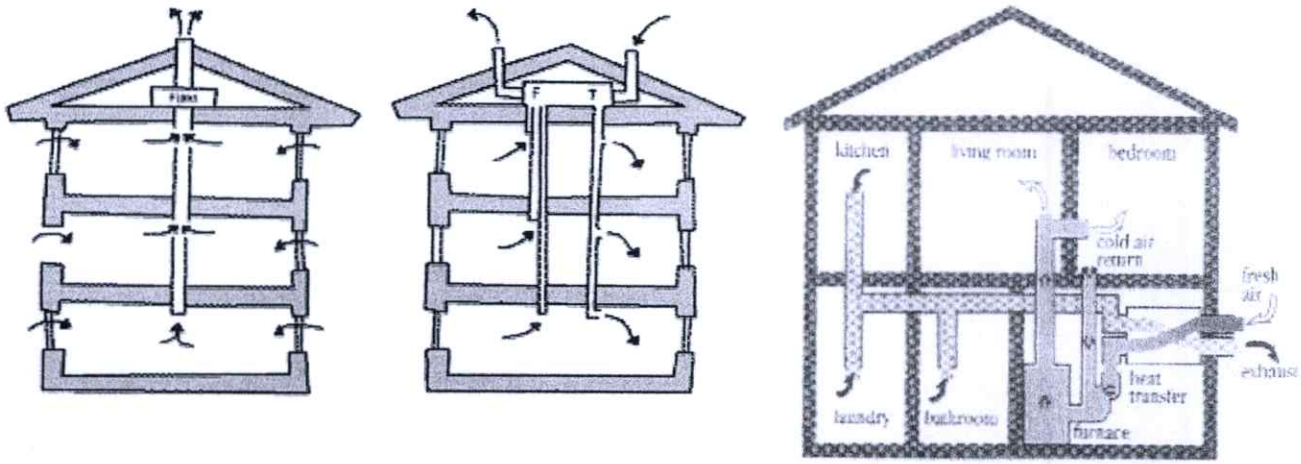


ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างการใช้ท่อหรือปล่องระบายอากาศ

3. การระบายอากาศโดยธรรมชาติหรือใช้เครื่องกล (Ventilation, natural and mechanical)



ภาพที่ 2.5 การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

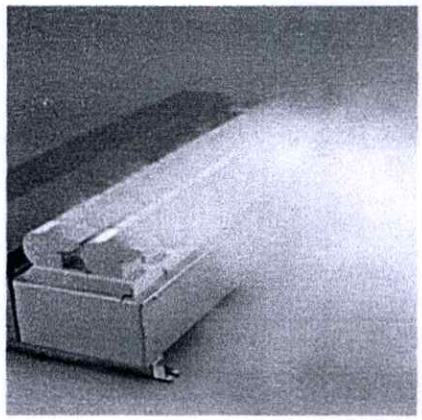


ภาพที่ 2.6 การระบายอากาศโดยการใช้เครื่องกล

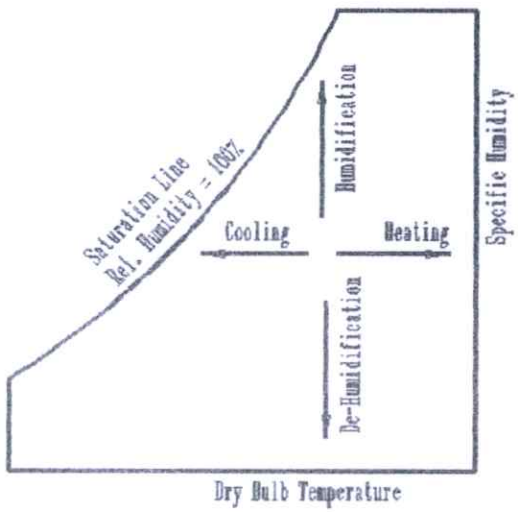
4. ความแตกต่างของความกดอากาศภายนอกและภายในอาคาร (Indoor / Outdoor pressure difference)

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

5. การทำให้เปียกและการทำให้แห้ง (Humidification / Dehumidification)

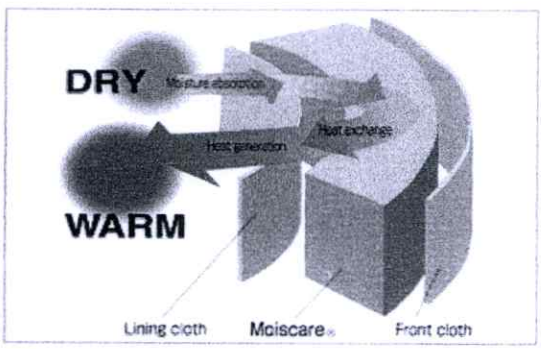


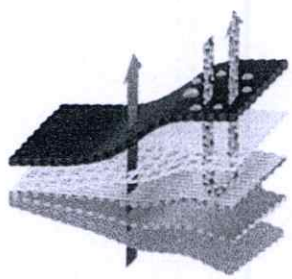
ภาพที่ 2.7 การทำความเย็นด้วยไอน้ำ



ภาพที่ 2.8 ไดอะแกรมตารางไซโครเมตริกแสดง Humidification / Dehumidification

6. ระบบการดูดซึมและการคายความชื้นของวัสดุอาคาร (Cyclic absorption and desorption of moisture)

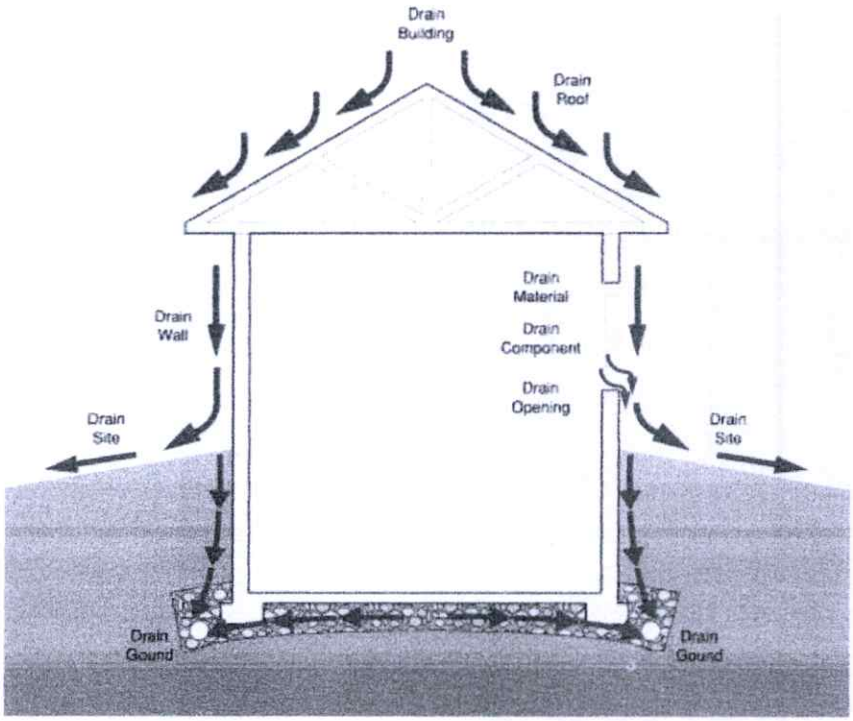




ภาพที่ 2.9 ระบบการดูดซึมและการคายความชื้นของวัสดุอาคาร

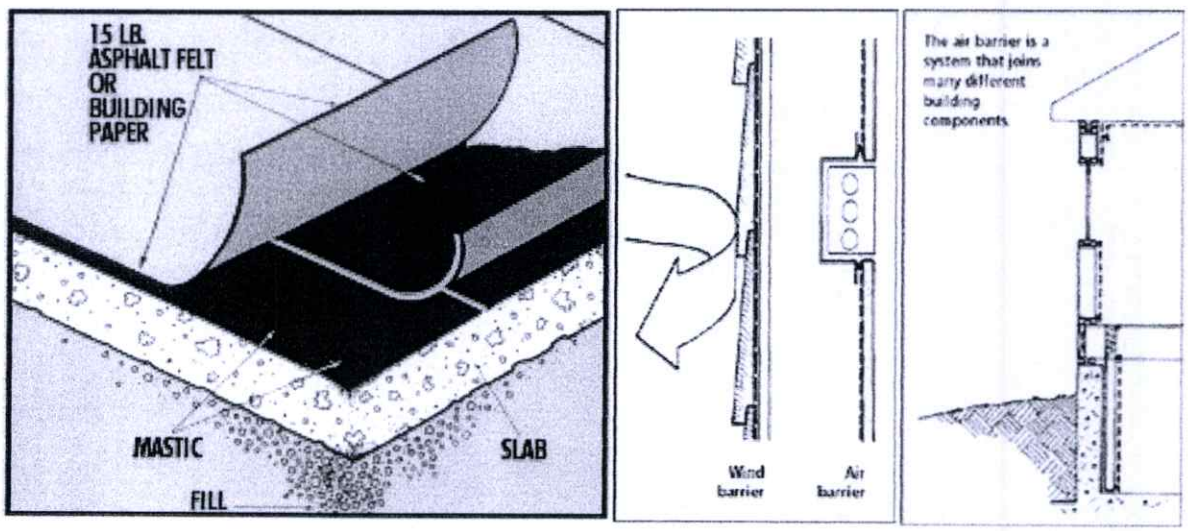
105073

7. การระบายน้ำ (Drainage of water)



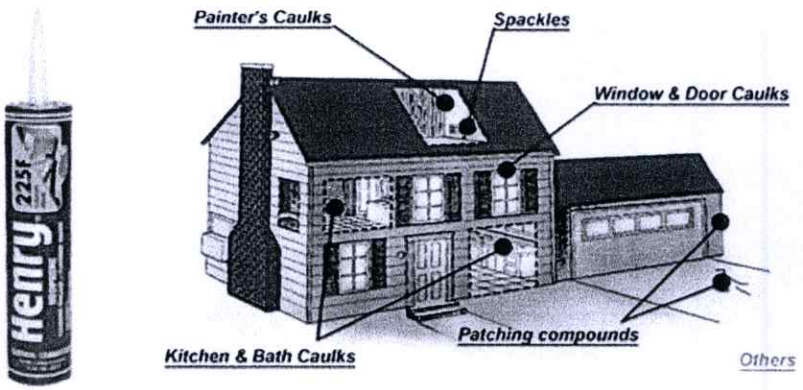
ภาพที่ 2.10 ระบบการระบายน้ำ

8. ฉนวนกันความชื้น และแนวอากาศ (Vapor retarders and air barriers)



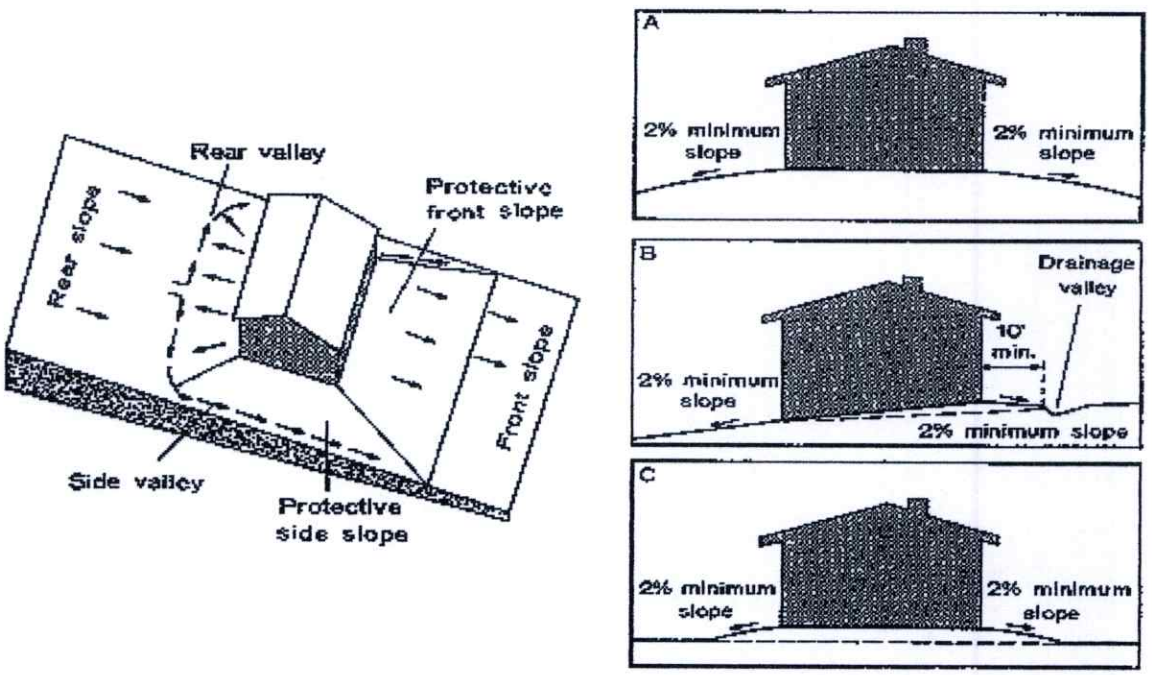
ภาพที่ 2.11 ฉนวนกันความชื้น และแนวอากาศ

9. วัสดุอุดรอยรั่วและสามารถกันน้ำได้ (Caulking and sealant)



ภาพที่ 2.12 วัสดุอุดรอยรั่ว และตำแหน่งที่มักเกิดการรั่วซึม

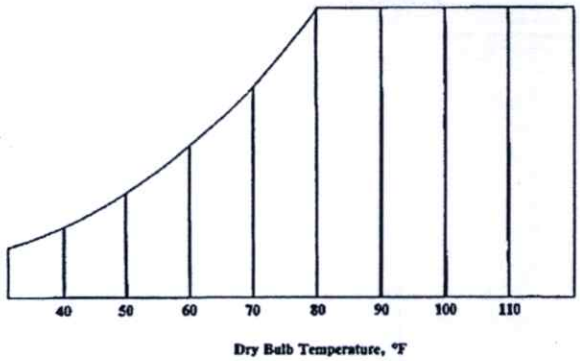
10. ลักษณะทางภูมิสถาปัตยกรรม (Landscaping)



ภาพที่ 2.13 ความลาดเอียงของพื้นที่

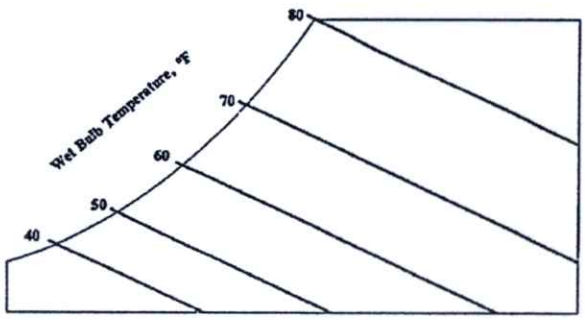
หลักการสำคัญในการประเมินสภาพของความชื้น

1. ความดันบรรยากาศ (Barometric Pressure)
2. อุณหภูมิ (Temperature)



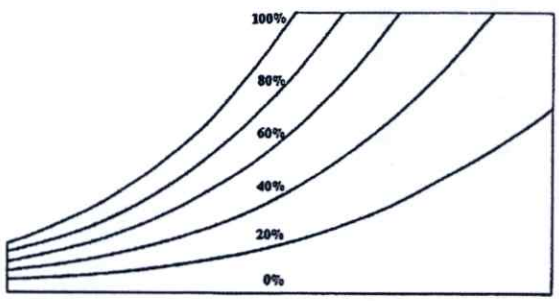
ภาพที่ 2.14 ไดอะแกรมไซโครเมตริกแสดงลักษณะอุณหภูมิกระเปาะแห้ง

3. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet-bulb Temperature)



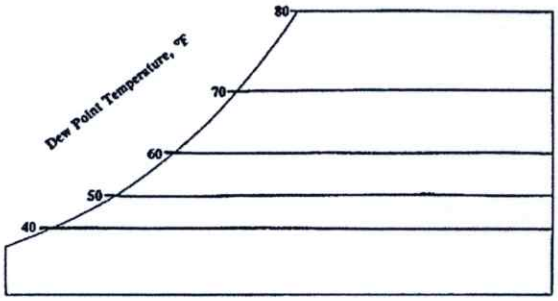
ภาพที่ 2.15 ไดอะแกรมไซโครเมตริกแสดงลักษณะอุณหภูมิกระเปาะเปียก

4. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)



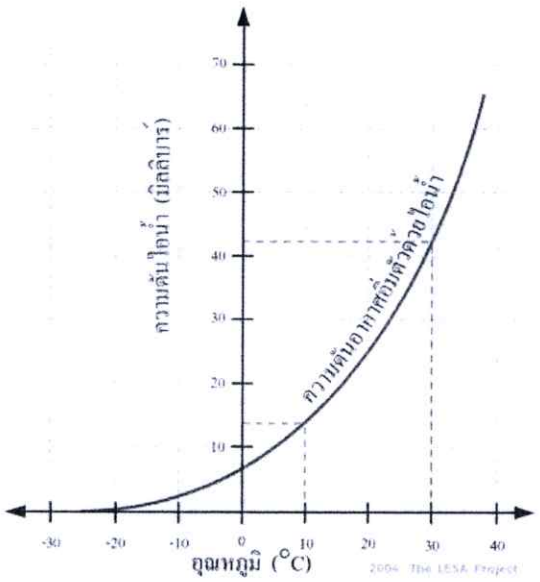
ภาพที่ 2.16 ไดอะแกรมไซโครเมตริกแสดงลักษณะความชื้นสัมพัทธ์

5. อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature)



ภาพที่ 2.17 ไดอะแกรมไซโครเมตริกแสดงลักษณะอุณหภูมิจุดน้ำค้าง

6. ความดันไอน้ำ (Water vapor pressure)



ภาพที่ 2.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัวกับอุณหภูมิ

7. ความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร (Indoor-Outdoor Temperature Difference)

8. ความแตกต่างของความดันไอน้ำภายนอกและภายในอาคาร (Indoor-Outdoor Water Vapor Pressure Difference)

[1] เอกสารอ้างอิง Heinz R. Trechsel, **" Moisture Control in Buildings "**, ASTM Manual Series: MNL18, Philadelphia, 1994, ASTM Publication Code Number (CPN) 28-018094-10

2.2.5 การส่งผ่านความชื้น [1]

ลักษณะของความชื้นที่เข้าสู่อาคาร เกิดจากแรงโน้มถ่วง (Gravity) การซึมผ่าน (Capillary suction) และความดันน้ำ (Hydrostatic pressure) ซึ่งการควบคุมความชื้นที่มีการนำมาประยุกต์ใช้ทั่วๆ ไป คือ การระบายอากาศ โดยการพาความชื้นออกไป ความร้อนทำให้ความชื้นลดลง หรือการใช้ตัวช่วย (Re - dehumidification) เช่น ถ่านหรือสารดูดความชื้น เป็นต้น

การส่งผ่านความชื้นขึ้นอยู่กับ

2.2.5.1อุณหภูมิ (Temperature)

2.2.5.2 ความดัน (Pressure)

2.2.5.3 ความดันไอ (Water vapor pressure)

[1] Heinz R. Trechsel, **" Moisture Control in Buildings "**, ASTM Manual Series: MNL18, Philadelphia, 1994, ASTM Publication Code Number (CPN) 28-018094-10

ปัจจัยในการพิจารณาความชื้นในบรรยากาศ

2.2.5.4 ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humidity) ความชื้นสมบูรณ์หรือความชื้นแท้ คือ ปริมาณความชื้นหรือจำนวนน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศในขณะหนึ่ง คิดเป็นกรัมต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือเป็นเกรนต่อ 1 ลูกบาศก์ฟุต ความชื้นสมบูรณ์เป็นปัจจัยแรกที่นำมาพิจารณาลักษณะของลมฟ้าอากาศ ตั้งแต่บริเวณเขตศูนย์สูตรจนถึงเขตขั้วโลก เพราะความชื้นสมบูรณ์มีส่วนสำคัญต่อภาวะของอากาศที่จะทำให้เกิดฝนตกได้ โดยปกติอากาศหนาวจะมีโอกาสที่มีฝนตกได้น้อย แต่ในอากาศร้อนชื้นมักจะมีโอกาสที่ฝนตกได้มาก

2.2.5.5 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ความชื้นสัมพัทธ์เป็นอัตราส่วนของความชื้นที่มีอยู่ในอากาศขณะนั้น กับปริมาณความชื้นอย่างมากที่สุดที่อากาศจะรับเอาไว้ได้ ณ อุณหภูมิเดียวกัน หรืออาจกล่าวได้ว่าความชื้นสัมพัทธ์คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของไอน้ำในอากาศเทียบกับน้ำหนักไอน้ำที่ควรจะมีได้เต็มที่ในขณะนั้นที่ปริมาตรที่เท่ากัน ในอุณหภูมิเดียวกัน ความชื้นสัมพัทธ์โดยทั่วไปจะกำหนดค่าเป็นอัตราส่วนร้อยละ ซึ่งความสัมพัทธ์ในอากาศจะมีค่าสูงสุดในช่วงเช้ามืดดวงอาทิตย์จะเริ่มขึ้นซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิของอากาศมีค่าต่ำ ในบางครั้งขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงสุดนั้นอากาศอาจถึงจุดอิ่มตัว และทำให้เกิดการกลั่นตัวเป็นหมอกขึ้น เมื่ออุณหภูมิของอากาศเริ่มสูงขึ้นในตอนสาย ความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าลดต่ำลง แล้วหมอกก็สลายตัวไป ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในเวลาและสถานที่ต่างๆ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ของลมฟ้าอากาศอยู่มาก การเกิดภาวะ การกลั่นตัวของไอน้ำในรูปของเมฆหมอกหรือน้ำค้างในบริเวณต่างๆ จะเป็นไปได้เร็วหรือช้าย่อมขึ้นอยู่กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในขณะนั้น

2.2.5.6 ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) ความชื้นจำเพาะคืออัตราส่วนของน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริงๆ ในอากาศขณะนั้น เทียบกับน้ำหนักของอากาศชื้น 1 หน่วยน้ำหนัก ซึ่งใช้เป็นกรัมของไอน้ำต่อ 1 กิโลกรัมของอากาศชื้น น้ำหนักของอากาศชื้นเท่ากับน้ำหนักของอากาศแห้งบวกน้ำหนักของไอน้ำที่ปนอยู่ในอากาศ การวัดค่าและการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำในอากาศ คือถ้าไอน้ำมีมากขึ้น ค่าของความชื้นจำเพาะก็มีมากขึ้น ถ้าไอน้ำในอากาศมีน้อยลงค่าความชื้นจำเพาะก็จะมีน้อยลงด้วย

2.2.6 การวัดความชื้น [2]

การวัดความชื้นในอากาศสามารถอธิบายได้ในลักษณะของไอน้ำ หรือความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ ซึ่งมีชื่อเรียกในลักษณะต่างๆ ดังนี้ ความชื้นสมบูรณ์เรียกย่อว่า AH (Absolute Humidity) คือจำนวนความชื้นในอากาศว่ามีน้ำหนักเท่าใด ในอากาศหนึ่งหน่วยน้ำหนัก มีหน่วยเป็น g/kg หรืออาจจะคิดจากจำนวนความชื้นในอากาศว่ามีน้ำหนักเท่าใดในอากาศหนึ่งหน่วยปริมาตร มีหน่วยเป็น g/m^3 จุดที่ความชื้นอิ่มตัว เรียกย่อว่า SH (Saturation – Point Humidity) คือจุดอิ่มตัวของความชื้นภายในอากาศจนน้ำไม่สามารถระเหยเข้าไปได้อีก มีหน่วยเป็น g/kg หรือ g/m^3 เช่นเดียวกับความชื้นสมบูรณ์ความชื้นสัมพัทธ์ เรียกย่อว่า RH (Relative Humidity) คือความสามารถที่น้ำจะระเหยเข้าไปในอากาศได้อีก หรือคือความชื้นสัมบูรณ์เปรียบเทียบกับจุดที่ความชื้นอิ่มตัวในอากาศมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

$$RH = \frac{AH}{SH} \times 100$$

ความชื้นโดยทั่วไปวัดด้วย ไฮโกรมิเตอร์ (Wet & Dry bulb hygrometer) ซึ่งประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ปรอทที่ใช้วัดอุณหภูมิธรรมดาที่เหมือนกันสองตัว ตัวแรกใช้วัดอุณหภูมิอากาศแห้ง (DBT: Dry-bulb temperature) ตัวที่สอง ที่กระเปาะมีผ้าบางๆหรือไส้ตะเกียงชุบน้ำติดอยู่ สำหรับวัดค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก (WBT: Wet-bulb temperature) ค่า WBT โดยปกติควรต่ำกว่าค่า DBT เพราะน้ำที่เปียกอยู่ที่กระเปาะปรอทจะระเหยแล้วดึงความร้อนออกไปทำให้กระเปาะเย็นลง ในกรณีที่อ่านค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ได้เท่ากันทั้งสองข้างแสดงว่าน้ำไม่มีการระเหยเลย ถือว่าความชื้นสัมพัทธ์เป็น 100% ในทางปฏิบัติ เมื่ออ่านค่า WBT และ DBT จากเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองตัวแล้ว ค่าความชื้นสัมพัทธ์หรือ RH จะเทียบได้ด้วย แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) หรือจากสไลด์รูล สำหรับค่า RH โดยเฉพาะ

2.2.6.1ความดันไอน้ำ การหาความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอีกวิธีคือ การคำนวณจากความดันไอน้ำ โดยถือว่าความดันไอน้ำในอากาศ (P) มีค่าเท่ากับความดันไอน้ำของอากาศแห้ง (P_a) รวมกับความดันไอน้ำ (P_v)

$$P = P_a + P_v$$

อากาศจะอิ่มตัวเมื่อความดันไอน้ำ (P_v) มีค่าเท่ากันกับความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน (P_{vs}) ความชื้นสัมพัทธ์ก็สามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างค่าความดันไอน้ำกับความดันไอน้ำอิ่มตัว ดังนี้

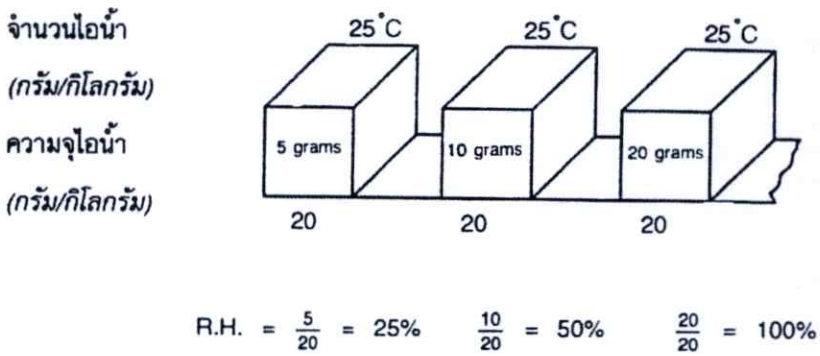
$$RH = \frac{AH}{SH} \times 100 = \frac{P_v}{P_{vs}} \times 100(\%)$$

หน่วยวัดของความดันไอน้ำมาตรฐานในระบบ SI คือนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) โดย 1 millibar เท่ากับ 100 N/m^2 วิธีการวัดความดันไอน้ำแบบนี้เกือบจะไม่มีใช้กันในปัจจุบัน ตารางที่แสดงความสัมพันธ์ของเรื่องต่างๆของ DBT และ WBT ความชื้นสัมบูรณ์ ความชื้นสัมพัทธ์ และความดันไอน้ำต่างปรากฏอยู่บนแผนภูมิไซโครเมตริกทั้งสิ้น

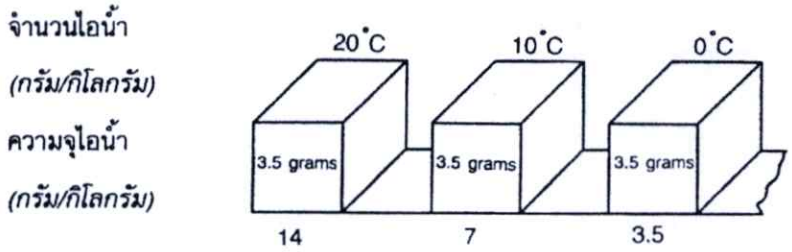
2.2.6.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คืออัตราส่วนระหว่างจำนวนไอน้ำ ที่มีอยู่ในอากาศ ต่อจำนวนไอน้ำที่มีได้ เมื่ออากาศนั้นอิ่มตัวด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน คูณด้วย 100 คิดเป็นร้อยละ เขียนเป็นสูตร

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{จำนวนไอน้ำในอากาศ}}{\text{ความจุไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน}} \times 100$$

ความชื้นสัมพัทธ์เป็นค่าที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป การเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์ขึ้นอยู่กับจำนวนไอน้ำที่ระเหยเพิ่มขึ้นทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น หรืออุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง เมื่ออุณหภูมิลดลงความชื้นสัมพัทธ์จะสูงขึ้น



ภาพที่ 2.19 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เมื่ออุณหภูมิคงที่ ความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนไอน้ำที่เพิ่มขึ้นในอากาศ



$$\text{R.H.} = \frac{3.5}{14} = 25\% \qquad \frac{3.5}{7} = 50\% \qquad \frac{3.5}{3.5} = 100\%$$

ภาพที่ 2.20 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เมื่อจำนวนไอน้ำในบรรยากาศคงที่ ความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นตามการลดลงของอุณหภูมิ

2.2.6.3 ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) คืออัตราส่วนระหว่างจำนวนไอน้ำใน 1 หน่วยอากาศที่กำหนดให้ หน่วยเป็นน้ำหนักของไอน้ำต่อน้ำหนักของอากาศ กรัม/กิโลกรัม เขียนเป็นสูตร

$$\text{ความชื้นจำเพาะ} = \frac{\text{มวลไอน้ำ}}{\text{มวลอากาศชื้น}}$$

2.2.6.4 ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity) คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณไอน้ำในอากาศเป็นกรัมต่ออากาศชื้น หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร เขียนเป็นสูตร

$$\text{ความชื้นสัมบูรณ์} = \frac{\text{มวลไอน้ำ}}{\text{ปริมาตร}}$$

2.2.6.5 อัตราส่วนผสม (Mixing Ratio) คือปริมาณของไอน้ำในอากาศ เป็นกรัมต่ออากาศแห้งหนัก 1 กิโลกรัม เขียนเป็นสูตร

$$\text{อัตราส่วนผสม} = \frac{\text{มวลไอน้ำ}}{\text{มวลอากาศ}}$$

2.2.6.6 จุดน้ำค้าง (Dew Point) คืออุณหภูมิของอากาศที่เย็นลงจนถึงจุดอิ่มตัว โดยปกติไอน้ำในอากาศและความกดอากาศไม่เปลี่ยนแปลง

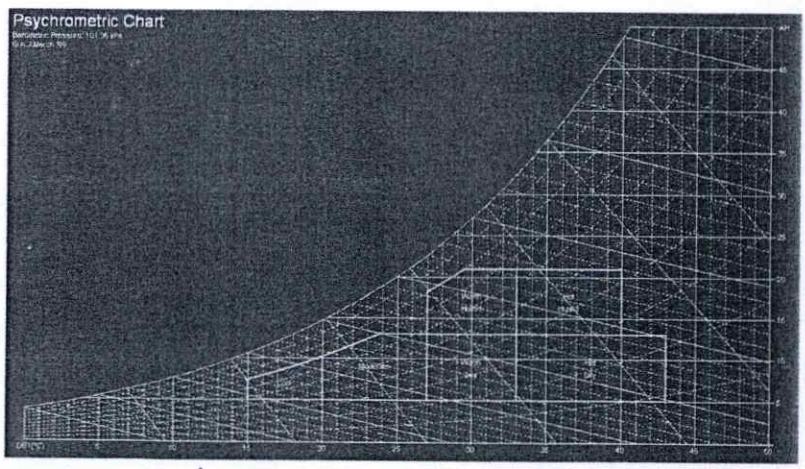
เมื่ออากาศมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำค้าง จะมีไอน้ำกลั่นตัวตามใบไม้ใบหญ้าบนพื้นดิน เรียกว่าน้ำค้าง มักเกิดในเวลาเช้าตรู่ จุดน้ำค้างเป็นค่าบอกว่าอากาศแห้งหรืออากาศชื้น เมื่อใดที่อุณหภูมิของอากาศกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างใกล้เคียงกันแสดงว่า อากาศจะมีการกลั่นตัวเป็นเมฆหมอกได้ง่าย

การเก็บตัวเลขความชื้น สำหรับการเก็บตัวเลขความชื้นเป็นเรื่องที่ลำบาก การใช้ ไฮโกรมิเตอร์เพื่อที่จะหาค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด-ต่ำสุดตลอด 30 วัน และตลอด 12 เดือน ควรใช้เครื่องมือเรียกว่าไฮโกรกราฟ (Hygrograph) จะบันทึกข้อมูลไว้ได้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ดีหากไม่มีไฮโกรกราฟก็จะใช้ไฮโกรมิเตอร์อ่านค่าและจะทำกันที่เวลาย่ำรุ่งก่อนพระอาทิตย์ขึ้น เช่น 6:00 น. แล้วใช้แทนเป็นค่าสูงสุด และอีกครั้งหนึ่งที่เวลา 15:00 น. เพื่อให้แทนค่าต่ำสุดในตอนเช้าตรู่ มักจะถือว่าเป็นการวัดภูมิอากาศที่ได้มาตรฐานที่ดีที่สุดสำหรับทุกท้องที่ ส่วนในตอนบ่ายนั้นก็มักจะได้ค่าตัวเลขที่แตกต่างกันออกไปตามสภาพท้องที่ที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นค่าตัวเลขที่เก็บได้ในตอนบ่ายจึงมักเป็นของเฉพาะแต่ละท้องถิ่นเท่านั้น

[2] เอกสารอ้างอิง ผศ.ปรีชญา รังสิรักษ์, **"เอกสารคำสอนวิชาภูมิอากาศชั้นสูง (Advanced Climatology)"**, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2535

2.3 การสร้างแผนภูมิขอบเขตสบายโดยอาศัยแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart)[5]

แผนภูมิไซโครเมตริก เป็นเครื่องมือที่ช่วยผู้ออกแบบในการแปล หรือ อ่านข้อมูลอากาศโดยตรงเพื่อเลือกใช้ขบวนการที่เหมาะสมในการออกแบบ ซึ่งทำโดยการใส่ข้อมูลภูมิอากาศทั้ง 12 เดือน ลงในแผนภูมิที่มีค่าขอบเขตสบาย (Comfort Zone) ถ้าข้อมูลตกอยู่ในช่วงขอบเขตสบายแสดงว่าภูมิอากาศในพื้นที่นั้นอยู่ในสภาวะสบาย ผู้ออกแบบจะต้องรักษาสภาพอากาศเช่นนั้นให้กับอาคารได้ แต่ถ้าข้อมูลอากาศไม่ได้อยู่ในขอบเขตสบายผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาสภาพภูมิอากาศพื้นที่นั้นว่าควรนำเทคนิคใดมาช่วยในการปรับสภาพภูมิอากาศของอาคารให้อยู่ในช่วงขอบเขตสบายมากที่สุด



ภาพที่ 2.21 ขอบเขตสบายบนตารางไซโครเมตริก

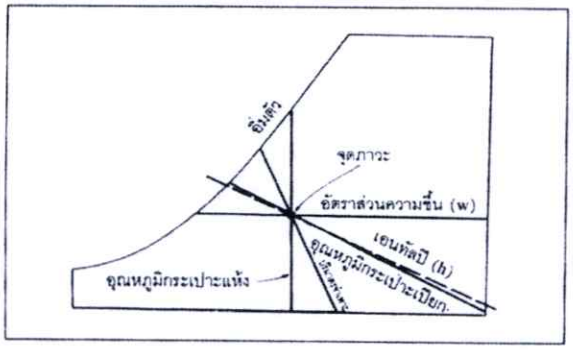
2.3.1 ไซโครเมตริก (Psychrometrics)

ไซโครเมริกเป็นสาขาหนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ ที่เกี่ยวกับการศึกษาส่วนผสมของอากาศและไอน้ำ เนื่องจากอากาศชื้นในที่นี้จะนำเสนอการอธิบายแผนภูมิไซโครเมตริกแบบง่ายสำหรับการอธิบายเชิงทฤษฎีในรายละเอียดและตารางไซโครเมตริกที่สมบูรณ์ดูได้ในคู่มือ ASHRAE เล่มพื้นฐาน (Fundamentals volume) ฉบับปัจจุบัน

2.3.2 ตารางไซโครเมตริก (Psychrometric Tables)

จุดภาวะ (State Points) คือจุดใดๆ บนแผนภูมิ การอ่านค่าต่างๆที่แสดงในตารางไซโครเมตริกสามารถอ่านได้เมื่อเราทราบค่าต่างๆ ที่มีบนตารางไซโครเมตริกตั้งแต่ 2 ค่าขึ้นไปโดยการกำหนดและวางตำแหน่งจุดทำได้ด้วยค่าของคุณสมบัติสองคุณสมบัติใดๆ ดังนั้นหากจุดถูกวางตำแหน่งลงไปแล้ว ค่าของคุณสมบัติอื่นทุกค่าสามารถอ่านออกมาได้ (ภาพที่ 2.22)

เทคนิคในการปรับสภาพภูมิอากาศโดยใช้แผนภูมิไซโครเมตริก (Climate – Condition Processes)

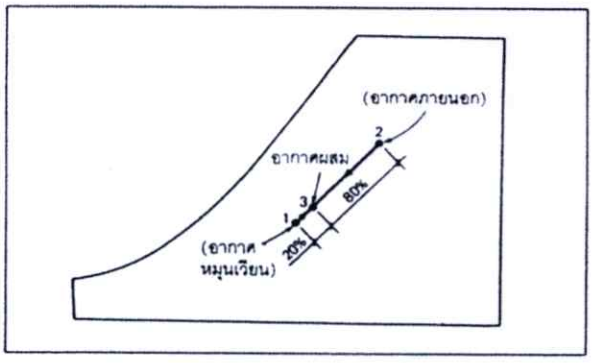


ความสัมพันธ์ของเส้นคุณสมบัติบนแผนภูมิไซโครเมตริก

ภาพที่ 2.22 แสดงการอ่านค่าของเส้นบนแผนภูมิไซโครเมตริก

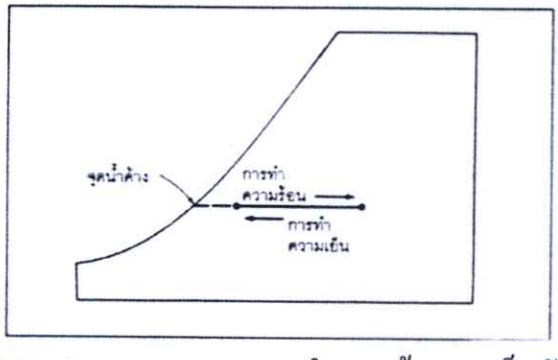
2.3.3 กระบวนการบนแผนภูมิไซโครเมตริก (Process on the Psychromatic Chart)

2.3.3.1 การผสม (Mixing) การผสมกันของกระแสอากาศสองกระแสสามารถแสดงบนแผนภูมิในลักษณะเส้นตรงที่เชื่อมต่อระหว่างจุดภาวะของกระแสอากาศแต่ละกระแส โดยจุดภาวะของส่วนผสมจะอยู่บนเส้นเชื่อมต่อนั้นที่แบ่งเส้นออกเป็น สองส่วนย่อยที่มีสัดส่วนตามปริมาตรของกระแสอากาศทั้งสอง ยกตัวอย่างภาพที่ 2.23 แสดงการผสมกันของอากาศหมุนเวียนกับอากาศภายนอกด้วยสัดส่วนของอากาศหมุนเวียน 80% และอากาศภายนอก 20% สังเกตว่าจุดของส่วนผสมใกล้มาทางจุดภาวะที่แทนปริมาตรอากาศที่มากกว่า ซึ่งเท่ากับ 100% - 80% หรือ 20% ของระยะจากจุด 1 ไปจุด 2 และ 100% - 20% หรือ 80% ของระยะจากจุด 2 ไปจุด 1 สำหรับส่วนผสมของกระแสอากาศตั้งแต่สามกระแสขึ้นไปต้องทำเป็นสองจุดของสองกระแสใดๆ ก่อน แล้วจึงนำผลที่ได้มารวมกับจุดที่สาม ดังนี้เรื่อยๆ ไป



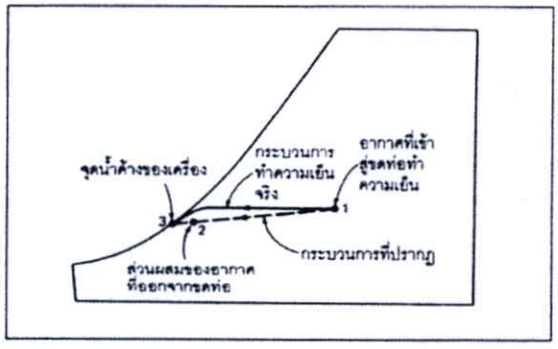
ภาพที่ 2.23 แสดงการผสมกันของอากาศหมุนเวียนกับอากาศภายนอก

2.3.3.2 การทำความร้อนและการทำความเย็นสัมผัส (Sensible heating and cooling) ในเทอมของ "สัมผัส" ที่ใช้ในแง่ของการทำความร้อนหรือการทำความเย็นหมายความว่าไม่มีความชื้นเพิ่มเข้ามาหรือกำจัดออกไป ขณะที่อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังนั้นกระบวนการเหล่านี้แทนบนแผนภูมิในลักษณะเส้นตามแนวนอนที่มีค่าความชื้นจำเพาะ (w) คงที่ ดูได้จากภาพที่ 2.24



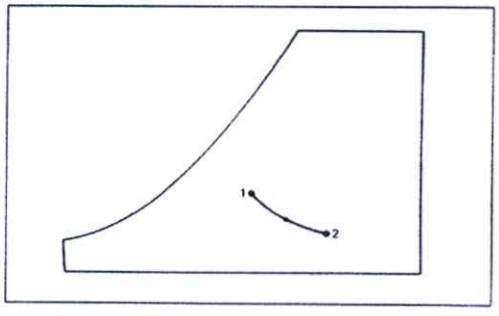
ภาพที่ 2.24 กระบวนการของการทำความร้อนและเย็นสัมผัส

2.3.3.3 การทำความเย็นและการลดความชื้น (Cooling and dehumidifying) ถ้ากระบวนการของการทำความเย็นสัมผัสดำเนินต่อไป (ภาพที่ 2.24) จนกระทั่งเส้นกระบวนการตัดกับเส้นโค้งอิ่มตัวอากาศ แสดงว่ามีการทำความเย็นถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature) ของมัน โดยการทำความเย็นหากกระทำต่อไป ต้องการการกำจัดความชื้น ดังนั้นกระบวนการนี้จะลดลงไปตามเส้นโค้งอิ่มตัวและไปทางซ้าย ผลลัพธ์คือส่วนผสมที่แท้จริง มีอากาศบางส่วนเย็นถึงจุดน้ำค้าง (Apparatus dew point) และบางส่วนไม่เปลี่ยนแปลง ดังแสดงในภาพที่ 2.25



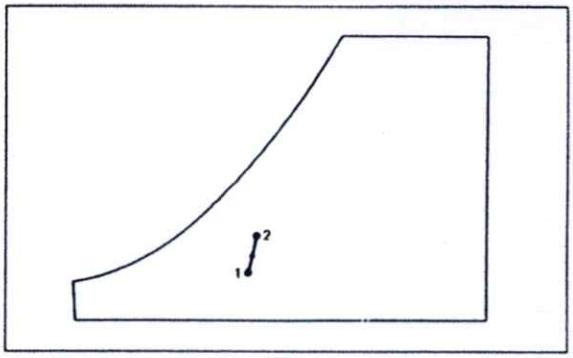
ภาพที่ 2.25 การทำความเย็นและการลดความชื้น

2.3.3.4 การลดความชื้นทางเคมี (Chemical dehumidifying) การลดความชื้นทางเคมีนำมาใช้เพื่อให้ได้ความชื้นที่ต่ำมาก โดยปกติเป็นกระบวนการชนิดดูดซึมที่ใช้เจลซิลิกาหรือตัวดูดซึมความชื้นที่คล้ายคลึงกันบางตัว กระบวนการนี้เป็นเส้นโค้งที่ไม่พบในกระบวนการปกติ โดยจุดภาวะสุดท้ายอุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นเสมอ ดูได้จากภาพที่ 2.26



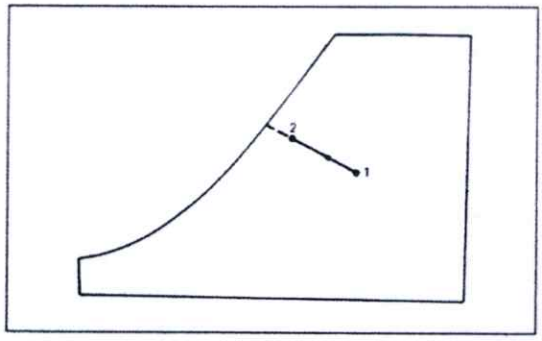
ภาพที่ 2.26 การลดความชื้นทางเคมี

2.3.3.5 การเพิ่มความชื้น (Humidifying) ความชื้นอาจเพิ่มไปสู่กระแสอากาศได้ในหลายๆ ทาง เช่น การทำความเย็นแบบระเหย ดังอธิบายในหัวข้อการทำความเย็นแบบระเหย ถ้าความชื้นถูกนำมาเพิ่มเข้าไปด้วยกริดไอน้ำ (Stream grid) หรือถาดร้อน (Heated pan) กระบวนการอาจแสดงได้บนแผนภูมิดังในภาพที่ 2.29 โดยเส้นกระบวนการพุ่งขึ้น (ความชื้นเพิ่มขึ้น) และเอียงไปทางขวา (ได้รับความร้อนด้วย) สำหรับการเพิ่มความชื้นด้วยวิธีการถาดร้อน ส่วนตัวทำระเหยที่ไม่มีการให้ความร้อนหรือแบบสเปรย์ มีลักษณะทำนองเดียวกับการทำความเย็นแบบระเหย



ภาพที่ 2.27 การเพิ่มความชื้น

2.3.3.6 การทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative cooling) การทำความเย็นแบบระเหยเป็นกระบวนการที่ไอน้ำถูกเพิ่มให้กับกระแสอากาศด้วยการระเหยแบบแอเดียแบติก (Adiabatic Evaporation) นั่นคือไม่มีการใส่ความร้อนเพิ่มเข้าไปหรือดึงความร้อนออกจากระบบ โดยความร้อนที่ต้องการเพื่อระเหยน้ำ (ความร้อนแฝง) ได้รับมาจากการทำความเย็นอากาศ ภาพที่ 2.30 แสดงวิธีการนี้บนแผนภูมิที่เป็นกระบวนการอุณหภูมิกระเปาะเปียกคงที่ โดยเป็นเส้นเอียงขึ้นจากขวาไปซ้าย (เพิ่มความชื้นจำเพาะ ลดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง) ถ้าระบบการทำความเย็นแบบระเหยมีประสิทธิภาพ 100% จุดภาวะสุดท้ายจะอยู่บนเส้นโค้งอิ่มตัว แต่ในทางปฏิบัติช่วงประสิทธิภาพมีค่าประมาณ 60% ถึง 95%



ภาพที่ 2.28 การทำความเย็นแบบระเหย

[5] วิทยานิพนธ์ ฐิติกา แก้วสมวงศ์ **"หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาในการลดความชื้นของอากาศภายในอาคาร"**, สถาปัตยกรรมเขตร้อน สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2550

2.4 วิธีการควบคุมและลดความชื้นในอากาศ

2.4.1 การระบายอากาศ (Ventilation)

ในสภาวะปกติการระบายอากาศเกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ ความแตกต่างของอุณหภูมิ ส่วนในสภาวะที่มีการปรับอากาศมีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาระบายและดูดเอาอากาศเสียภายในออกไปเพื่อทำให้อากาศบริสุทธิ์ขึ้น พบว่าอากาศภายนอกที่นำเข้ามานั้นจะมีอุณหภูมิและความชื้นสูงกว่าบริเวณภายในที่มีการปรับอากาศ ซึ่งการระบายอากาศโดยวิธีปรับอากาศขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของจำนวนคน กลิ่นความอับชื้น

2.4.1.1 ลักษณะของลม

ค่าความเร็วลมพื้นผิวนั้น จะไม่คงที่ และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง การวัดความเร็วลมใช้การกะประมาณจากการเคลื่อนไหวของสิ่งของ ที่รับลมเข้ามาปะทะ หน่วยความเร็วลมที่ใช้โดยทั่วไป ได้แก่ น็อต ซึ่งความเร็วลม 1 น็อต มีค่า 0.515 เมตรต่อวินาที หรือ 1 ไมล์ทะเลต่อ 1 ชั่วโมง เนื่องจากการศึกษาในเรื่องของลม โดยการใช้อุโมงค์ลม (Wind Tunnel) นั้นส่วนใหญ่จะใช้ที่ความเร็วลมในมาตราที่ 4 หรือ 5 เท่านั้น ส่วนการนำมาใช้เพื่อปรับสภาวะอากาศให้อยู่ในเขตสบาย โดยทั่วไปจะใช้ความเร็วลมมากที่สุดในมาตราที่ 2 คือ 2 เมตรต่อวินาที

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบความเร็วลมตามมาตราโบฟอร์ด(มีทั้งหมด 12 มาตรา แต่ในที่นี้แสดงเพียง 5 มาตรา)[4]

มาตราโบฟอร์ด	ลักษณะลม	ความเร็วลม ณ สูงมาตรฐาน 10 เมตรเหนือพื้นดิน				รายละเอียดสำหรับการคาดคะเนความเร็วลมที่พัดบนพื้นดิน
		น็อต	ม./วินาที	ก.ม./ชม.	ไมล์/ชม.	
0	Calm	1	0-0.2	1	1	สงบเงียบ ควันลอยขึ้นทางตั้ง
1	Light air	1-3	0.3-1.15	1-5	1-3	ควันจะเฉไป แต่ศรลมไม่แสดงให้เห็นเด่นชัด
2	Slight breeze	4-6	1.6-3.3	6-11	4-7	ลมปะทะหน้า ใบไม้ถูกพัดกราว ศรลมหันไปทางทิศลมของใบไม้
3	Gentle breeze	7-10	3.4-5.4	12-19	8-12	กิ่งไม้เล็กๆเคลื่อนไหวคงที่ ธงขนาดเบาจะกางขยายออก
4	Mederate breeze	11-16	5.5-7.9	20-28	13-18	ฝนลอยขึ้น กระดาษปลิว กิ่งไม้เล็กๆเคลื่อนไหว
5	Fresh breeze	17-21	8.0-10.7	29-38	19-25	ต้นไม้เล็กๆเริ่มโอนเอนแกว่งไปมา ยอดคลื่นจะก่อตัวในน้ำบนพื้นดิน

2.4.1.2 การไหลเวียนของกระแสลม

กระแสลมเกิดขึ้นจากการเคลื่อนไหวของอากาศ อันเกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศและความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งคุณสมบัติของลมนั้น จะเคลื่อนที่จากที่ที่มีความกดอากาศสูงไปยังที่ที่มีความกดอากาศต่ำเสมอ และจะเคลื่อนที่เมื่ออากาศที่มีอุณหภูมิสูงลอยตัวขึ้น และอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าไหลเข้าไปแทนที่อัตราความเร็วลมเฉลี่ย สูงสุดที่ใช้ภายในอาคาร ควรจะเป็น 1.5 เมตรต่อวินาทีในตอนกลางวัน และเป็น 1 เมตรต่อวินาทีในตอนกลางคืน โดยอุณหภูมิอยู่ที่ 22^0-29^0 ความชื้นสัมพัทธ์ 20%-75% เพื่อให้เกิดสภาวะสบายโดยวิธีธรรมชาติ

2.4.1.3 แนวทางการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) ในการออกแบบสถาปัตยกรรมแบ่งได้เป็น 3 วิธี คือ

1. การระบายอากาศด้านเดียว (Single Side Ventilation) คือการระบายอากาศโดยการถ่ายเทอากาศจากช่องเปิดเดียวกันหรือช่องเปิดหลายช่องเปิดในผนังเดียวกัน ซึ่งวิธีนี้ความดันลมจะไม่ช่วยให้เกิดการไหลของอากาศหรือเกิดขึ้นน้อยมาก เพราะความกดอากาศภายนอกและภายในใกล้เคียงกันโดยเป็นความกดอากาศสูงทั้ง 2 ด้าน

2. การระบายอากาศโดยให้ลมพัดผ่าน (Cross Ventilation) เป็นการระบายอากาศโดยให้ลมพัดผ่านจากช่องทางเข้าด้านที่มีความกดอากาศสูงไปสู่ช่องทางออกด้านที่มีความกดอากาศต่ำ

3. การระบายอากาศโดยใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิ (Stack Ventilation) เป็นการระบายอากาศที่เหมาะกับพื้นที่ ที่มีความสูงหรือความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างช่องทางเข้าและทางออกมาก โดยอากาศร้อนลอยตัวและอากาศเย็นไหลเข้าแทนที่

2.4.1.4 สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบ

1. พลังงานจากกระแสลม (แรงลม)
2. อัตราความเร็วลมทั้งหมด และทิศทางของกระแสลมตลอดปี
3. อัตราความกดอากาศ
4. ขนาดช่องเปิด ทั้งช่องทางเข้าและช่องทางออก
5. จำนวนช่องเปิดและสิ่งกีดขวางภายใน เช่น ผนัง และเฟอร์นิเจอร์
6. รูปร่างของช่องเปิด และชนิดของช่องเปิด รวมทั้งกันสาด
7. ทิศทางของช่องเปิด กับทิศทางกระแสลมทั้งทางเข้าและทางออก
8. ทิศทาง รูปแบบ ของกระแสลมที่อยู่ภายในตัวอาคาร
9. การกระจายของลมที่พัดผ่านตัวอาคาร
10. ปริมาณกระแสลม (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)

2.4.1.5 รูปร่าง สัดส่วนของอาคารทางสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศและสัมพันธ์กับทิศทางกระแสลม

ประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น อาคารทางสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศควรมีสัดส่วน รูปร่าง ของอาคารเป็น 1:3 โดยสัดส่วนที่เป็น Optimum คือ 1:7 โดยให้อาคารด้านยาวเป็นด้านที่รับกระแสลม ลักษณะของช่องเปิดที่มีผลต่อกระแสลม

[4] เอกสารอ้างอิง. มาลินี ศรีสุวรรณ, **"การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย"**, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร 2543

2.4.1.6 ผลของลมต่อสภาวะน่าสบาย

ความรู้สึกเย็นลง สามารถคำนวณได้จากสมการ

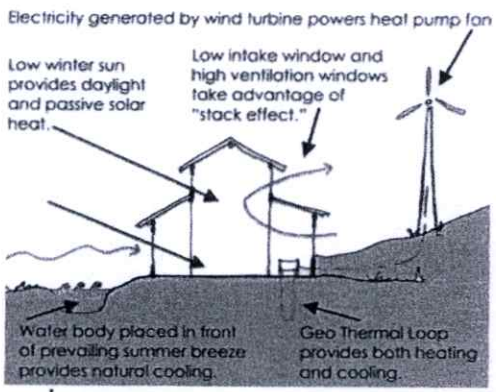
$$C = 0.381V + 0.016\ RH$$

โดยที่

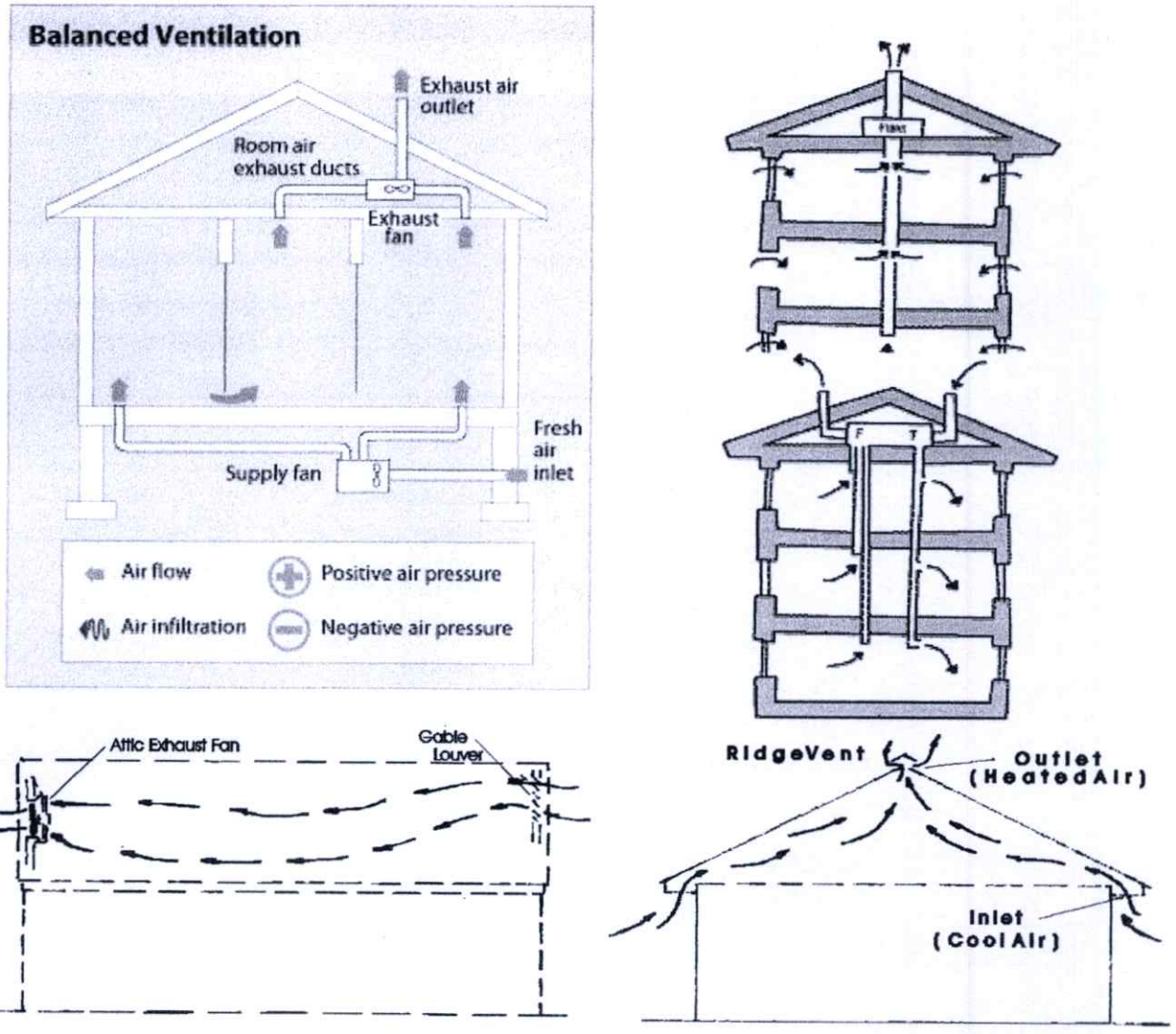
V = ความเร็วลม (km/hr)

RH = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

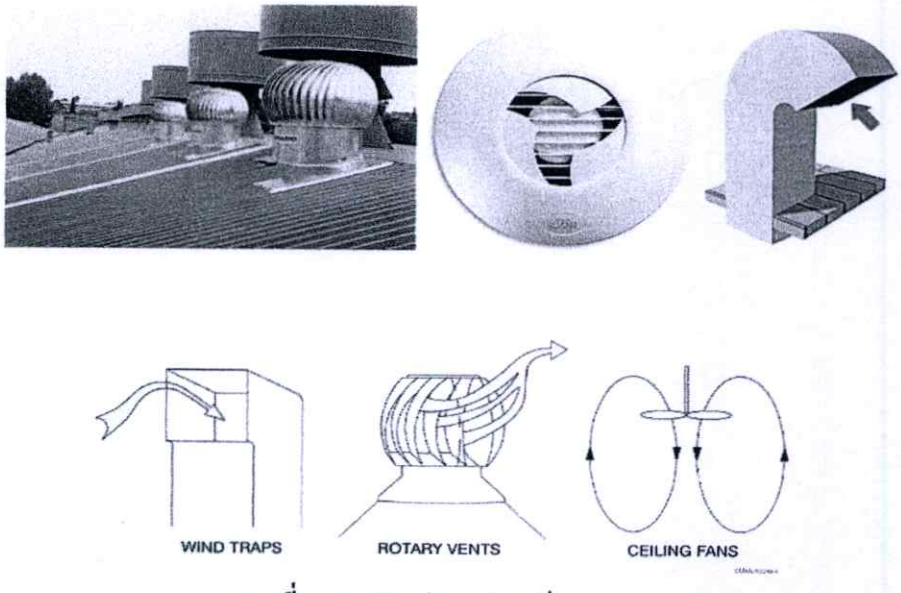
โดยมนุษย์จะรู้สึกเย็นลง $0.4^{0}C$ เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น ทุกๆ 1 km/hr



ภาพที่ 2.29 การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ



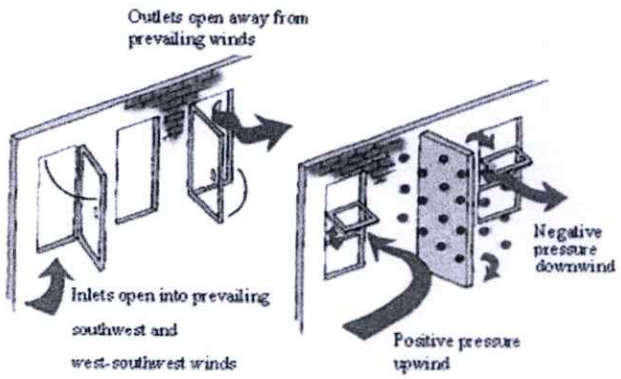
ภาพที่ 2.30 การระบายอากาศโดยพัดลมดูดอากาศ



ภาพที่ 2.31 ตัวอย่างอุปกรณ์ระบายอากาศ

2.4.1.7 ความกดอากาศและลม (Pressure and Wind)

ความกดอากาศ คือ ความกดโดยอิสระของบรรยากาศ เรามักจะเรียกความกดอากาศในรูปของน้ำหนักของบรรยากาศที่ทับถมกันตามแนวตั้งของพื้นโลก น้ำหนักหรือความกดอากาศดังกล่าวนี้จะแตกต่างกันตามระดับความสูงของพื้นโลกที่พื้นผิวโลก ความกดอากาศคิดเป็นน้ำหนักเปรียบเทียบได้กับแรงที่กระทำบนพื้นผิวในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร หรือเท่ากับแรง 14.7 ปอนด์ต่อ 1 ตารางนิ้ว ที่ระดับน้ำทะเล ส่วนลมคือลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวนอนราบกับพื้นโลก การเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศจะมีผลโดยตรงของการเกิดกระแสลมความกดอากาศต่ำบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง และบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำที่สุดอยู่บนพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงที่สุด



ภาพที่ 2.32 การระบายอากาศ และความกดอากาศ

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากโลกได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้บรรยากาศของโลกร้อนและเย็น เกิดการขยายตัวและหดตัวตามบรรยากาศของโลกด้วย และเนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเองทำให้ความกดอากาศมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลง ความกดอากาศสูงสุดเกิดขึ้นในเวลาประมาณ 14:00 น. และ 6:00 น. การบอกค่าความกดอากาศ มีหน่วยสากลคือ เฮกโตพาสคัล (Hectopascal) เขียนย่อเป็น hPa ซึ่งเดิมใช้หน่วยเป็นมิลลิบาร์ เขียนย่อเป็น mb ความกดมาตรฐานที่ระดับน้ำทะเลที่ 15^0C มีค่าเท่ากับ 1013.250 hPa เรียกว่า บรรยากาศมาตรฐาน (Standard Atmosphere) ถ้าวัดเป็นความสูงของลำปรอทจะมีค่าเท่ากับ 29.92 นิ้วหรือ 76 เซนติเมตร หรือ 760 มิลลิเมตร

760 มิลลิเมตรของปรอท = 1013.250 hPa

1 มิลลิเมตรของปรอท = 1.33224 hPa

ความกดอากาศจะลดลงเรื่อยๆ ตามความสูง เนื่องจากยิ่งสูงขึ้นไป มวลของอากาศจะยิ่งลดน้อยลงๆเบาบางจนกลมกลืนกับอวกาศเป็นสุญญากาศ อัตราการลดลงของความกดอากาศสัมพันธ์กับของความสูงของบรรยากาศ ไม่เป็นอัตราที่คงที่ ที่ระดับผิวโลก การลดลงของความกดอากาศจะรวดเร็ว และลดลงมากขึ้นเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น

2.4.1.8 การวัดความเร็วลม[2]

เครื่องมือวัดความเร็วลมที่ใช้กันอยู่ทั่วไปคือ แอนนิโมมิเตอร์ (Anemometer) ที่มีลักษณะเป็นฝาสี่อันหมุนอยู่รอบแกนตั้ง ส่วนเครื่องมือที่ใช้ได้ดีเป็นพิเศษคือ แอนนิโมกราฟ (Animograph) ซึ่งจะมีการบันทึกทิศทางและความเร็วอยู่ตลอดเวลา

[2] เอกสารอ้างอิง ผศ.ปรีชญา รังสิรักษ์, **"เอกสารคำสอนวิชาภูมิอากาศชั้นสูง (Advanced Climatology)"**, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2535

2.4.2 สารดูดความชื้น (Desiccant)[3]

การควบคุมความชื้นในอากาศแบบวงจรเปิดที่ใช้สารดูดความชื้น (Desiccant) แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. สารดูดความชื้นที่เป็นของแข็ง (Solid Desiccant) ได้แก่ Siliga gel, Alumina gel, Activated alumina, Molecular sieves เป็นต้น ใช้ระบบดูดซับ (Adsorption) คือระบบที่ใช้สารดูดความชื้นที่เป็นของแข็ง ซึ่งหากแบ่งระบบตามลักษณะของการเคลื่อนที่จะแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ แบบหมุน (Rotary Dehumidifier) และแบบอยู่นิ่ง (Bed Dehumidifier) ซึ่งเครื่องลดความชื้นแบบหมุนจะมีอุปกรณ์ประกอบที่ซับซ้อนและแพงกว่าแบบอยู่นิ่ง

2. สารดูดความชื้นที่เป็นของเหลว (Liquid Desiccant) ได้แก่ Lithium chloride (LiCl), Lithium bromide (LiBr), Glycols เป็นต้น ใช้ระบบดูดกลืน (Absorption) คือระบบที่ใช้สารดูดความชื้นที่เป็นของเหลว ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความดันไอระหว่างอากาศกับสารละลาย และจุดสมดุลความดันไอของสารละลายขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารละลาย มีข้อดีคือ พลังงานจะถูกสะสมในรูป พลังงานทางเคมี (Chemical Energy) มากกว่าพลังงานทางความร้อน (Thermal Energy) ส่วนข้อเสียคือ สารดูดความชื้นที่เป็นของเหลวบางชนิดจะกัดกร่อนและสามารถรั่วไปปะปนกับอากาศ เนื่องจากมีความดันไอสูง ซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ [5] ตามปรกติแล้วสารดูดความชื้นที่เป็นของแข็งจะสามารถลดความชื้นได้ดีกว่าสารดูดความชื้นที่เป็นของเหลว จากการศึกษาสมบัติของสารดูดความชื้น พบว่าผงถ่านจากกะลามะพร้าวเป็นสารที่น่าสนใจเหมาะที่จะนำมาใช้ในการศึกษาการควบคุมความชื้นแบบ Regeneration

2.4.2.1 คุณสมบัติของสารดูดความชื้น

สมบัติทั่วไปของสารดูดความชื้นที่ใช้อยู่ในภาคอุตสาหกรรมมีลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละชนิด ที่มีขนาด พื้นที่ผิว ช่องว่างภายใน หรือความพรุน ที่แตกต่างกัน ได้มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของขนาดเม็ดซิลิกาเจลกับตัวแปรต่างๆ พบว่าอัตราการดูดซับและการแพร่กระจายความชื้นเป็นฟังก์ชันของ

ขนาดและความชื้นภายในสารดูดความชื้น ดังนั้นการเลือกใช้ชนิดของสารดูดความชื้นจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการออกแบบระบบที่ต้องการ

เมื่อได้มีการศึกษาถึงลักษณะของการรีเจนเนอเรชันของสารดูดซับความชื้น Y.Saito โดยใช้ระบบ Solar Desiccant ที่มีตัวดูดซับเป็นแบบ Integrated desiccant solar collector ที่มีตัวซิลิกาเจลเป็นตัวดูดซับ และใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการรีเจนเนอเรชัน ลักษณะของระบบนี้คือตัวดูดซับเป็นชั้นบางอยู่ในแผงรับรังสีจากดวงอาทิตย์ และจากผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของการรีเจนเนอเรชันขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของอากาศ ซึ่งค่าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง Reynoles number ภายในตัวดูดซับคือ 1.2-1.7 และการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศเป็นผลให้มีการรีเจนเนอเรชันเพิ่มขึ้น การดูดซับความชื้นของอากาศมีผลมาจากความชื้นเริ่มต้นของตัวดูดซับด้วย [5]

[3] วิทยานิพนธ์ รัชนีวรรณ เจริญวัฒน์ **"หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความเป็นไปได้ในการลดความชื้นในอากาศระบบปรับอากาศเขตร้อนสำหรับประเทศไทย"** สายวิชา เทคโนโลยีพลังงาน วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี

2.4.2.2 หลักการทำงานของสารดูดความชื้น

โดยทั่วไปแล้วสารที่สามารถดูดและกักเก็บไอน้ำถือว่าเป็นสารดูดความชื้นได้ แต่สารดูดความชื้นที่ใช้ในเชิงพาณิชย์สามารถดูดน้ำได้ตั้งแต่ 10-110% ของน้ำหนักมวลแห้ง ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณความชื้นในอากาศที่ล้อมรอบ และยังสามารถดูดซับความชื้นจนกระทั่งอากาศรอบสารดูดความชื้นแห้งสนิท

สารดูดความชื้นทั้งหมดมีคุณลักษณะที่คล้ายกัน คือ สามารถดูดความชื้นจนกระทั่งเข้าสู่สภาวะสมดุลกับอากาศโดยรอบ ความชื้นในสารดูดความชื้นสามารถกำจัดออกไปได้โดยการอบในช่วงอุณหภูมิ 50-260 ^{0}C พร้อมกับปล่อยให้กระแสอากาศไหลผ่าน และหลังจากสารดูดความชื้นแห้งแล้วต้องปล่อยให้สารดูดความชื้นเย็นตัวลงจึงจะสามารถนำกลับมาใช้งานได้อีกครั้ง

กระบวนการดูดความชื้นจะเกิดความร้อนในปริมาณใกล้เคียงกับค่าความร้อนแฝงของไอน้ำที่ถูกดูดรวมกับความร้อนจากการดูดซับ (Heat of Sorption) ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 5-25% ของค่าความร้อนแฝงของไอน้ำ ซึ่งความร้อนดังกล่าวจะถ่ายเทให้กับสารดูดความชื้นและอากาศโดยรอบ

2.4.2.3 วัฏจักรการทำงานของสารดูดความชื้น

สารดูดความชื้นทุกชนิดมีกลไกการทำงานคล้ายกันในเรื่องการดูดความชื้น คือ จะดูดไอน้ำจากอากาศเมื่อความดันไอน้ำที่ผิวสารดูดความชื้นมีค่าต่ำกว่าความดันไอน้ำของอากาศ และจะปล่อยไอน้ำให้กับอากาศเมื่อความดันไอน้ำที่ผิวสารดูดความชื้นมีค่าสูงกว่าความดันไอน้ำของอากาศ

ความดันไอน้ำที่ผิวสารดูดความชื้นมีค่าสูงตามปริมาณความชื้นที่ผิวของสารดูดความชื้น พบว่าในตำแหน่งที่ความดันไอน้ำที่ผิวสารดูดความชื้นเท่ากับความดันไอน้ำของอากาศ ซึ่งจุดดังกล่าว

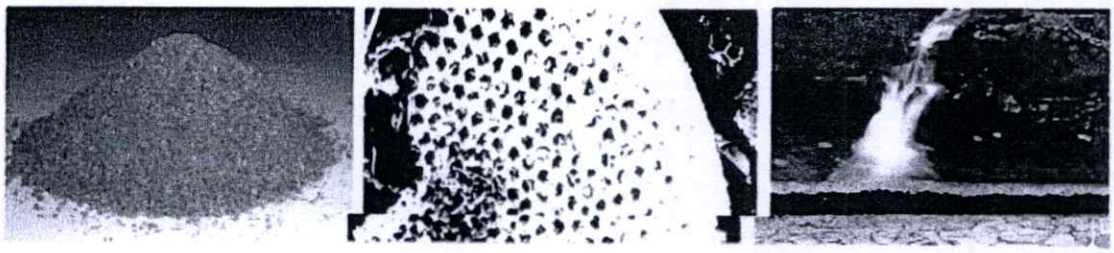
จะไม่มีการถ่ายเทไอน้ำจนกระทั่งมีแรงภายนอกมากระทำให้ความดันไอน้ำที่ผิวสารดูดความชื้นหรือความดันไอน้ำของอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอน้ำที่ผิวสารดูดความชื้นกับอัตราส่วนความชื้นของสารดูดความชื้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสารดูดความชื้นพบว่าความดันไอน้ำที่ผิวสารดูดความชื้นมีค่าสูงขึ้นตามอัตราส่วนความชื้น และอุณหภูมิของสารดูดความชื้นที่สูงขึ้น เมื่อความดันไอน้ำที่ผิวสารดูดความชื้นมีค่าสูงกว่าความดันไอน้ำของอากาศที่ล้อมรอบ ความชื้นจะถ่านเทออกจากสารดูดความชื้น กระบวนการดังกล่าวเรียกว่า รีเจนเนอเรชั่น ซึ่งการที่จะนำสารดูดความชื้นมาอบไล่ความชื้นนั้นประกอบด้วย การอบสารดูดความชื้นให้แห้งโดยใช้ความร้อน และลดอุณหภูมิสารดูดความชื้นให้ลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิอากาศโดยรอบ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการนำสารดูดความชื้นมาใช้ประโยชน์ ขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ใช้ในการอบสารดูดความชื้น เนื่องจากกระบวนการลดความชื้นโดยใช้สารดูดความชื้น ไม่ต้องใช้พลังงานอื่นๆ นอกจากพลังงานที่ใช้ในพัดลมเท่านั้น

พลังงานหลักที่ใช้ในวัฏจักรสารดูดความชื้น ประกอบด้วย พลังงานที่ใช้ในการรีเจนเนอเรชั่น พลังงานที่ใช้ในการลดอุณหภูมิสารดูดความชื้น พลังงานรีเจนเนอเรชั่นมีค่าเท่ากับการรวมกันของพลังงาน 3 ส่วนคือ

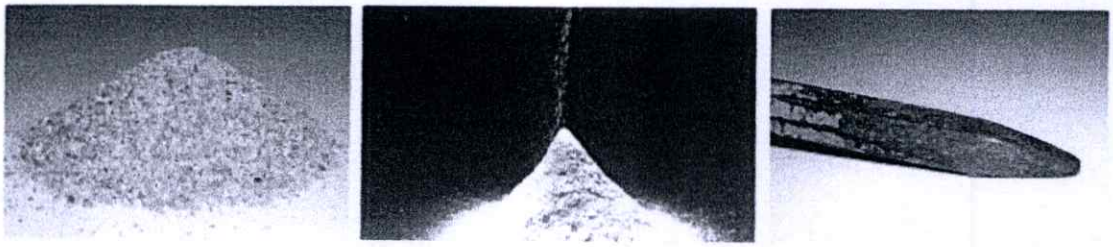
1. พลังงานความร้อนที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิสารดูดความชื้นจนกระทั่งความดันไอน้ำที่ผิวสารดูดความชื้นมีค่าสูงกว่าความดันไอน้ำของอากาศ
2. พลังงานความร้อนที่ทำให้ความชื้นกลายเป็นไอ (2465 kJ/kg)
3. พลังงานความร้อนในการไล่น้ำออกจากสารดูดความชื้น

สำหรับพลังงานที่ใช้ในการลดอุณหภูมิของสารดูดความชื้น ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารดูดความชื้น และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิหลังจากรีเจนเนอเรชั่นและอุณหภูมิต่ำสุดที่สารดูดความชื้นสามารถทำงานได้

ภาพที่ 2.33 ตัวอย่าง **Silica Gel**, Indicating and non indicating grade, Silica sand for dry flower



ภาพที่ 2.34 ตัวอย่าง **Power dry desiccant 100% natural**, Structure of microspore of power dry miniral, Environmental Friendly

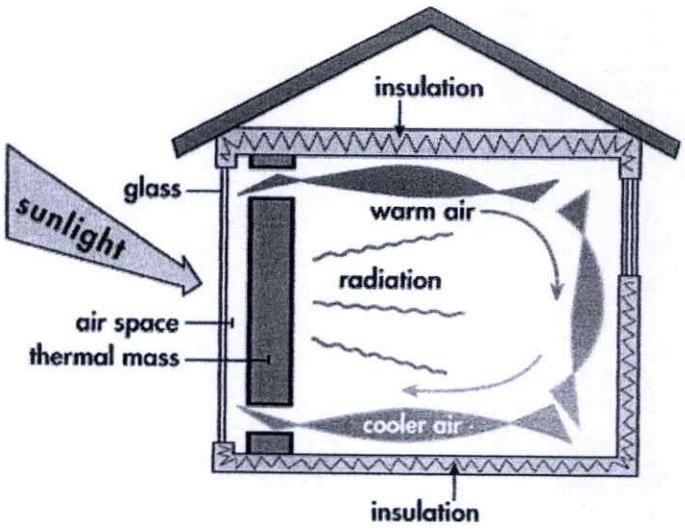


ภาพที่ 2.35 ตัวอย่าง **Other clay desiccant**, Mixed with calcium chloride, Very corrosive

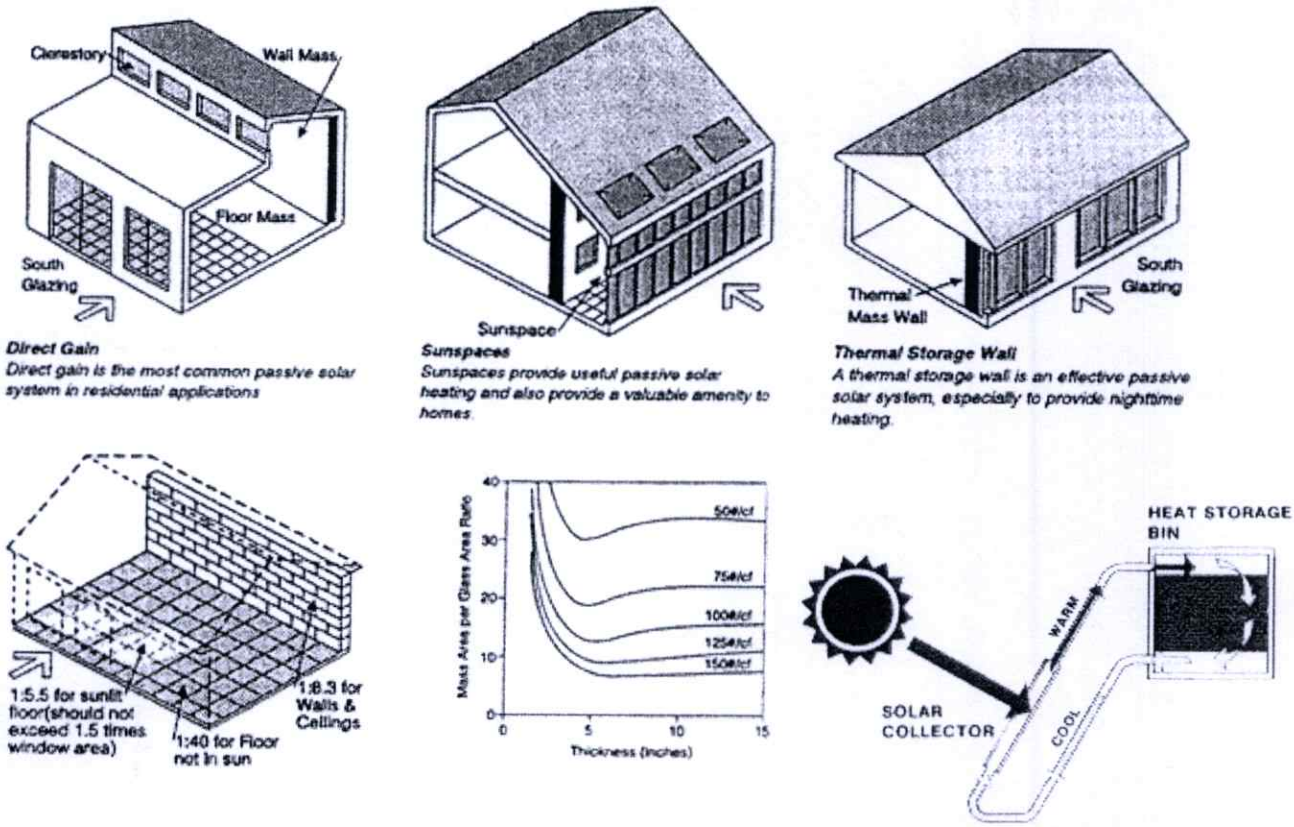
2.4.3 เทคนิคการควบคุมขอบเขตสบาย [2]

สำหรับสภาพอากาศที่เย็นกว่าขอบเขตสบาย

- Passive solar heating



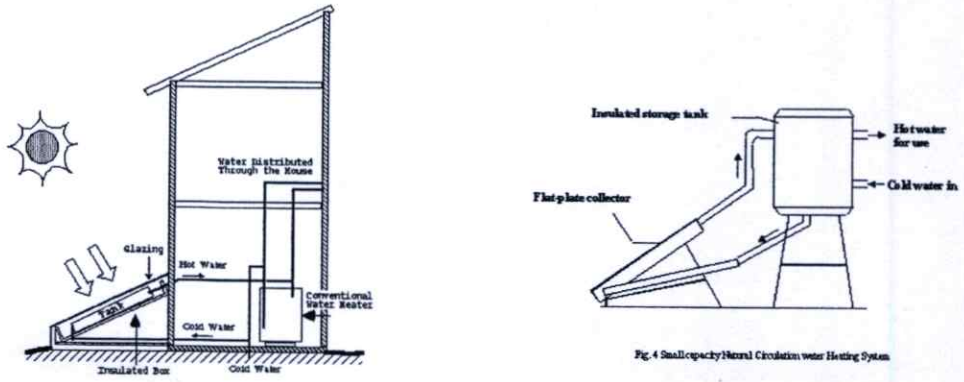
ภาพที่ 2.36 แนวความคิดการควบคุมขอบเขตสบายโดยใช้วิธี Passive solar heating



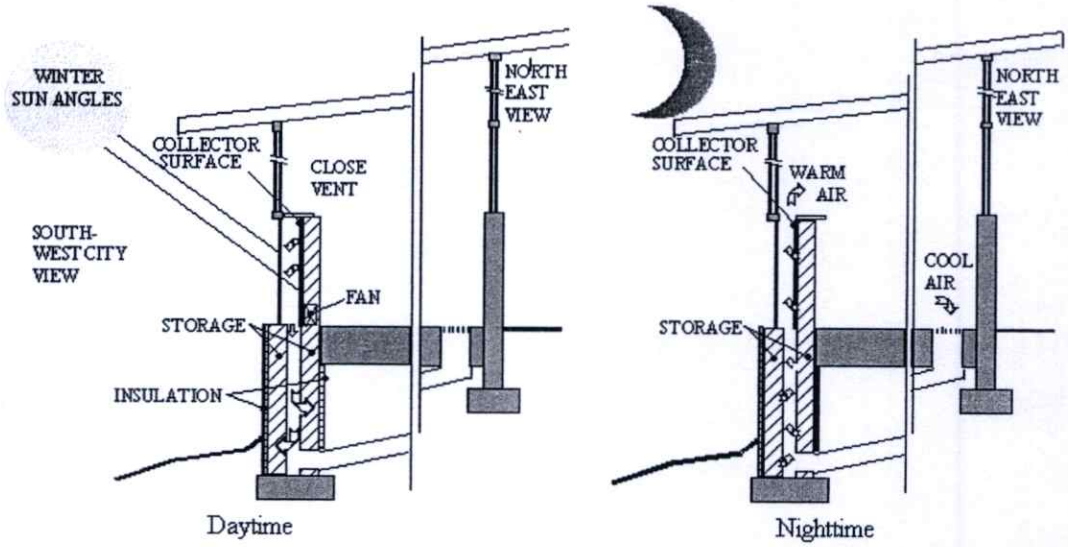
ภาพที่ 2.37 ตัวอย่างเทคนิคการควบคุมขอบเขตสบายโดยใช้วิธี Passive solar heating

- Mass effect: Thermal storage

ฤดูหนาว กำหนดให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างช่วงกลางวันและกลางคืนเป็น dT และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเป็น To.av และอุณหภูมิภายนอกมีค่าตั้งแต่ To.av – (0.5 x dT) และ To.av + (0.5 x dT) ในอาคารที่มีมวลสูงอุณหภูมิภายใน (Ti) จะคงที่ และเท่ากับอุณหภูมิภายนอก (To.av) ถ้าให้ขอบเขตล่างของสภาวะสบายเป็น T_L จากนั้นจึงขยายขอบเขตสภาวะสบายไปยังช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า T_L – (0.5 X dT) ในกรณีที่มีการถ่ายเทความร้อนพอประมาณ เราสามารถกำหนดขอบเขตอุณหภูมิภายนอกได้เป็น To = T_L – (0.4 x dT)



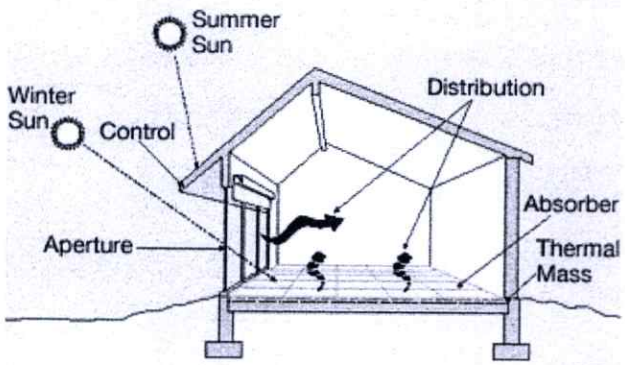
ภาพที่ 2.38 ตัวอย่างเทคนิคการควบคุมขอบเขตสบายโดยใช้วิธี Mass effect: Thermal storage



ภาพที่ 2.39 เทคนิคการควบคุมขอบเขตสบายโดยใช้วิธี Mass effect: Thermal storage ในเขตหนาว สำหรับสภาพอากาศที่ร้อนกว่าขอบเขตสบาย

- Mass effect: Thermal storage

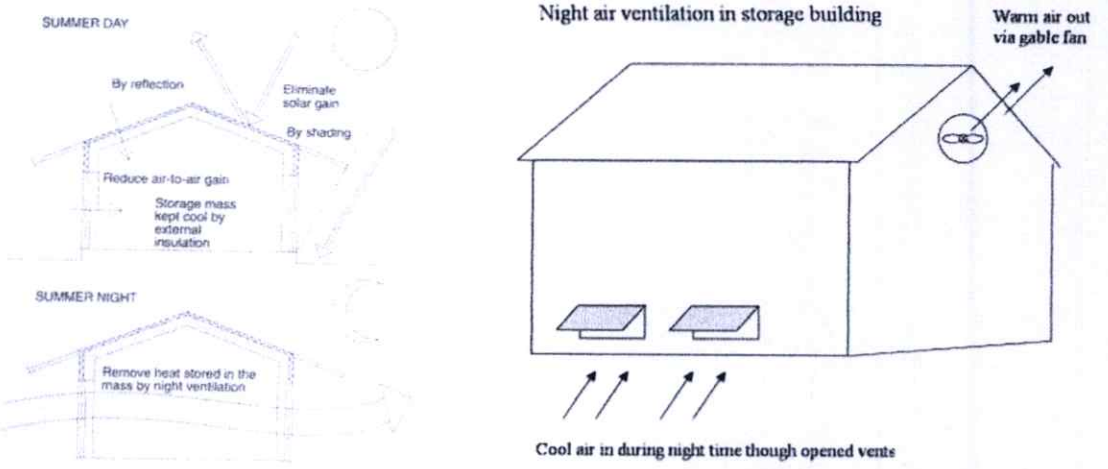
ฤดูร้อน ในขณะที่ขอบเขตของฤดูหนาว จะวัดจากขอบเขตล่างของสภาวะสบายในฤดูหนาว ต่ำลงมาขอบเขตของฤดูร้อน จะวัดจากขอบเขตบนของสภาวะสบายในฤดูร้อนขึ้นไป โดยวิธีการเดียวกันกับในฤดูหนาว เพียงแต่ในฤดูร้อนการแผ่รังสีดวงอาทิตย์จะลดศักยภาพของกลไกนี้ลง ดังนั้นค่าสัมประสิทธ์คงที่จะต่ำกว่าสูตรของฤดูหนาว ดังนั้นขอบเขตบนของสภาวะสบายเป็น $T_U = T_n + 2$ เราสามารถกำหนดขอบเขตอุณหภูมิภายนอกได้เป็น $T_o = T_L - (0.25 \times dT)$



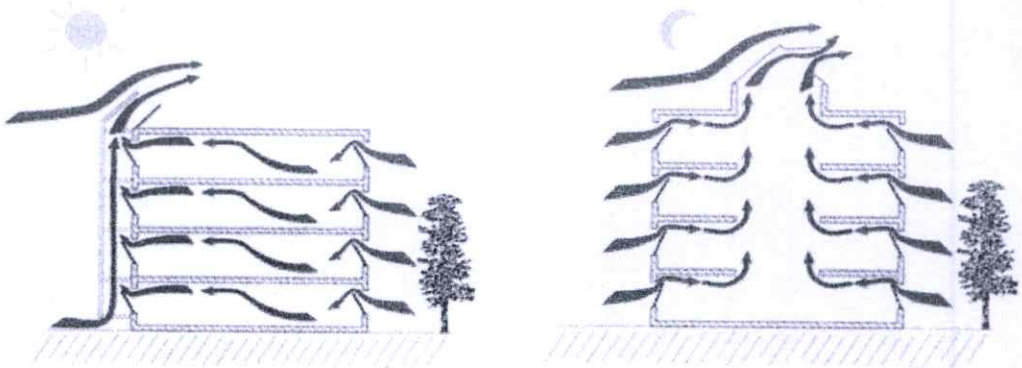
ภาพที่ 2.40 ปัจจัยที่มีผลในการสะสมความร้อนในอาคาร

- Same with night ventilation

ในกรณีที่มีการระบายตอนกลางคืน (Overnight ventilation) ร่วมด้วย โครงสร้างอาคารจะเย็นลงจนใกล้ๆกับอุณหภูมิต่ำสุดของวัน ดังนั้นขอบเขตบนของอุณหภูมิภายนอกจะเป็น $T_u + dT$ โดยที่ให้อุณหภูมิโครงสร้างค่อนข้างเท่ากัน และคำนึงถึงผลกระทบจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ด้วย เราสามารถกำหนดขอบเขตอุณหภูมิภายนอกได้เป็น $T_o = T_u - (0.45 \times dT)$



ภาพที่ 2.41 วัฏจักรการระบายอากาศโดยวิธี Night ventilation



ภาพที่ 2.42 ตัวอย่างการระบายอากาศโดยวิธี Stack effect

- Air movement effect

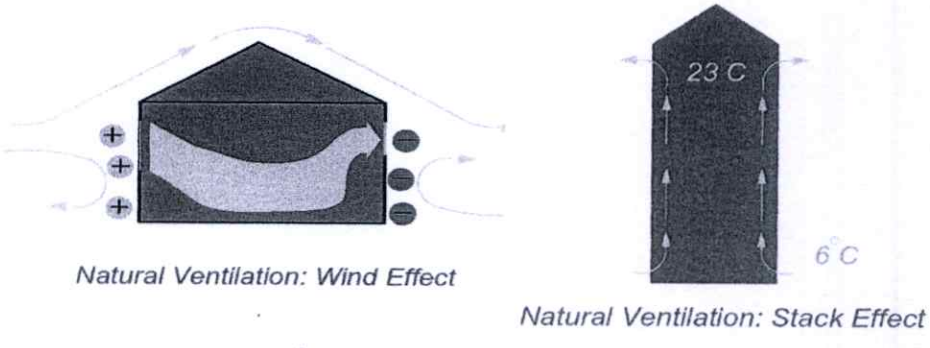
การเคลื่อนที่ของอากาศจะทำให้เกิดความเย็นที่ผิวกายได้ แม้แต่อากาศที่ร้อนกว่าอุณหภูมิผิว (ประมาณ 38^0C) โดยทำให้เกิดการระเหยของเหงื่อ หรือลดความชื้นลง มีวิธีคำนวณหาผลจากการใช้ Air movement effect มากมาย แต่วิธีที่ง่ายและดีที่สุด สำหรับสภาพอากาศทั่วไป คือ

$dT = 6 \times (v - 0.2) - (v - 0.2)^2$ สำหรับความเร็วลมไม่เกิน v = 2 m/s ได้กำหนดให้ v แทนความเร็วลม (m/s) ความเร็วลมที่ต่ำกว่า 0.2 m/s จะไม่นำมาพิจารณาความเร็วลมที่เหมาะสมจะอยู่ที่ประมาณ 1.5 m/s ถ้าสูงกว่านี้จะเป็นการรบกวนและทำให้รำคาญมากกว่า ในที่นี้จะให้ CPZ สำหรับความเร็วลม 2 ระดับ ได้แก่

สำหรับ v = 1 m/s : $dT1 = 6 \times (0.8 - 0.8)^2$ = 4.2 K

สำหรับ v = 1.5 m/s : $dT1 = 6 \times (1.3 - 1.3)^2$ = 6.1 K

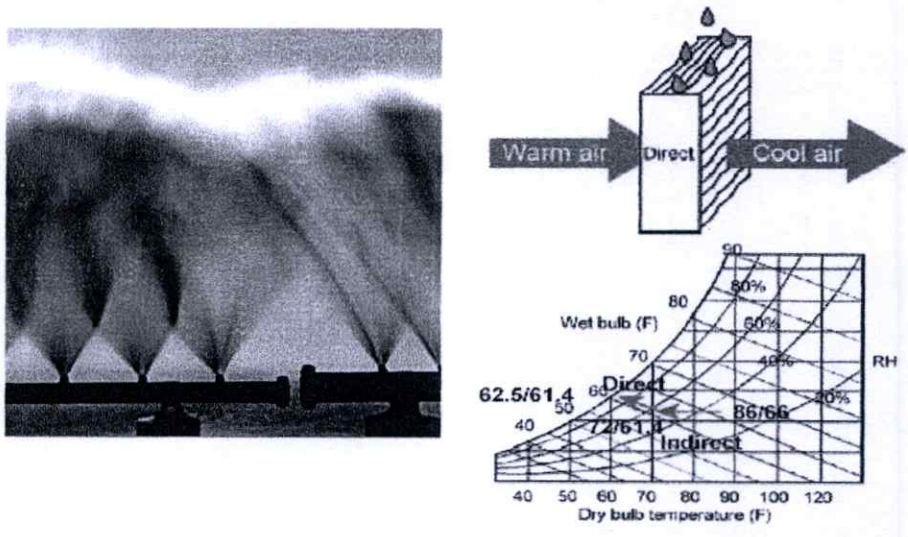
ค่า dT นี้จะบวกเพิ่มเข้าไปในขอบเขตบนของ สภาวะสบายบนเส้น RH 50% เหนือเส้น RH นี้ขึ้นไป เส้นจะมี Slope เดียวกับ ET lines แต่ถ้าอยู่ใต้เส้น RH 50% เส้นจะมีความชันมากกว่า โดยจุดตัดของเส้นขอบเขตไปยังแกน x จะถูกแบ่งครึ่งเป็น 2 ส่วน เนื่องจากอากาศแห้งจะเกิดการระเหยอยู่แล้ว แม้ว่าจะไม่มี Air movement ดังนั้น Air movement จึงมีผลกับ Zone นี้ไม่มากนัก



ภาพที่ 2.43 การระบายอากาศโดยธรรมชาติ

- Evaporation cooling

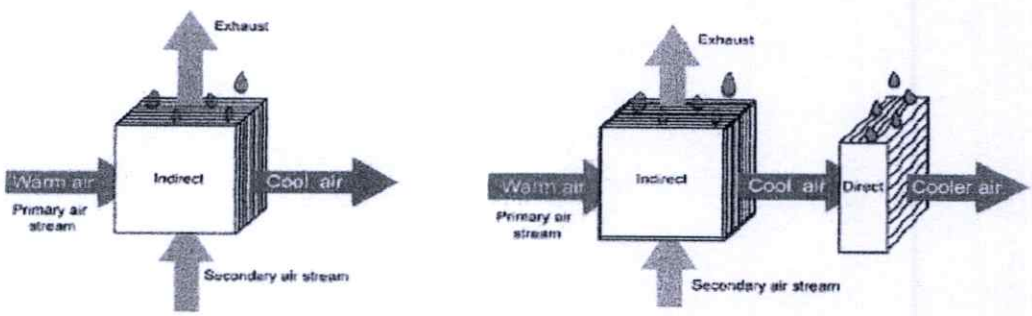
กระบวนการระเหย คือ กระบวนการดูดซึมความร้อนจากสภาพแวดล้อมและบรรยากาศ DBT และความจุความร้อนสัมผัสจะลดลง แต่การเพิ่มการระเหยของน้ำจะทำให้ความร้อนแฝงสูงขึ้น ตำแหน่งของสถานภาพจะขยายขึ้นทางด้านบน ซ้ายไปตามเส้น WBT ขอบเขตบนของอุณหภูมิที่คำนวณได้ (Tn) ในเทอมของ DBT จะถูกขยายโดยพิจารณาอิทธิพลของกระแสลม และการระเหย ทำให้สามารถเพิ่มขอบเขตบนของสภาวะสบายได้เป็น $Tn + 12^0C$



ภาพที่ 2.44 แนวความคิดวิธี Evaporation cooling

- Indirect evaporative cooling

Direct evaporative cooling จะได้ผลมากในสภาพอากาศแห้ง ความชื้นที่สูงขึ้น จะจำกัดศักยภาพของการระเหย และกลายเป็นการเพิ่มความชื้นให้สูงขึ้นอีกระบบ Indirect evaporative cooling โดยใช้พัดลมดูดอากาศ เป็นการระบายความชื้น และทำให้ลมเย็นจ่ายเข้าทางอ้อมโดยป้องกันไม่ให้ลมเข้าและลมออกผสมกัน และต้องไม่เพิ่มความชื้นให้กับอากาศด้วยกระแสลมเย็นนี้จะมีความชื้นจนถึงขีดสุด ดังนั้นความเย็นแฝงจึงมากกว่าระบบ Direct evaporative cooling ขอบเขตบนของอุณหภูมิจะกลายเป็น Tn + 15^{0}C ขอบเขตบนของค่า AH จะกลายเป็น 14 g/kg



ภาพที่ 2.45 แนวความคิดวิธี Indirect evaporation cooling

การควบคุมอุณหภูมิแต่ละวิธี ต้องพิจารณาเงื่อนไข คือ อุณหภูมิ และความชื้นภายนอกอาคาร ที่เหมาะสมกับเทคนิควิธีที่จะนำมาใช้ เพื่อให้เกิดศักยภาพสูงสุด ซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะสบายในอาคาร เรียกว่า Control potential zone หรือ CPZ (Szokolay 1986)

[2] เอกสารอ้างอิง ผศ.ปรีชญา รังสิรักษ์, **"เอกสารคำสอนวิชาภูมิอากาศชั้นสูง (Advanced Climatology)"**, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2535

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Close และ Dunkle ได้ออกแบบการปรับอากาศระบบลด – เพิ่มความชื้นในอากาศแบบวงจรเปิด โดยใช้อุปกรณ์ที่สามารถดูดความชื้น ซึ่งมีแท่งดูดความชื้นอยู่ภายใน (Desiccant Bed) 2 แท่ง ทำด้วยซิลิกาเจลซึ่งเมื่อถึงเวลาหนึ่งจะถูกทำให้แห้ง (Regenerated) ด้วยอากาศร้อนซึ่งได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ และอีกแท่งหนึ่งจะใช้ดูดความชื้นจากอากาศที่นำไปผ่าน Evaporative Cooler โดยมีเงื่อนไขดังนี้; อากาศภายนอกมีอุณหภูมิ 35^{0}C และอัตราส่วนความชื้น 0.00228 อุณหภูมิภายในอาคาร 25^{0}C อัตราการไหลของอากาศภายในอาคาร 0.87 kg/s อุณหภูมิของอากาศที่เข้าไปภายในตัวอาคาร 6^{0}C โดยสมมติให้ประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) เครื่องทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooler) และเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) เป็น 0.8 ได้อัตราส่วนความชื้นที่เข้าไปภายในอาคาร 0.0094 และอุณหภูมิของอากาศร้อน 92^{0}C แท่งดูดความชื้นแต่ละแท่งมีปริมาตร 0.63 m^{3} บรรจุซิลิกาเจล 1000 กิโลกรัมจากเงื่อนไขที่ตั้งไว้ข้างต้น ระบบปรับอากาศของ Close และ Dunkle สามารถปรับอากาศได้เท่ากับเครื่องปรับอากาศขนาด 1.6 ตันความเย็น

Bechwith, W. ได้ทำการวิจัยศึกษาการควบคุมสภาวะความชื้นภายในศูนย์ศัลยกรรม ลักษณะของอาคารเป็นอาคารชั้นเดียวซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 6200 ตารางฟุต ช่วงระยะเวลาของการทำงานของระบบปรับอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 4100 ชั่วโมงต่อปี โดยที่ความชื้นภายนอกกรอบอาคารสูงกว่า 60% ในงานวิจัยนี้ได้ทำการติดตั้ง RAL (Run – around loop) เพื่อลดความชื้นของอากาศซึ่งใช้ระบบการ Reheat ของอากาศที่มีความชื้น โดยทำการรีดความชื้นออกจากอากาศก่อนผ่านชุดคอยล์เย็นก่อนทำการปรับอากาศ ผลก็คือสามารถช่วยลดความชื้นได้เป็นที่น่าพอใจ จากผลการทดลองพบว่าก่อนทำการติดตั้งระบบ RAL อุณหภูมิและความชื้นที่ออกจากระบบปรับอากาศเท่ากับ 68^{0}F ความชื้นเท่ากับ 60% หลังทำการติดตั้งระบบดังกล่าวแล้ว อุณหภูมิอยู่ที่ 70^{0}F ความชื้นเท่ากับ 45% ซึ่งสามารถลดความชื้นได้ถึง 25%

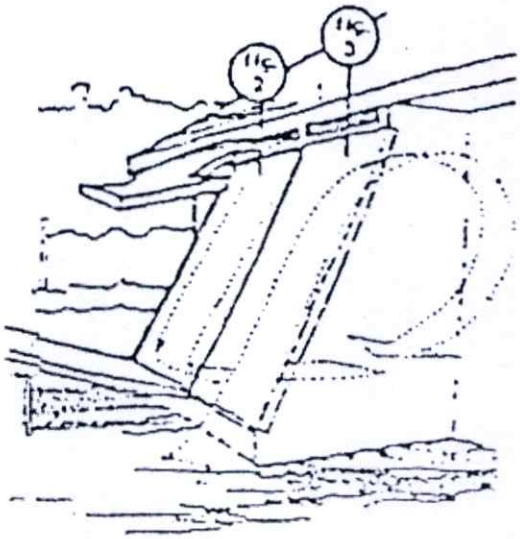
Diasty, R.E. Fazio, P. and Budaiwi. I. ได้ทำการศึกษาสภาวะความชื้นเพื่อดูพฤติกรรมการถ่ายเทของไอน้ำที่มีอยู่ภายในอากาศซึ่งกำหนด Zone มีการออกแบบให้มีพื้นที่และขนาดที่แตกต่างกัน การทดลองโดยให้ความเร็วลมพัดผ่านเข้ามาภายในของแต่ละพื้นที่ ในตำแหน่งด้านข้องและตรงกลางของห้องทดลอง โดยที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของลมที่ 3.4 m/s และ 6.4 m/s ซึ่งค่าของไอน้ำภายในห้องเท่ากับ 0.0078 $kg/kg_{อากาศแห้ง}$ และอุณหภูมิเท่ากับ 21^{0}C ส่วนค่าความชื้นของอากาศภายนอกห้อง เท่ากับ 0.0125 $kg/kg_{อากาศแห้ง}$ ในช่วงฤดูร้อน ส่วนช่วงฤดูหนาวอยู่ที่ 0.0014 $kg/kg_{อากาศ}$

แห้ง ซึ่งผลการทดลองได้ว่า พื้นที่บริเวณที่อยู่ใกล้กับความเร็วลมที่พัดผ่านเข้ามาจะมีค่า ไอน้ำในอากาศสูงกว่าพื้นที่บริเวณอื่นๆ หลังจากนั้นไอน้ำในอากาศก็เริ่มกระจายไปยังพื้นที่บริเวณต่างๆที่อยู่ใกล้กัน และค่าของไอน้ำก็ค่อยๆ เพิ่มขึ้น และเมื่อปล่อยให้อากาศไหลผ่านประมาณ 5-6 ชั่วโมง ไอน้ำในแต่ละพื้นที่ก็เริ่มคงที่ มีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง ซึ่งจากการทดลองหาค่าไอน้ำในอากาศสรุปได้ว่าการกระจายตัวของไอน้ำในห้องทดลองขึ้นอยู่กับระดับความชื้นภายนอกห้อง และความเร็วของอากาศที่พัดผ่านเข้ามาส่วนที่อยู่ใกล้แหล่งที่อากาศพัดผ่านเข้ามาจะมีไอน้ำในอากาศสูงกว่าพื้นที่บริเวณส่วนอื่นๆ ส่วนบริเวณที่อยู่ใกล้กันก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงค่าหนึ่งไอน้ำในอากาศจะเริ่มคงที่

ตัวอย่างการใช้ระบบ Desiccant ในการลดความชื้น [6]

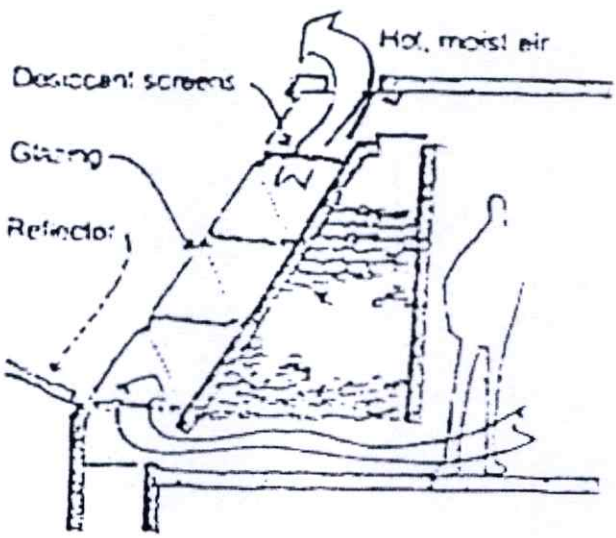
การปรับสภาพเย็นในตัวเองในเขตความชื้นสูงยังคงเป็นปัญหาในเทคโนโลยีปัจจุบัน การทำความเย็นโดยการดูดความชื้น ได้มีการทดลองใหม่โดยใช้วี Hybrid System โดยการใช้จานเกลือ 2 ชุด ชุดแรกอยู่ภายในอาคารเพื่อดูดความชื้นของอากาศภายในอาคาร ในขณะที่อีกชุดหนึ่งซึ่งเป็นชุดเกลืออิ่มตัวตากแดดอยู่ภายนอกให้คายความชื้นออกเพื่อนำกลับมาใช้อีก และอีกระบบหนึ่งเป็นระบบผสมของการทำความเย็น โดยวิธีการระบายอากาศแบบเหนี่ยวนำและนำอากาศเข้าผ่านถ่านเร่งการดูดความชื้น (Activated Charcoal Desiccant) และการทำความเย็นให้กับภายในอาคารด้วยอากาศที่แห้ง ในขณะที่อากาศร้อนอยู่ตามแนวสูงของผนังด้านทิศใต้ก็จะผ่านไปบนแผ่นดูดความชื้นที่อิ่มตัวแล้ว ไล่ความชื้นออกจากแผ่นไปด้วย การวิจัยเลือกชนิดของถ่านเร่งการดูดบนเกลือดูดความชื้นของระบบหลัง ซึ่งจากการทดสอบ รายงานว่า ถ่านจากใยเปลือกมะพร้าวเป็นผลิตผลของธรรมชาติที่ได้ผลที่สุด อย่างไรก็ดีมีการค้นคว้าวิจัยเพื่อหาวิธีการปรับความเย็นในตัวเอง ในระบบนี้สำหรับอาคารที่ใหญ่เกินกว่าบ้านพักอาศัย

Desiccant cooling การลดความชื้นสามารถทำได้โดยการใช้ความร้อนหรือการใช้ลมในการระบายความชื้นและความร้อนช่วยกระตุ้นให้เกิดการระเหยเร็วขึ้น มีการนำวัสดุที่สามารถดูดความชื้นมาใช้ เช่น วัสดุประเภทคาร์บอน (ถ่าน) หรือสารจำพวกซิลิกาเจล ซึ่งมีข้อจำกัดเกี่ยวกับจุดอิ่มตัวของวัสดุคือเมื่อมีความชื้นถึงระดับหนึ่ง (ระดับสูงสุดที่สามารถรับได้ของวัสดุนั้นๆ) วัสดุจะไม่สามารถดูดความชื้นได้อีก



ภาพที่ 2.46 Air path through system

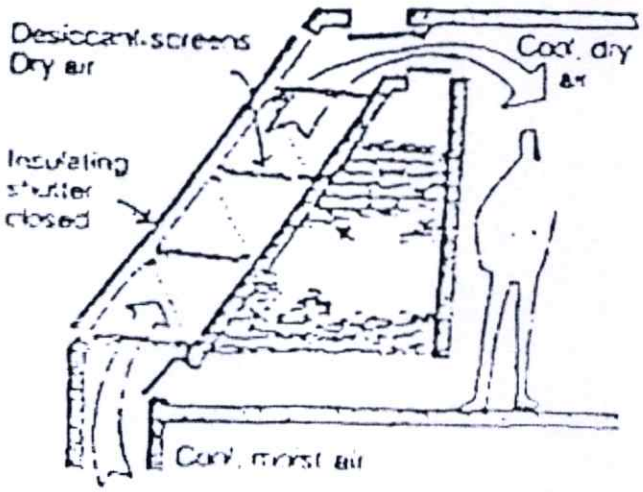
หลักการของ Air path through system คือการนำคุณสมบัติความร้อนและการระบายจากการใช้กระจกและ ตัวสะท้อนความร้อนซึ่งเหนี่ยวนำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิสูงช่วยกระตุ้นให้มีการระเหยเร็วขึ้น และช่วยให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยอากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น และมีความสามารถในการดูดซับความชื้นได้มากขึ้น เมื่อดูดซับความชื้นถึงภาวะอิ่มตัว อากาศเย็นลง จะเคลื่อนลงมาต่ำลงเพื่อแทนที่บริเวณของอากาศร้อน ที่ลอยไปยังส่วนบน



ภาพที่ 2.47 Desiccant regeneration

หลักการของ Desiccant regeneration คือ เป็นระบบผสมของการทำความเย็น โดยวิธีการระบายอากาศแบบเหนี่ยวนำและนำอากาศชื้นผ่านถ่านเร่งการดูดความชื้น (Activated Charcoal Desiccant)

โดยใช้ตัวสะท้อนความร้อนและกระจกเป็นตัวช่วย ซึ่งอากาศชื้นจะผ่านในบริเวณนี้แล้วปล่อยอากาศร้อนชื้นออกไปภายนอกเนื่องจากอากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น



ภาพที่ 2.48 Desiccant mode

หลักการของ Desiccant mode คือ อากาศเย็นจากพื้นดินจะเคลื่อนผ่าน แผ่นดูดความชื้น (Desiccant screen) แล้วปล่อยอากาศที่แห้งและเย็นเข้าไปภายในอาคาร (โดยวิธีการนี้เป็นระบบปิด คือจะทำการปิดบริเวณกระจกภายนอกและบริเวณพื้น)

[6] เอกสารอ้างอิง ผศ. ปรีชญา รังสิรักษ์, **"พลังงานแสงอาทิตย์กับอาคาร"**, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2535

บทที่ 3

ข้อมูลทางกายภาพของกรุงเทพมหานคร

3.1 สภาพภูมิอากาศ

กรุงเทพมหานคร เป็นเมืองหลวงและเป็นเมืองที่มีประชากรมากที่สุดในประเทศไทย รวมทั้งเป็นศูนย์กลางการปกครอง การศึกษา การคมนาคมขนส่ง การเงินการธนาคาร การพาณิชย์ การสื่อสาร ฯลฯ ของประเทศไทย มีแม่น้ำสำคัญคือ แม่น้ำเจ้าพระยา ไหลผ่านทำให้แบ่งเมืองออกเป็น 2 ฝั่ง คือฝั่งพระนครและฝั่งธนบุรี โดยกรุงเทพมหานครมีพื้นที่ทั้งหมด 1,568.737 ตารางกิโลเมตร พิกัดทางภูมิศาสตร์คือ ละติจูด 13° 45' เหนือ ลองจิจูด 100° 31' ตะวันออก

จากสภาพทางภูมิศาสตร์ของกรุงเทพมหานครนั้น ได้ทำให้สภาพภูมิอากาศโดย ทั่วๆไปจึงเป็นแบบร้อนชื้น อากาศหนาวพัดผ่านเข้าในระยะเวลาช่วงสั้นๆ เท่านั้น สำหรับฤดูกาลสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดูกาลด้วยกัน

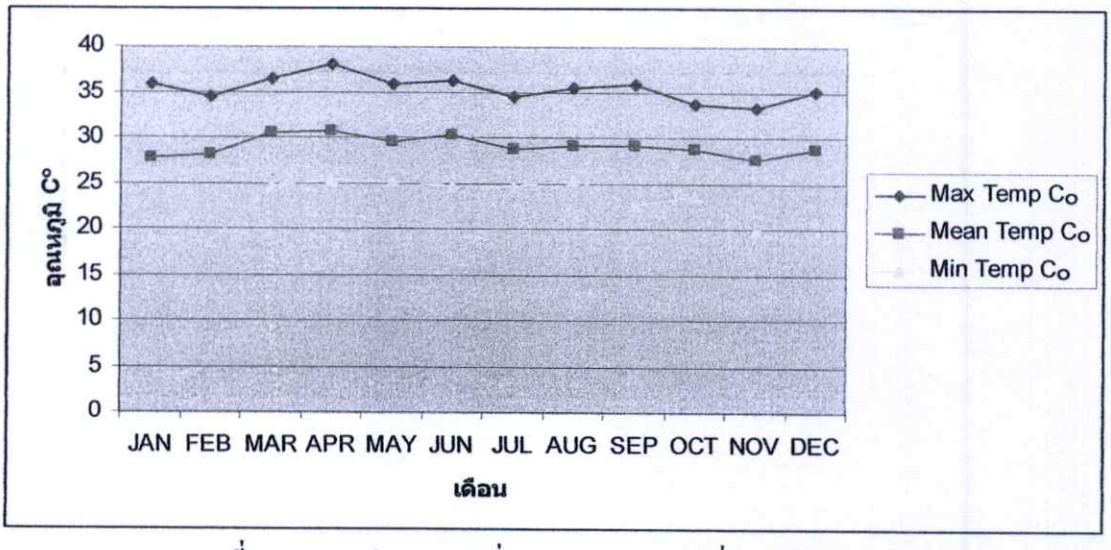
1.ฤดูฝน จะมีปริมาณฝนตกชุก เนื่องจากอิทธิพลของลมเมื่อลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศ เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมไปจนถึงกลางเดือนตุลาคม กินระยะเวลาประมาณ 5 เดือน

2.ฤดูหนาว จะเริ่มขึ้นเมื่อลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดเข้าสู่ประเทศไทย โดยมีช่วงระยะเวลาตั้งแต่ กลางเดือนพฤศจิกายน ไปจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ กินระยะเวลาประมาณ 3 เดือน ระยะนี้ภูมิอากาศจะหนาวเย็นยกเว้นภาคใต้ที่ยังคงถือว่าเป็นฤดูฝนเพราะยังคงมีฝนตกอย่างต่อเนื่อง

3.ฤดูร้อน จะมีช่วงระยะเวลาตั้งแต่ กลางเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงกลางเดือนพฤษภาคม รวมเวลาประมาณ 3 เดือน ช่วงระยะเวลานี้เป็นช่วงเวลาที่โลกเคลื่อนที่เข้าใกล้ดวงอาทิตย์โดยดูเหมือนกับดวงอาทิตย์เคลื่อนผ่านเส้นศูนย์สูตรขึ้นมาทางซีกโลกเหนือ ทำให้ประเทศไทยมีอากาศร้อนอบอ้าว และจะร้อนที่สุดในช่วงเดือนเมษายน

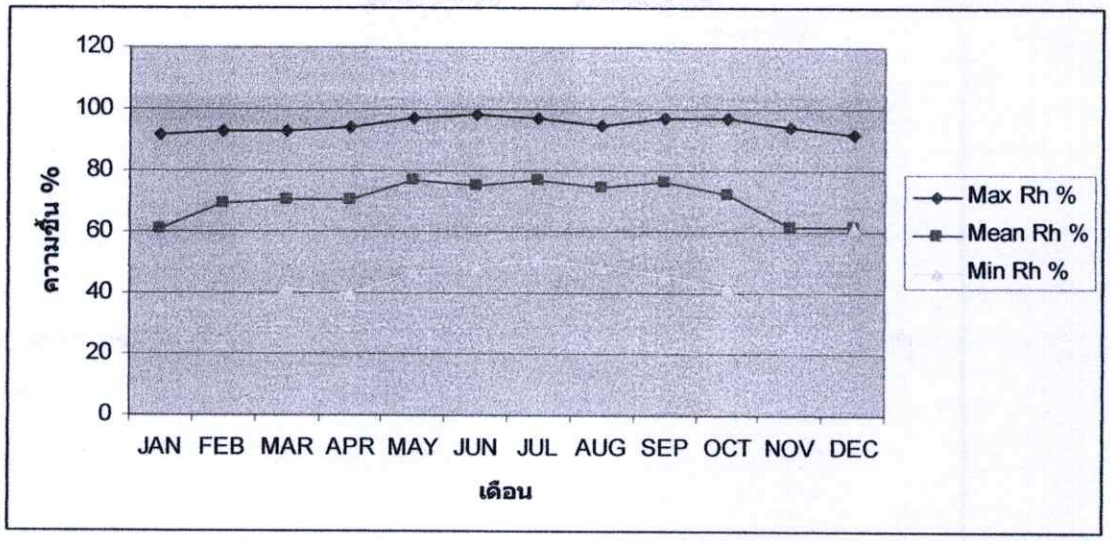
ตารางที่ 3.1 แสดงสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร ในปี 2551 ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Max Temp C°	35.8	34.6	36.5	38	35.8	36.3	34.5	35.5	35.9	33.8	33.4	35.1
Mean Temp C°	27.8	28.2	30.6	30.8	29.6	30.3	28.9	29.2	29.1	28.8	27.6	28.9
Min Temp C°	19.2	18.6	24.8	25.5	25.2	24.7	24.7	25.4	22.7	23.7	20	21.1
Max Rh %	92	93	93	94	97	98	97	95	97	97	94	92
Mean Rh %	61	69	71	71	77	75	77	75	76	73	62	62
Min Rh %	36	24	42	40	47	49	51	49	46	42	28	62
Rain m^3	27.0	0	6.4	30.2	40.5	46.3	44.7	27.9	56.7	52.7	14.7	0
Wind m/s	1.76	2.56	3.58	3.1	2.26	2.37	2.40	2.72	2.26	1.98	1.72	0.96



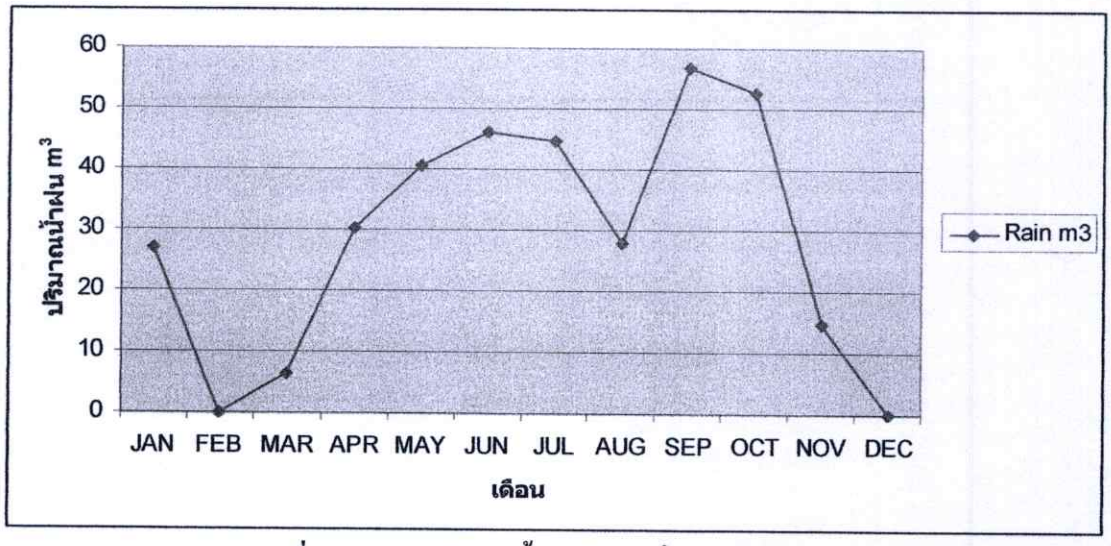
ภาพที่ 3.1 แสดงค่าอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2551

ความชื้น (RH) ของกรุงเทพมหานคร สูงมากประมาณ 75% อยู่ตลอดเวลา โดยเปลี่ยนแปลงอยู่ในระหว่าง 55-100% ความดันไอน้ำค่อนข้างคงที่ระหว่าง 2,500-3,000 N/m^2



ภาพที่ 3.2 แสดงค่าความชื้นต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2551

จำนวนน้ำฝนมีปริมาณสูงตลอดทั้งปี ทั่วไปจะมีฝนตกตลอดหลายๆ เดือนติดกันปริมาณน้ำตลอดทั้งปี อยู่ระหว่าง 2,000-5,000 mm. และอาจมากกว่า 500 mm. ในเดือนที่เป็นฤดูฝน ฝนที่ตกหนักจริงๆ อาจถึง 100 mm./hr แต่จะเป็นเพียงชั่วระยะเวลาที่สั้นๆ



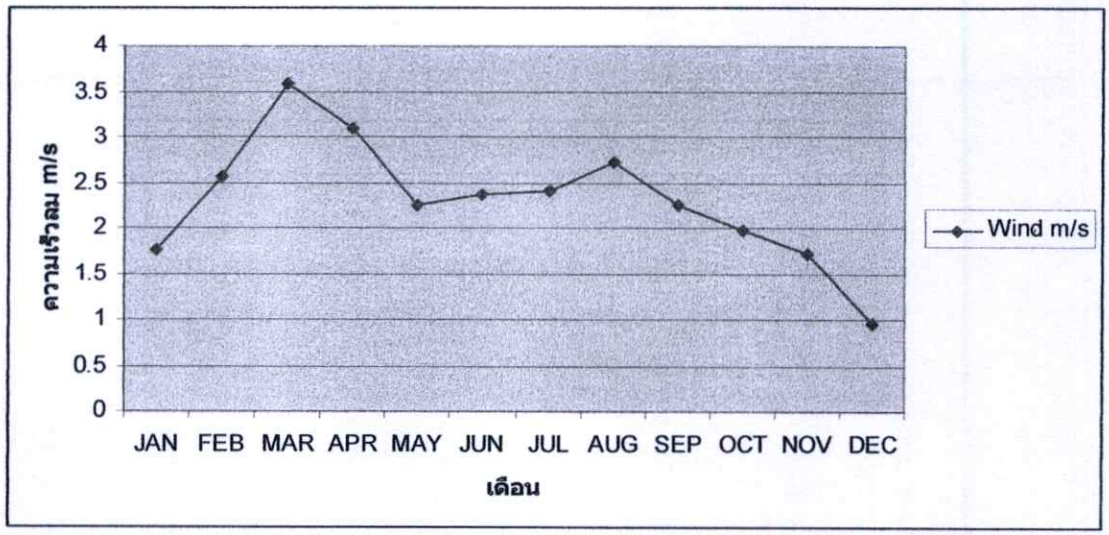
ภาพที่ 3.3 แสดงปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2551

สภาพท้องฟ้า ท้องฟ้าจะมีเมฆอยู่ตลอดทั้งปี พื้นที่เมฆที่ปกคลุมอยู่ระหว่าง 60-90% ในยามที่ฟ้าแจ่มใส แม้จะมีเมฆบ้างแต่ความสว่างจะได้ถึง 7,000 cd/m^2 ในช่วงที่มืดฟ้าครึ้มฝน ความสว่างอาจลดลงเหลือ 850 cd/m^2 หรือน้อยกว่า

รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ส่วนใหญ่จะมีทั้งจากการหักเหจากเมฆและทั้งกระจายจากเมฆหรือไอน้ำจากบรรยากาศเบื้องบน รังสีที่เหลือผ่านลงมาถึงผิวดินก็ยังรุนแรงมาก สามารถทำให้ผิว

ไหม้เกรียมได้ ในตอนกลางคืนความร้อนจากดินและน้ำทะเลก็กลับคืนสู่ท้องฟ้าได้น้อย เนื่องจากเมฆและไอน้ำในบรรยากาศมีมาก ดังนั้นความร้อนสะสมจึงทำให้อุณหภูมิสูงตลอดเวลา

กระแสลม ความเร็วลมทั่วไปต่ำ และแสงแดดดีมาก ต้นไม้และพืชแม้กระทั่งใบหญ้าจะเจริญเติบโตและงอกงามได้อย่างรวดเร็ว จนยากแกการควบคุม



ภาพที่ 3.4 แสดงความเร็วลมโดยเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2551

3.2 การหาค่าขอบเขตความสบาย

จากข้อมูลเบื้องต้น ได้นำมาทำการพิจารณาเขตสบาย (Comfort Zone) ในทางภูมิศาสตร์ ผู้ที่อยู่ในเขตร้อนจะเคยชินและมีสภาวะสบาย ในระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าผู้ที่อยู่ในเขตอบอุ่น ซึ่ง Victor Olgyay ได้กำหนดให้เขตภูมิอากาศอื่นๆ สามารถปรับขอบเขตของเขตสบายให้สูงขึ้น โดยทุก 5 องศาของเส้นรุ้ง ที่ต่ำกว่าเส้นรุ้งที่ 40 องศา ให้ปรับแผนภาพให้สูงขึ้น $^{3}/_{4}$ องศาฟาเรนไฮน์ ซึ่งแผนภาพชีวอากาศของกรุงเทพฯ ที่เส้นรุ้ง 13 องศาเหนือ (ใต้) ได้ปรับระดับของเขตสบายตามที่กำหนด จะได้เขตสบายที่มีอุณหภูมิระหว่าง 72 – 85 องศาฟาเรนไฮน์ และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20 % – 70 % [2]

[2] เอกสารอ้างอิง ผศ.ปรีชญา รังสิรักษ์, **"เอกสารคำสอนวิชาภูมิอากาศชั้นสูง (Advanced Climatology)"**, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2535

ขอบเขตความสบายของกรุงเทพมหานครคำนวณจากข้อมูลภูมิอากาศ พ.ศ. 2551 คำนวณหาจากสูตร[8]

$$\text{TAM หรืออุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี} = \frac{36.5 + 18.6}{2} = 27.55\ C^{\circ}$$

$$\text{TCC} = \frac{\text{TAM} + 17.2}{4} = 24.08\ C^{\circ}$$

หา Annual Range แสดงระยะของเขตสบาย โดยหาจาก

DBT สูงสุดของปี – DBT ต่ำสุดของปี

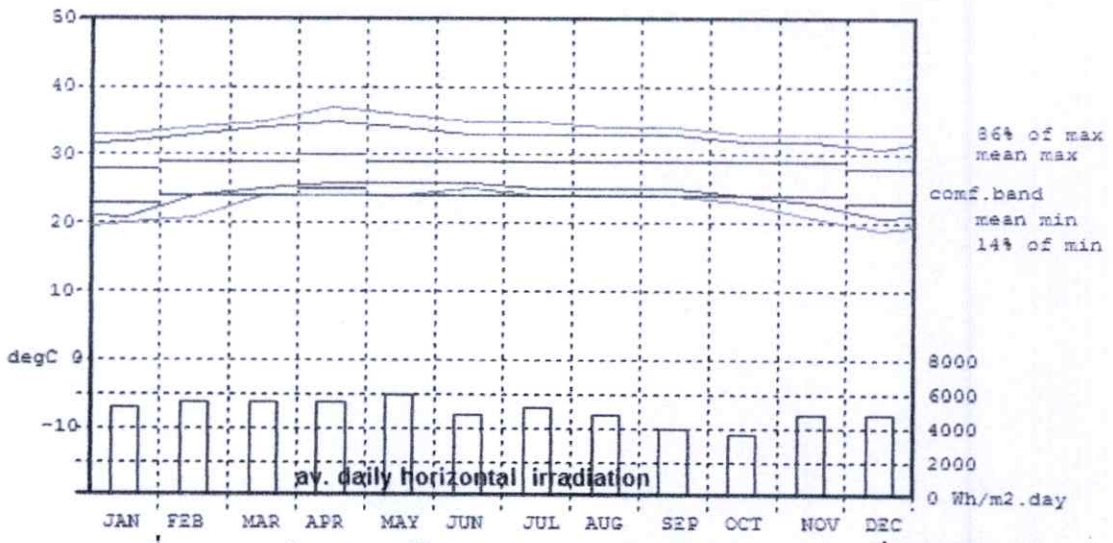
ดังนั้น Annual Range = 36.5 - 18.6 = 17.9

นำไปหาค่า Comfort Zone Range ในตารางซึ่งได้ค่า = 3.5

ดังนั้นระยะของเขตสบายอยู่ในช่วง $24.08 + 1.75 = 25.83\ C^{\circ}$ และ $24.08 - 1.75 = 22.33\ C^{\circ}$

เพราะฉะนั้นช่วงของอุณหภูมิในเขตสบาย = $22.33\ C^{\circ}$ ถึง $25.83\ C^{\circ}$

และช่วงของความชื้นสัมพัทธ์ในเขตสบาย = 20 % – 70 %



ภาพที่ 3.5 แสดงช่วงอุณหภูมิในขอบเขตสบายและปริมาณแสงแดดเฉลี่ยรายเดือน

[8] เอกสารอ้างอิง รศ. ตรึงใจ บูรณสมภพ, **"การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย"**, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พระนคร 2514

3.3 ข้อมูลทางสถาปัตยกรรม

3.3.1 ทิศทางที่ตั้งอาคารและสภาพแวดล้อม

ที่ตั้งอาคาร อาคารบ้านแถวหมู่บ้านศุภาลัยวิลล์ ตั้งอยู่ที่บริเวณถนนรัชดาภิเษก รูปแบบอาคารเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความยาว 15.45 x 4.50 m. แนวอาคารวางอยู่ในแนว ทิศเหนือ – ทิศใต้ บริเวณโดยรอบอาคารเป็นบ้านแถวติดกันทั้งหมด โดยจะเว้นช่วงอาคารที่ 8 หลัง ต่อ1 ชุดอาคาร โดยทางทิศเหนือจะหันหน้าเข้าหาบ้านแถว 2 ชั้น ทางทิศใต้ติดกับด้านหลังบ้านแถว 3 ชั้น ทางทิศตะวันออกและตะวันตกจะติดกับบ้านแถวชุดอาคารเดียวกัน จากทิศทางการอาคารในรูปแบบนี้ จะทำให้ด้านแคบของอาคารรับลมได้พอสมควร และรับแสงแต่ไม่ค่อยได้รับความร้อนมากนักในทางเข้า ซึ่งเป็นทางทิศเหนือ ส่วนทางทิศใต้จะได้รับความร้อนสะสมภายในอาคารมากเนื่องจากมีระยะห่างระหว่างบ้านแถวไม่เพียงพอที่จะระบายอากาศได้ดี แต่ก็พอจะได้ร่มเงาจากบ้านแถวหลังที่ติดกันทางทิศใต้

ภาพที่ 3.6 ที่ตั้งอาคารและสภาพแวดล้อม

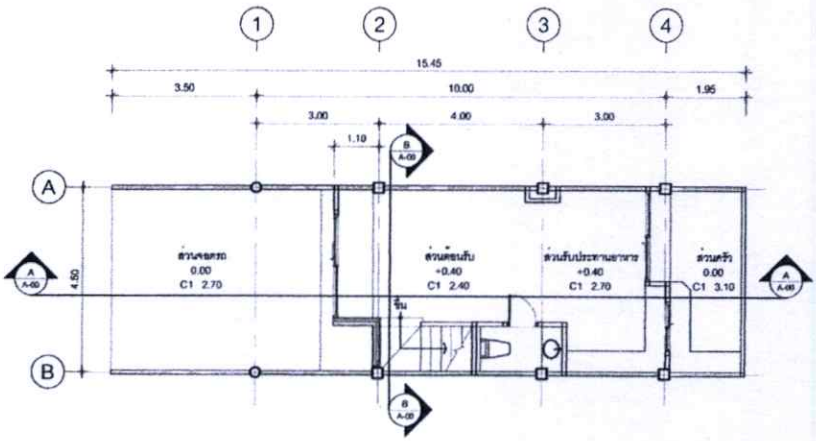
3.3.2 ผังและพื้นที่ใช้สอยภายในบ้านแถว

อาคารนี้มีจุดมุ่งหมายในการใช้สอยพื้นที่เพื่อเป็นที่พักอาศัย โดยอาคารนี้เป็นบ้านแถว 3 ชั้น โดยอาคารสามารถแบ่งพื้นที่ใช้สอยได้เป็น 3 ส่วนดังนี้

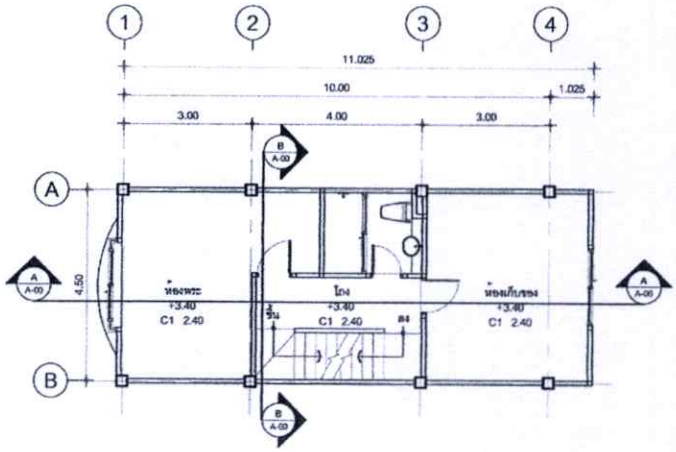
1.ส่วนต้อนรับ

2.ส่วนรับประทานอาหารและครัว

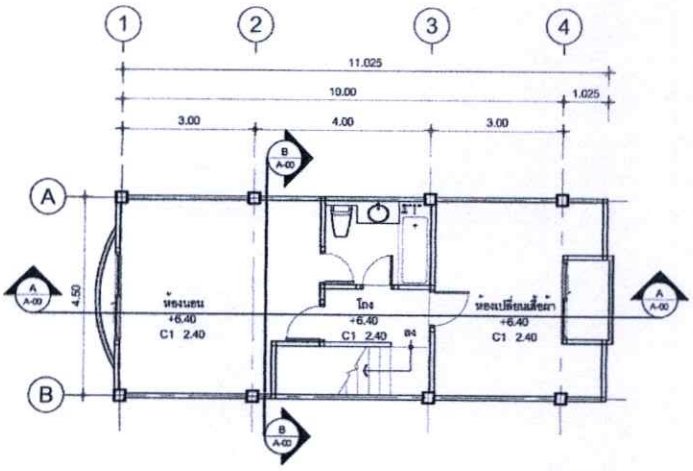
3.ส่วนพักผ่อน



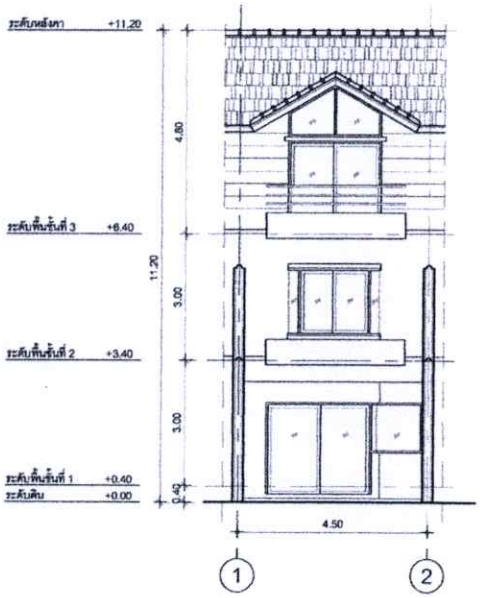
ภาพที่ 3.7 แปลนพื้นชั้นที่ 1



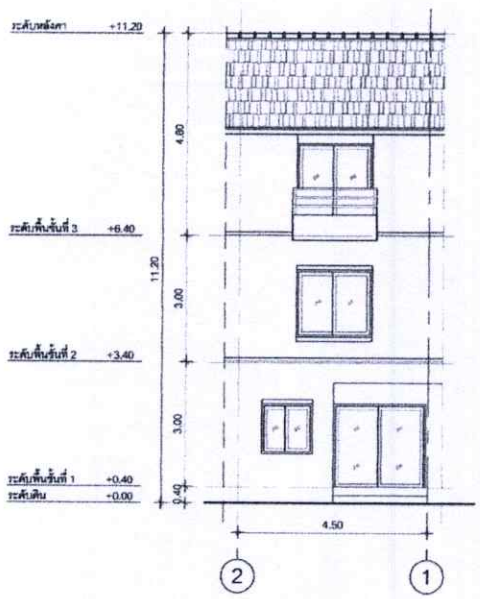
ภาพที่ 3.8 แปลนพื้นชั้นที่ 2



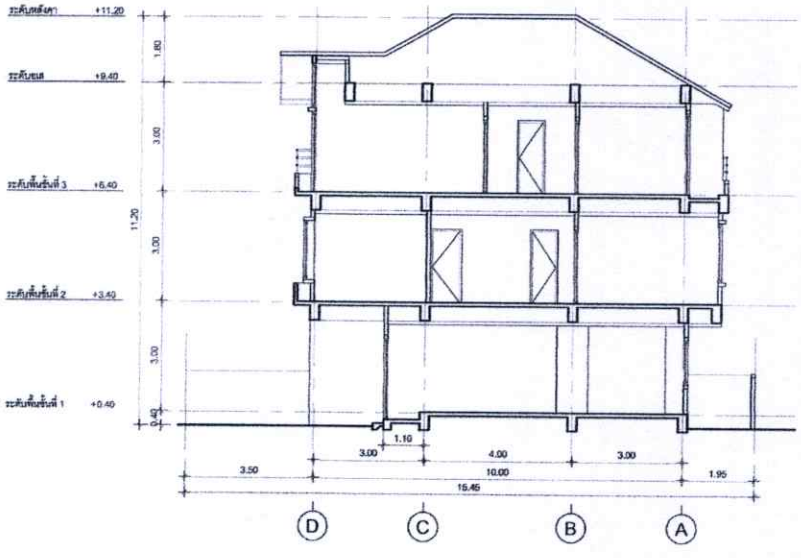
ภาพที่ 3.9 แปลนพื้นชั้นที่ 3



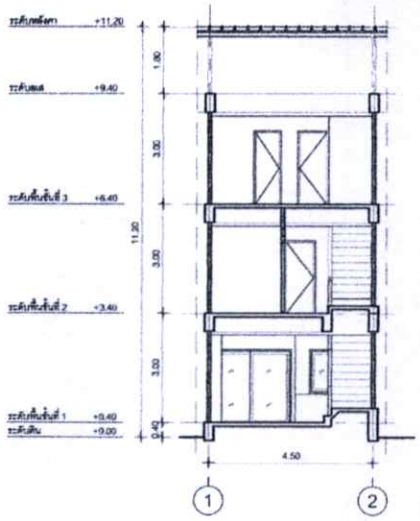
ภาพที่ 3.10 รูปด้านที่ 1 ด้านทิศเหนือ



ภาพที่ 3.11 รูปด้านที่ 2 ด้านทิศใต้



ภาพที่ 3.12 รูปตัด A



ภาพที่ 3.13 รูปตัด B

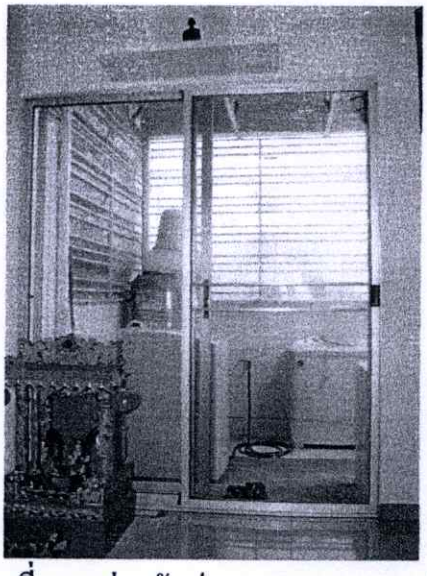
1. ส่วนต้อนรับ

ในส่วนนี้จะอยู่ชั้นล่างของบ้านแถวและเป็นส่วนหน้าสุด โดยจะมีขนาดห้อง 5x3.50 เมตร มีจำนวน 1 ห้อง การใช้สอยจะเป็นช่วงเวลา 17.00 – 21.00 น. ในการดูทีวี และอ่านนิตยสาร ในส่วนนี้จะมีการปรับอากาศ โดยมีขนาด 20000 BTU แต่จะใช้งานร่วมกับส่วนรับประทานอาหาร และครัว

ภาพที่ 3.14 ส่วนต้อนรับ

2. ส่วนรับประทานอาหารและครัว

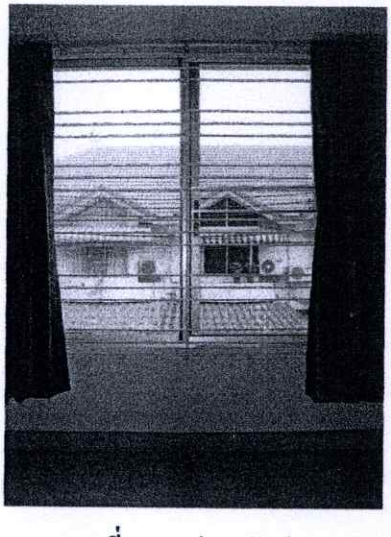
โดยส่วนใหญ่แล้วส่วนนี้ไม่ค่อยได้ใช้งานเนื่องจากผู้อยู่อาศัยจะนิยมรับประทานอาหารสะดวกซื้อ ในเวลาที่ใช้สอยจะเป็นช่วงเช้าก่อนที่จะออกไปทำงาน โดยมีขนาดห้อง 4.5x4.5 เมตร โดยในส่วนนี้ไม่มีระบบปรับอากาศ แต่จะใช้ระบบปรับอากาศร่วมกับส่วนต้อนรับ อาจจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศไม่เพียงพอต่อพื้นที่ใช้สอย



ภาพที่ 3.15 ส่วนรับประทานอาหารและครัว

3. ส่วนพักผ่อน

ส่วนนี้จะอยู่ชั้น 2 แต่จะถูกใช้งานในส่วนของห้องพระ และห้องเก็บของ ส่วนในชั้นที่ 3 จะถูกใช้เป็นห้องนอน และห้องแต่งตัว ในช่วงเวลาตั้งแต่ 21.00 น.จนถึงเวลาประมาณ 10.00 น. โดยในแต่ละห้องจะมีขนาด 4x4.5 เมตร และจะมีระบบปรับอากาศเพียงห้องทางด้านหน้าชั้นที่ 3 เท่านั้น โดยระบบปรับอากาศจะมีขนาด 12000 BTU เท่านั้น



ภาพที่ 3.16 ส่วนพักผ่อน

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานการสำรวจสถานที่จริงนั้น เพื่อทำการสรุปอุณหภูมิ ความชื้น ช่วงเวลาในการใช้งานและลักษณะการใช้สอยพื้นที่ได้แล้ว ยังทำให้ทราบช่วงเวลาการใช้งานในแต่ละองค์ประกอบ และเพื่อที่จะทราบว่าช่วงเวลาใดในแต่ละองค์ประกอบที่มีปัญหาทางด้านความ

สบาย จำเป็นต้องพิจารณาช่วงเวลาการใช้งานร่วมกับ ข้อมูลอุณหภูมิที่เกินขอบเขตสบายในเวลาต่าง ๆ ทำให้ทราบว่าควรจะแก้ปัญหาความสบายองค์ประกอบใดและแก้ปัญหาในช่วงเวลาใดบ้าง จึงจะทำให้การใช้พื้นที่ส่วนต่าง ๆ ของอาคารอยู่ในความสบาย จากตารางที่ 3.1 แสดงถึงอุณหภูมิ ตารางที่ 3.2 แสดงถึงค่าความชื้นและตารางที่ 3.3 แสดงถึงช่วงเวลาการใช้งานในส่วนต่างๆของอาคาร

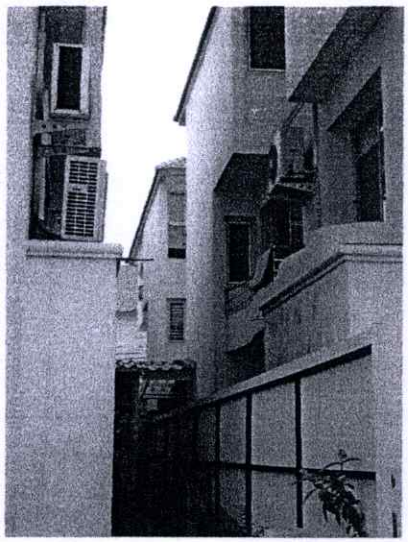
ตารางที่ 3.2 แสดงช่วงเวลาการใช้งานในส่วนต่างๆของอาคาร

พื้นที่	ช่วงเวลาที่ใช้งาน																							
	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
ห้องนั่งเล่น									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
ห้องทานข้าว											■	■						■	■					
ห้องน้ำชั้นที่ 1									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
ห้องครัว												■								■				
ห้องพระ										■	■	■												
โถงชั้นที่ 2									■	■	■	■								■	■	■	■	
ห้องน้ำชั้นที่ 2											■									■				
ห้องเก็บของ																								
ห้องนอนชั้นที่ 3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										■	■	■	■	■
โถงชั้นที่ 3									■	■	■									■	■	■	■	
ห้องน้ำชั้นที่ 3									■	■												■	■	
ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า										■	■												■	

3.4 รายละเอียดกรอบอาคาร

1. ผนังด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออก

ผนังโดยส่วนใหญ่ของอาคารเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน ทาสี ผนังทางด้านทิศทั้งสองนี้ เป็นด้านยาวของอาคารซึ่งจะเป็นผนังที่ใช้ร่วมกันทั้ง 2 ด้าน มีความยาวโดยประมาณ 11.025 เมตร



ภาพที่ 3.17 ภาพแสดงทางด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออก

2. ผนังด้านทิศเหนือ

ผนังด้านนี้เป็นส่วนกว้างตามแนวของอาคาร เป็นทางเข้าหลักของอาคารโดยส่วนใหญ่ของอาคารเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน ทาสี มีความกว้าง 4.50 เมตร ทางด้านนี้จะมีระเบียงที่ชั้น 2 และชั้น 3

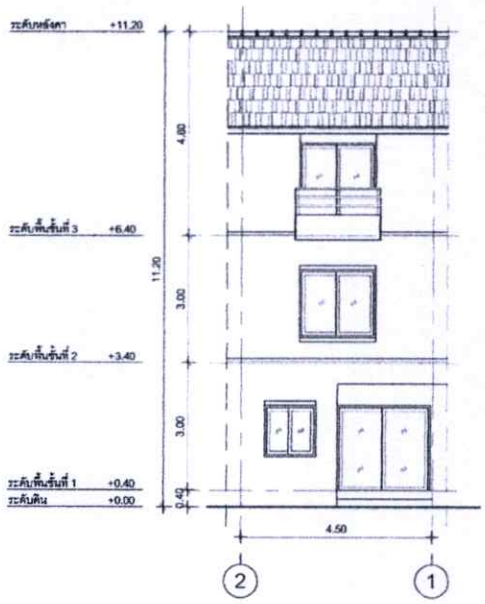
ภาพที่ 3.18 ภาพแสดงทางด้านทิศเหนือ

ที่บริเวณระเบียงนี้ ไม่ได้ใช้ประโยชน์อะไรแต่ที่บริเวณผนังใช้ในการยึดคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ และท่อระบายสารเคมี ส่วนบริเวณที่ชั้น 3 จะมีราวกันตกทำจากสแตนเลส

3. ผนังด้านทิศใต้

ผนังทางด้านนี้มีส่วนคล้ายกับทางด้านทิศเหนือ ที่เป็นส่วนกว้างตามแนวอาคารซึ่ง

เป็นทางด้านหลังของตัวอาคาร โดยส่วนใหญ่เป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน ทาสี มีความกว้าง 4.50 เมตร ทางด้านนี้จะมีระเบียงที่ชั้น 3



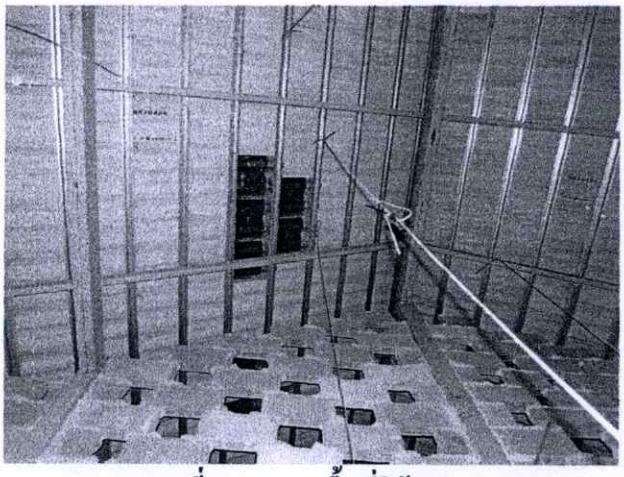
ภาพที่ 3.19 รูปด้านทิศใต้

ภาพที่ 3.20 ภาพทัศนียภาพด้านทิศใต้

4. หลังคา

หลังคาโดยส่วนใหญ่ใช้กระเบื้องหลังคาลอนคู่สีเขียวและใช้หลังคาพลาสติกชนิด โปร่งแสง จำนวน 5 แผ่น เพื่อใช้เป็นช่องแสง ใช้เหล็กตัวซีเป็นโครงสร้างหลัก ส่วนแปใช้เหล็กกล่อง และใน

การกั้นพื้นที่ใต้หลังคาใช้อิฐบล็อกก่อห่างกันประมาณ 20 เซนติเมตรเพื่อใช้ในการระบายอากาศจากหลังคาและยังป้องกันการปีนจากอีกห้องไปยังอีกห้องด้วย



ภาพที่ 3.21 ภาพพื้นที่ใต้หลังคา

3.4.1 การวิเคราะห์วัสดุผนังทึบ

วัสดุที่ใช้ทำผนังส่วนใหญ่เป็นที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป เป็นวัสดุที่หาได้ง่าย มีขายตามร้านค้าวัสดุเป็นส่วนใหญ่ แต่วัสดุยังมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนต่ำ โดยสามารถแสดงค่าได้ดังนี้

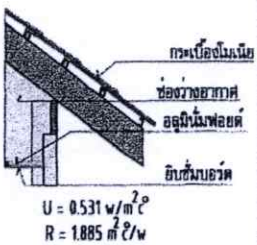
ตารางที่ 3.3 แสดงการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนของผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน

1. ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน					
$U = 3.69\ w/m^2C^o$ $R = 0.27\ m^2C^o/w$	รายการวัสดุ	Δx (m)	K (W/m°C)	$R=\Delta x/k$ (m^2°C/W)	U (W/m^2°C)
	1.ฟิลม์อากาศด้านนอก			0.044	
	2.ปูนฉาบ	0.01	0.533	0.02	
	3.อิฐมอญ	0.08	1.154	0.07	
	4.ปูนฉาบ	0.01	0.533	0.02	
	5. ฟิลม์อากาศด้านใน			0.12	
	รวม			0.27	3.69

ตารางที่ 3.4 แสดงการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนของผนังก่ออิฐมวลเบา

2. ผนังก่ออิฐมวลเบา					
	รายการวัสดุ	Δx (m)	K (W/m°C)	$R=\Delta x/k$ (m^2°C/W)	U (W/m^2°C)
U=2.92 W/m^2 °C R=0.34 m^2 °C/W	1.ฟิลม์อากาศด้านนอก			0.044	
	2.ปูนฉาบ	0.01	0.533	0.02	
	3.อิฐมวลเบา	0.08	0.567	0.14	
	4.ปูนฉาบ	0.01	0.533	0.02	
	5. ฟิลม์อากาศด้านใน			0.12	
	รวม			0.34	2.92

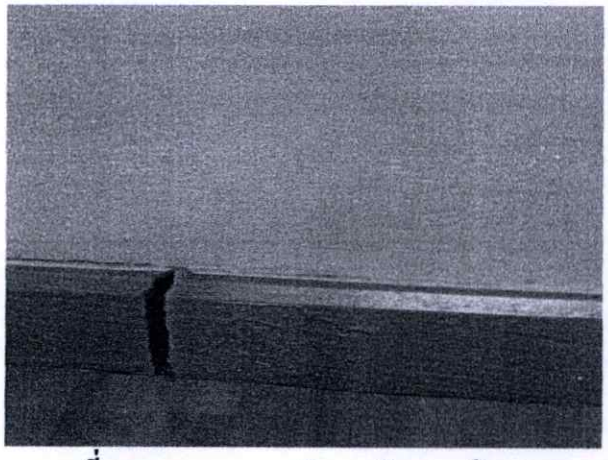
ตารางที่ 3.5 แสดงการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนของหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหิน + ยิบซั่มบอร์ด + อลูมินั่มฟอยด์

3. หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหิน + ยิบซั่มบอร์ด + อลูมินั่มฟอยด์					
	รายการวัสดุ	Δx (m)	K (W/m°C)	$R=\Delta x/k$ (m^2°C/W)	U (W/m^2°C)
 U = 0.531 w/m^2° R = 1.885 m^2°/w	1.ฟิลม์อากาศด้านนอก			0.055	
	2.กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็ก	0.006	0.338	0.018	
	3.ช่องว่างในหลังคามีฟอยด์			1.356	
	4.ยิบซั่มบอร์ด	0.012	0.191	0.063	
	5. ฟิลม์อากาศด้านใน			0.391	
	รวม			1.883	0.531

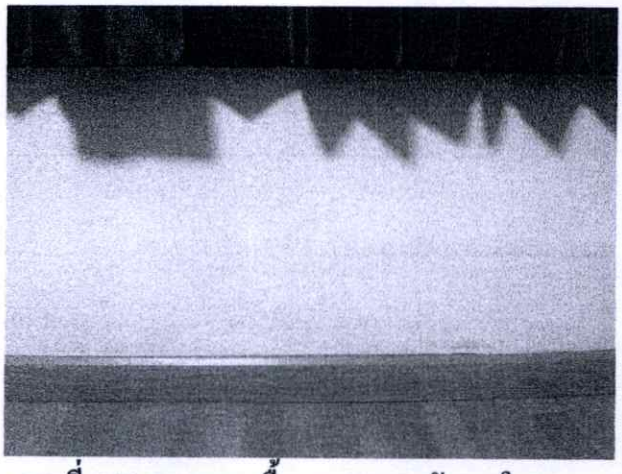
3.5 สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในบ้านแถว

จากข้อมูลข้างต้นที่ได้กล่าวมานั้น ว่าอาคารได้แบ่งพื้นที่อาคารออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนต้อนรับ, ส่วนรับประทานอาหารและครัว, ส่วนพักผ่อน ในส่วนการศึกษาเรื่องสภาพภูมิอากาศและความชื้นนั้น ถึงแม้ว่าพื้นที่บางส่วนจะมีระบบปรับอากาศ แต่ก็ไม่สามารถลดความชื้นและปรับสภาพภูมิอากาศได้ทั่วถึงทุกห้องในบ้านหลังนี้ โดยส่วนใหญ่จะพบว่ายังมีความชื้นสะสม อีกทั้งการ

ระบายอากาศยังไม่ดีเท่าที่ควร ถึงแม้ว่าจะมีการปรับอากาศเป็นบางส่วนก็ตาม เป็นสาเหตุทำให้วัสดุภายในบ้านแถวมีความเสียหายและเกิดความชื้นสะสมที่เนื้อวัสดุที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 3.22 ภาพการหดตัวของวัสดุภายในอาคาร



ภาพที่ 3.23 ภาพความชื้นสะสมบนผนังภายในอาคาร

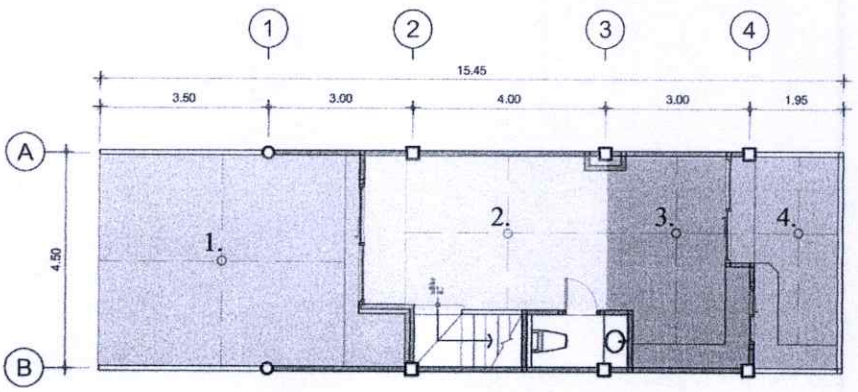
บทที่ 4
การดำเนินการวิจัย

4.1 การออกแบบการลดความชื้นในอากาศที่เหมาะสมภายในบ้านแถว

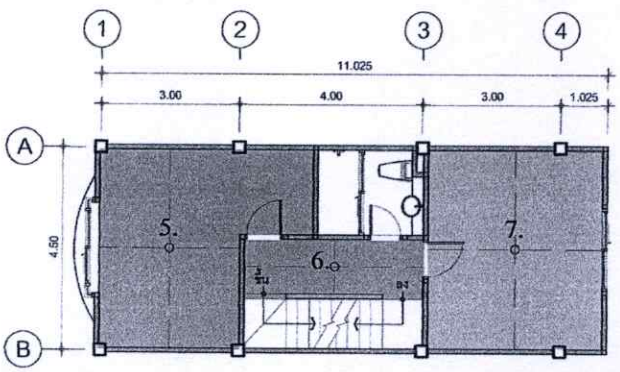
การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของการลดความชื้นภายในบ้านแถว โดยทำการทดสอบเปรียบเทียบและสรุปวิธีการลดความชื้นที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ที่สามารถใช้กับสภาพความเป็นอยู่ในชีวิตประจำวัน และสภาพอากาศในปัจจุบัน

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงได้ทำการออกแบบการทดลองถึงความเป็นไปได้ในการลดความชื้นในอากาศ โดยการทดสอบด้วยการระบายอากาศ และการใช้สารลดความชื้น โดยมีหลักการในการหาผลการทดลอง คือ

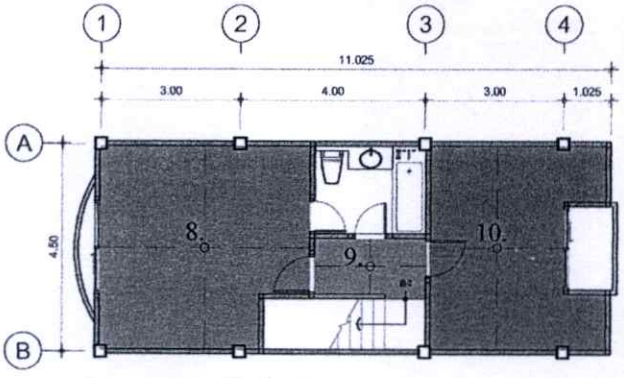
1. ทำการกำหนดตำแหน่งในการวัดทั้งภายนอกและภายในห้อง โดยจากการกำหนดตำแหน่งดังกล่าวทำให้ได้ตำแหน่งทั้ง 10 จุด ซึ่งได้มาจากตำแหน่งกึ่งกลางของห้องนั้นๆ เพื่อใช้ในการทดลองหาค่าของความชื้นและอุณหภูมิ



ภาพที่ 4.1 แปลนพื้นชั้นที่ 1 และตำแหน่งในการวัด



ภาพที่ 4.2 แปลนพื้นชั้นที่ 2 และตำแหน่งในการวัด



ภาพที่ 4.3 แปลนพื้นชั้นที่ 3 และตำแหน่งในการวัด

2. ทดสอบประสิทธิภาพในการลดความชื้นโดยพิจารณาจากผลการทดลองที่ได้จากการวัดในแต่ละช่วงเวลา โดยนำผลการทดลอง (ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ค่าความชื้นสัมพัทธ์) มาใส่ในตารางไซโครเมตริก เพื่อที่จะได้ทราบถึงขอบเขตสบายจากอุณหภูมิและความชื้นในขณะนั้น นำค่าจากตารางไซโครเมตริกมาคำนวณหาค่าความต่างของความชื้นว่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง

3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความชื้นของในแต่ละกรณีเพื่อดูช่วงของขอบเขตสบายจากตารางไซโครเมตริก มาเปรียบเทียบความชื้นกับช่วงเวลาที่ใช้งานในแต่ละกิจกรรม เพื่อเป็นแนวทางและนำไปประยุกต์ใช้

4.2 การทดลองเพื่อหาคุณสมบัติของการลดความชื้นด้วยสภาวะปกติ

4.2.1 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของสภาวะอากาศปกติ

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการลดความชื้นที่สภาวะอากาศปกติ เพื่อหาประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในบ้านแถวว่ามีการเพิ่มและลดของความชื้นมากน้อยเพียงใด และข้อมูลที่ได้ก็ได้เอามาเป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับการทดลองแบบต่างๆด้วย

4.2.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (opus 200)
2. เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น ที่ใช้ติดตั้งกับเครื่องบันทึก (universal use)
3. เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น ใช้ในการวัดตามจุดต่างๆ (humidity meter)

วิธีดำเนินการทดสอบ

1. ทำการตรวจวัดขนาดของบ้านแถวเพื่อให้ทราบถึงขนาดและปริมาตรของห้องต่างๆ ในส่วนที่จะทำการทดลองแล้วนำมาเขียนแบบเพื่อที่จะได้กำหนดตำแหน่งที่จะใช้ในการวัดและบันทึกผลการทดลอง

2. ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดอุณหภูมิ ความชื้น และวัดความเร็วลมภายใน ทั้ง 9 จุดที่กำหนดไว้

3. วัดอุณหภูมิและความชื้นก่อนทำการทดลองระบบอื่น โดยทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 1 ชั่งโมง โดยเริ่มการบันทึกตั้งแต่เวลา 0.00 – 23.00 น. ทั้งภายนอกและภายในทั้ง 9 จุดที่กำหนดไว้ของบ้านแถวเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพการลดความชื้นที่สภาวะปกติว่ามีความชื้นเพิ่มหรือลดอย่างไร

4. นำค่าที่วัดได้จากการทดลองมาวางในตาราง Psychomatic Chart เพื่อดูว่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้นั้นอยู่ในขอบเขตสบายหรือไม่

5. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ของแต่ละความเร็วในการระบายอากาศมาพิจารณา และเปรียบเทียบค่าความชื้น และผลต่างของการลดความชื้นในแต่ละการทดลอง

6. สรุปประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

4.3 การทดลองเพื่อหาคุณสมบัติของการลดความชื้นด้วยพัดลมระบายอากาศ

4.3.1 การทดลองเพื่อเลือกระดับความเร็วลมของพัดลมระบายอากาศ

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบระดับความเร็วลมในการระบายอากาศที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในบ้านแถว สามารถแบ่งความเร็วลมได้เป็น 2 ระดับคือ ความเร็วลม 0.6 m/s และ 2.4 m/s ซึ่งได้มาจากค่าเฉลี่ยของความเร็วลมที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานคร และความเร็วลมตามมาตราโบฟอร์ด ได้บอกไว้ว่าความเร็วลม 0.6 m/s จะทำให้ควันจะเฉไป แต่ศรลมไม่แสดงให้เห็นเด่นชัด และความเร็วลม 2.4 m/s ลมปะทะหน้า ใบไม้ถูกพัดกราว ศรลมหันไปทางทิศลมของใบไม้ ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนด้วย

4.3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (opus 200)
2. เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น ที่ใช้ติดตั้งกับเครื่องบันทึก (universal use)
3. เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น ใช้ในการวัดตามจุดต่างๆ (humidity meter)
4. เครื่องวัดความเร็วลม (anemometer)
5. พัดลมดูดอากาศ (carlray exhaust fan) ดูรายละเอียดในภาคผนวก

วิธีดำเนินการทดสอบ

1. ทำการตรวจวัดขนาดของบ้านแถวเพื่อให้ทราบถึงขนาดและปริมาตรของห้องต่างๆ ในส่วนที่จะทำการทดลองแล้วนำมาเขียนแบบเพื่อที่จะได้กำหนดตำแหน่งที่จะใช้ในการวัดและบันทึกผลการทดลอง

2. ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดอุณหภูมิ ความชื้น และวัดความเร็วลมภายใน ทั้ง 9 จุดที่กำหนดไว้

3.วัดอุณหภูมิและความชื้นก่อนทำการทดลองระบบอื่น โดยทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 1 ชั่งโมง โดยเริ่มการบันทึกตั้งแต่เวลา 0.00 – 23.00 น. ทั้งภายนอกและภายในทั้ง 9 จุดที่กำหนดไว้

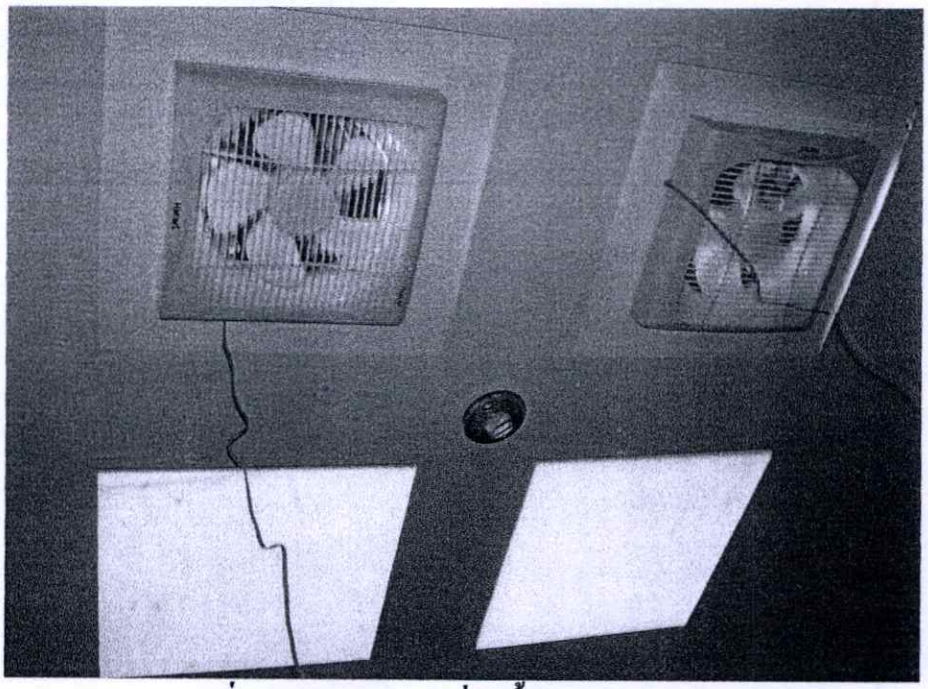
ของบ้านแถวเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพการลดความชื้นที่สภาวะปกติว่ามีความชื้นเพิ่มหรือลดอย่างไร

4. ทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่ฝ้าเพดานบริเวณโถงชั้นที่ 3 เพื่อเป็นการดูดเอาอากาศลอยตัวขึ้นไปบนหลังคาและระบายออกที่บริเวณชายคา แล้วทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นทั้งภายนอกและภายในทั้ง 9 จุดที่กำหนดไว้ของบ้านแถว แล้วทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยเริ่มการบันทึกตั้งแต่เวลา 0.00 – 23.00 น.เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์พฤติกรรมการส่งผ่านความชื้น ประสิทธิภาพในการลดความชื้นของในแต่ละความเร็วลม และในแต่ละช่วงเวลา

5. ในการทดลองระบบระบายอากาศจะเริ่มที่การทดลองที่ความเร็วลม 0.6 m/s แล้วทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 1 ชั่งโมงจนครบ 24 ชั่วโมงแล้วจึงเพิ่มความเร็วลมเป็น 2.4 m/s จึงทำการบันทึกผลเหมือนการทดลองที่ความเร็วลม 0.6 m/s

6. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ของแต่ละความเร็วในการระบายอากาศมาพิจารณาและเปรียบเทียบค่าความชื้น และผลต่างของการลดความชื้นในแต่ละการทดลอง

7. สรุปประสิทธิภาพที่ดีที่สุด



ภาพที่ 4.4 แสดงตำแหน่งที่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

4.4 การทดลองเพื่อหาคุณสมบัติของการลดความชื้นด้วยสารลดความชื้น

4.4.1 การทดลองเพื่อเลือกขนาดของสารลดความชื้น

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบสารลดความชื้นที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในบ้านแถว ซึ่งปริมาณของสารลดความชื้นสามารถหาได้จากสูตร

$$\frac{W = R \times A \times M}{16}$$

W = น้ำหนักสารดูดความชื้นที่ต้องใช้

R = ความชื้นในอากาศ ณ ตำแหน่งที่วางสารดูดความชื้น > 80% Rh ต้องคูณ 2

ความชื้นในอากาศ ณ ตำแหน่งที่วางสารดูดความชื้น < 80% Rh ต้องคูณ 1

A = พื้นผิวภายในรวมของห้อง

M = ระยะเวลาที่ต้องควบคุมความชื้น

อ้างอิงจากเว็บไซด์ http://www.powerdry.co.th

จากสูตรข้างต้นได้นำผลจากการวัดความชื้นภายในห้องของช่วงเวลาทดลองมาแทนค่าและได้ข้อสรุปคือ ควรใช้สารดูดความชื้นในปริมาณ 1 kg. และเพื่อหาค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารลดความชื้นจึงเพิ่มปริมาณสารลดความชื้นเป็น 2 kg. และจากการเลือกสารลดความชื้นที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม จึงได้สารลดความชื้นชนิด ECO BEAD ชนิดเม็ด ที่ผลิตจากดิน แอปต้าพูไดท์ สามารถดูดความชื้นได้มากกว่าดินทุกชนิด และซิลิก้าเจล อีโค่ดรายเม็ดเป็นสาร ที่ผลิตจากธรรมชาติ 100% ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

4.4.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (opus 200)
2. เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น ที่ใช้ติดตั้งกับเครื่องบันทึก (universal use)
3. เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น ใช้ในการวัดตามจุดต่างๆ (humidity meter)
4. สารดูดความชื้น eco dry (eco dry desiccant)

วิธีดำเนินการทดสอบ

1. ทำการตรวจวัดขนาดของบ้านแถวเพื่อให้ทราบถึงขนาดและปริมาตรของห้องต่างๆ ในส่วนที่จะทำการทดลองแล้วนำมาเขียนแบบเพื่อที่จะได้กำหนดตำแหน่งที่จะใช้ในการวัดและบันทึกผลการทดลอง

2. ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดอุณหภูมิ ความชื้น และวัดความเร็วลมภายใน ทั้ง 9 จุดที่กำหนดไว้

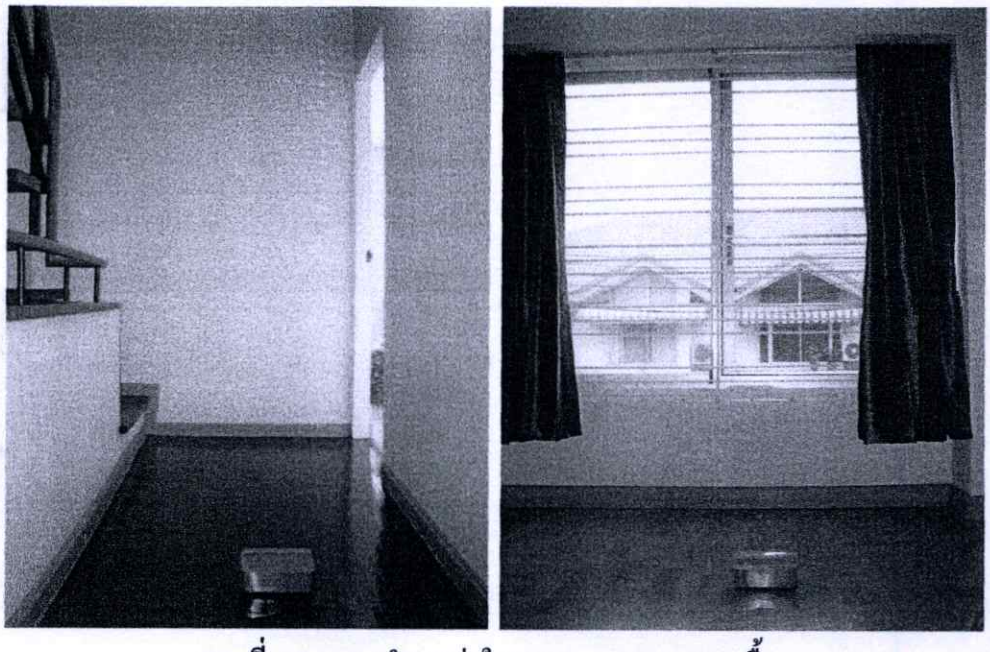
3.วัดอุณหภูมิและความชื้นก่อนทำการทดลองระบบอื่น โดยทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 1 ชั่งโมง โดยเริ่มการบันทึกตั้งแต่เวลา 0.00 – 23.00 น. ทั้งภายนอกและภายในทั้ง 9 จุดที่กำหนดไว้ของบ้านแถวเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพการลดความชื้นที่สภาวะปกติว่ามีความชื้นเพิ่มหรือลดอย่างไร

4. ทำการติดตั้งสารดูดความชื้น ECO BEAD ไว้ยังตำแหน่งที่ได้มีการกำหนดไว้ตามแบบ เพื่อเป็นการให้สารได้ทำการดูดความชื้นจากภายในห้อง แล้วทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นทั้งภายนอกและภายในทั้ง 9 จุดที่กำหนดไว้ของบ้านแถว แล้วทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยเริ่มการบันทึกตั้งแต่เวลา 0.00 – 23.00 น.เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์พฤติกรรมการส่งผ่านความชื้น ประสิทธิภาพในการลดความชื้นของในแต่ละความเร็วลม และในแต่ละช่วงเวลา

5. ในการทดลองสารดูดความชื้นจะเริ่มทำการทดลองที่ 1 kg. แล้วทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 1 ชั่งโมงจนครบ 24 ชั่วโมงแล้วจึงเพิ่มเป็น 2 kg. จึงทำการบันทึกผลเหมือนการทดลองที่สารดูดความชื้น 1 kg.

6. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ของแต่การทดลองมาพิจารณาและเปรียบเทียบค่าความชื้น และผลต่างของการลดความชื้นในแต่ละการทดลอง

7. สรุปประสิทธิภาพที่ดีที่สุด



ภาพที่ 4.5 แสดงตำแหน่งในการวางสารดูดความชื้น

บทที่ 5

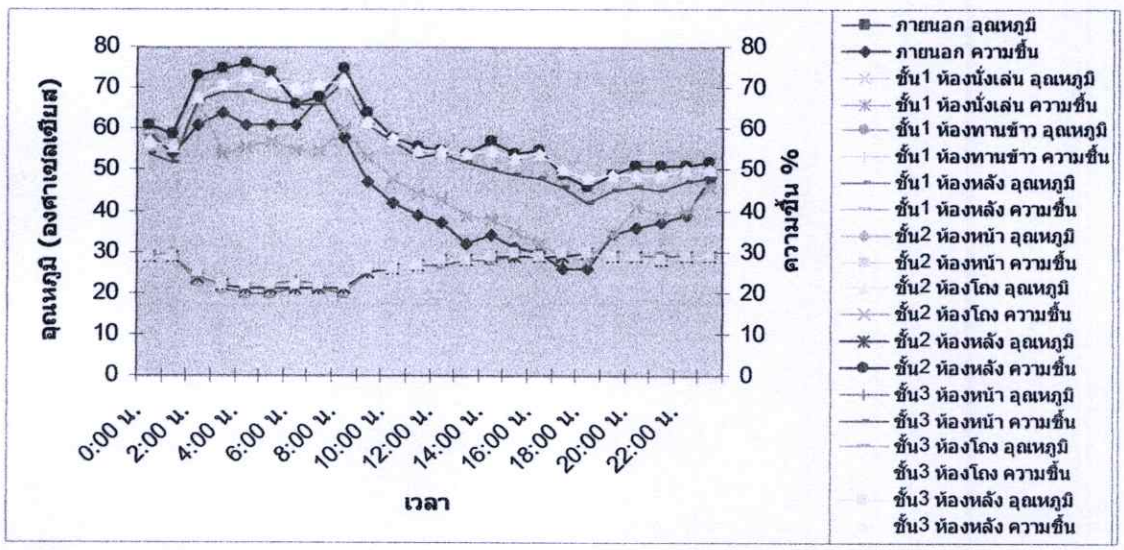
ผลการทดลอง

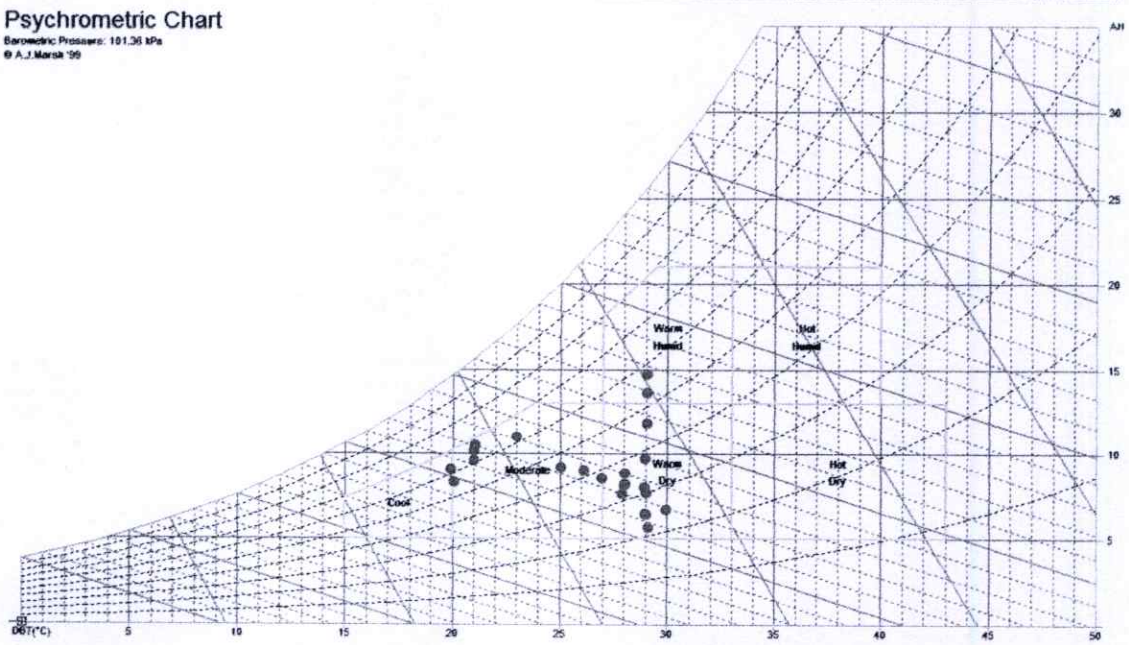
5.1 ผลการทดลองชุดที่ 1 การลดความชื้นที่สภาวะปกติ

วัตถุประสงค์ เพื่อหาประสิทธิภาพด้วยวิธีทางธรรมชาติในการลดความชื้นภายในบ้านแถว และยังใช้ข้อมูลที่ได้มาเป็นตัวเปรียบเทียบกับการทดลองอื่น เพื่อหาการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

วันที่ทำการทดสอบ วันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 ในช่วงเวลา 24.00 – 23.00 น.

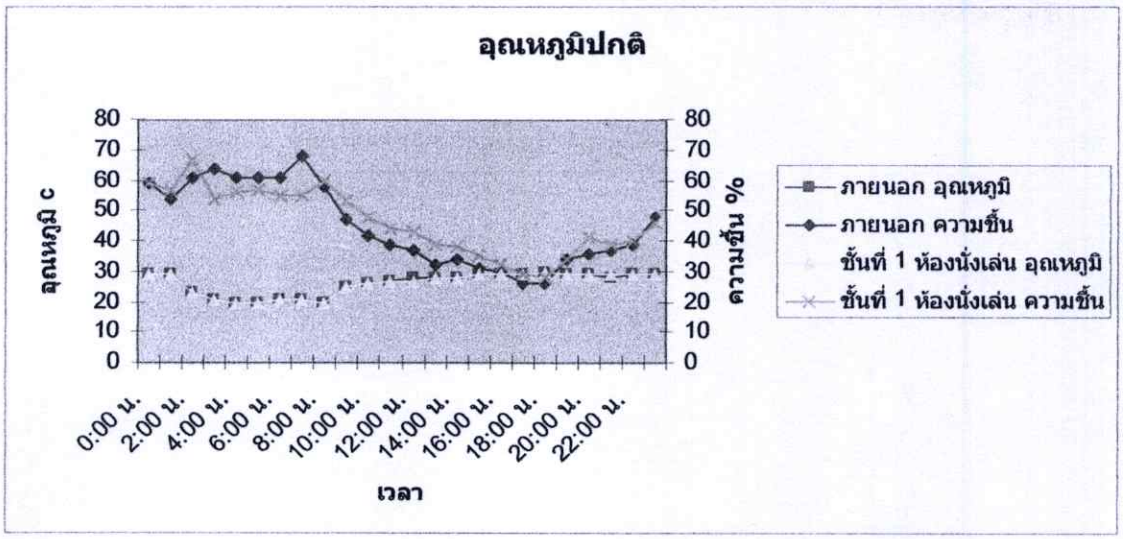
กราฟแสดงค่า Db, Rh ภายนอกและภายในชุดทดลองที่ 1 สภาวะปกติ

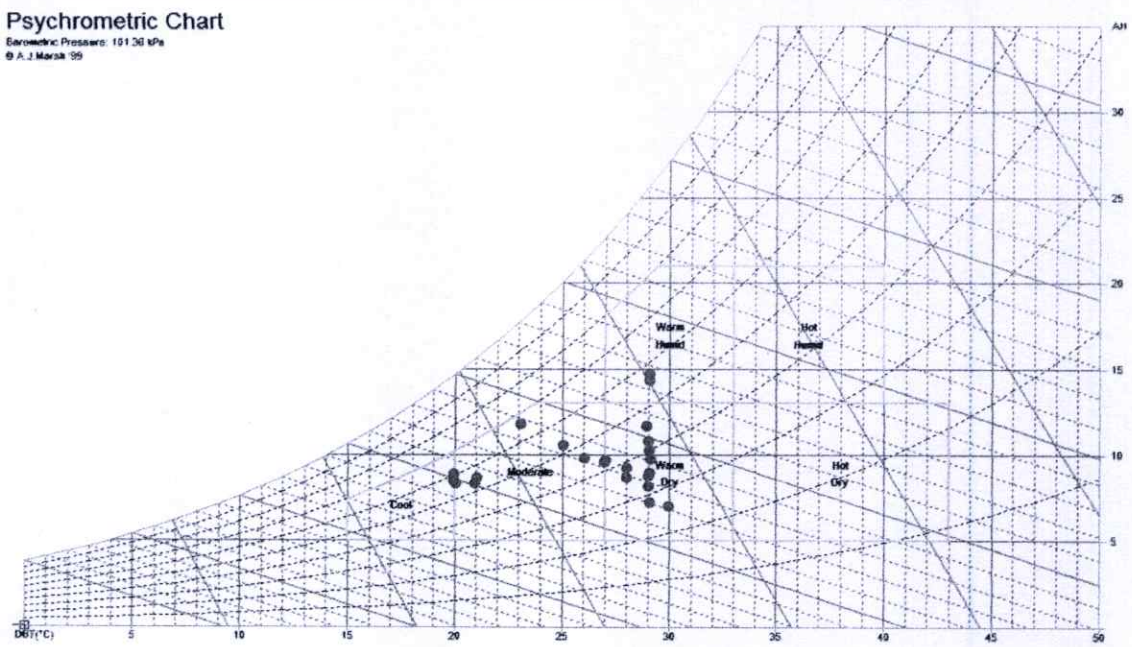


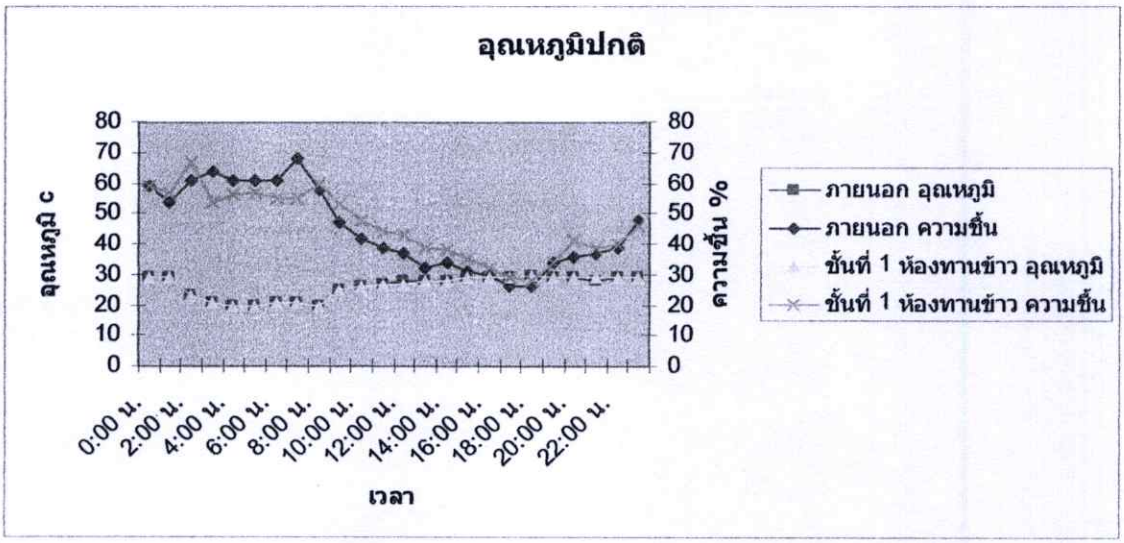


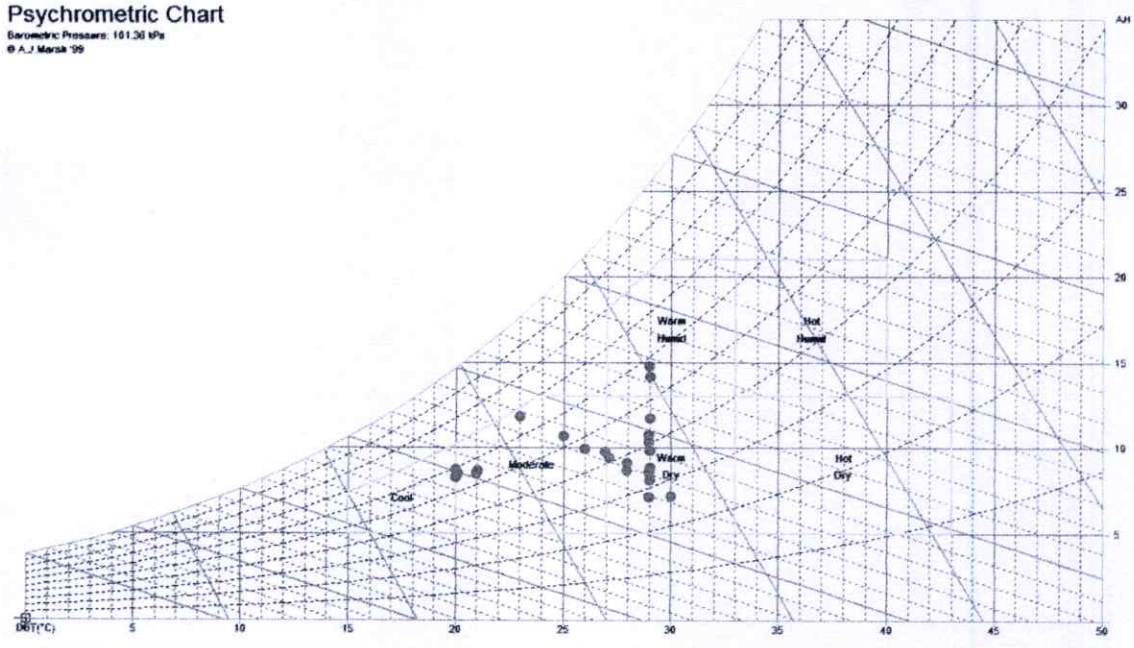
กราฟผลการทดลองชุดที่ 1 สภาวะปกติ บริเวณชั้นที่ 1

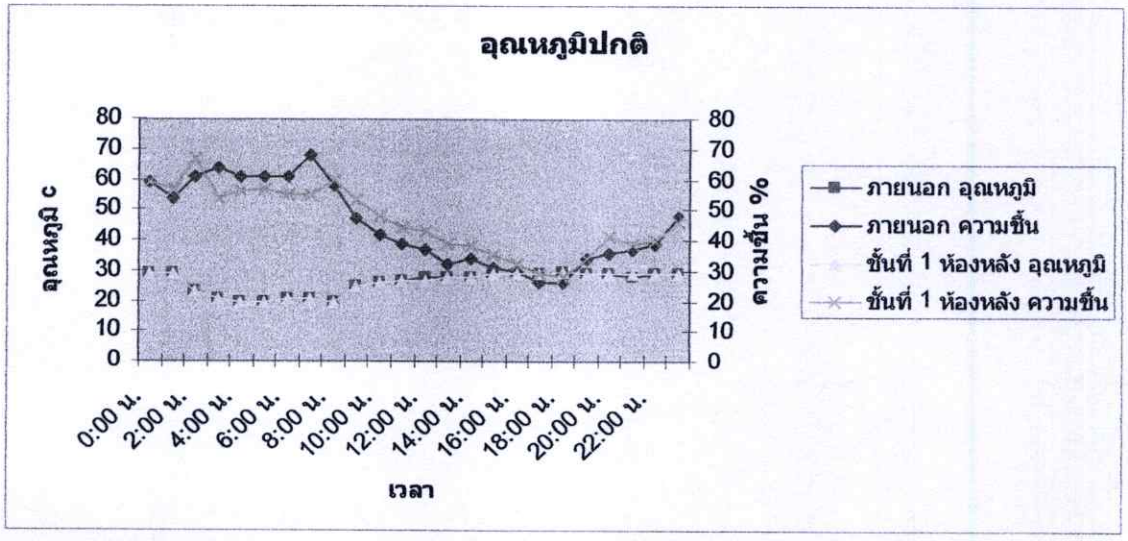
ลักษณะกราฟของการทดลองชุดที่ 1 สภาวะปกติบริเวณชั้นที่1 พบว่ากราฟมีความชันน้อย มีการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในอากาศไม่มากนักในช่วงเวลา 02.00 – 07.00 น. มักพบว่าหลักจาก 2 ชั่วโมงถัดไปความชื้นจะเริ่มลดลงเรื่อยๆจนถึงเวลา 20.00 น. ความชื้นก็จะค่อยๆเพิ่มขึ้นอีกครั้ง

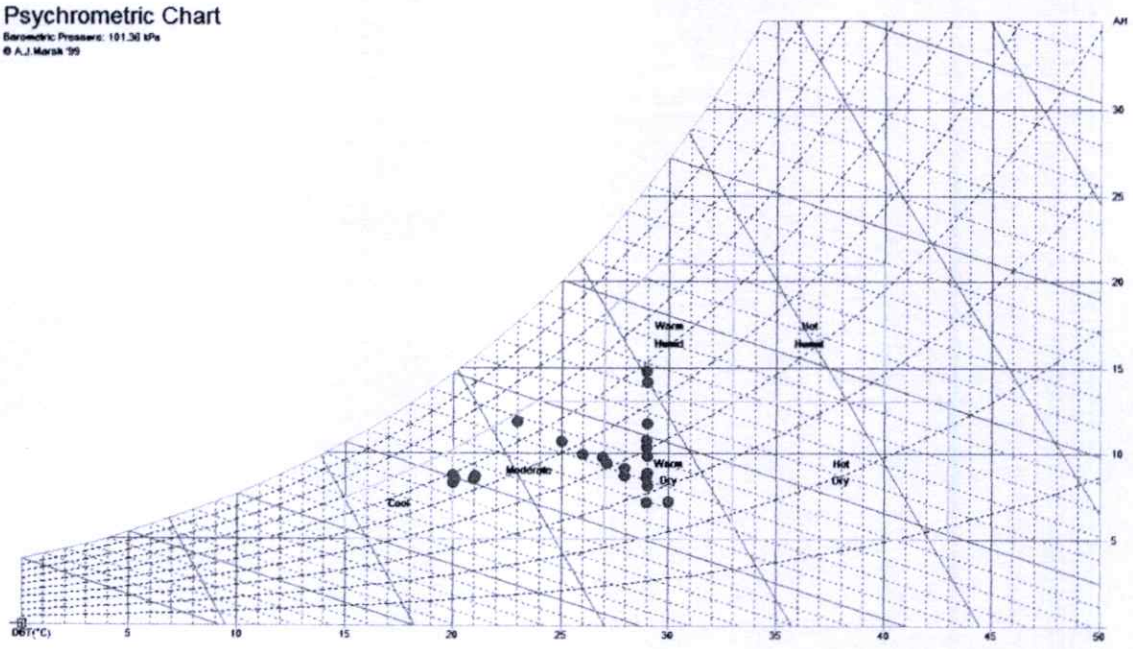





อุณหภูมิปกติ
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 1 ห้องทานข้าว อุณหภูมิ
ชั้นที่ 1 ห้องทานข้าว ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J. Marsh '99
Warm Humid
Hot Humid
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Cool


อุณหภูมิปกติ
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 1 ห้องหลัง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 1 ห้องหลัง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J. Marsh '99
Warm
Humid
Hot
Humid
Moderate
Warm
Dry
Hot
Dry
Cool
AH
30
25
20
15
10
5
DBT(°C)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

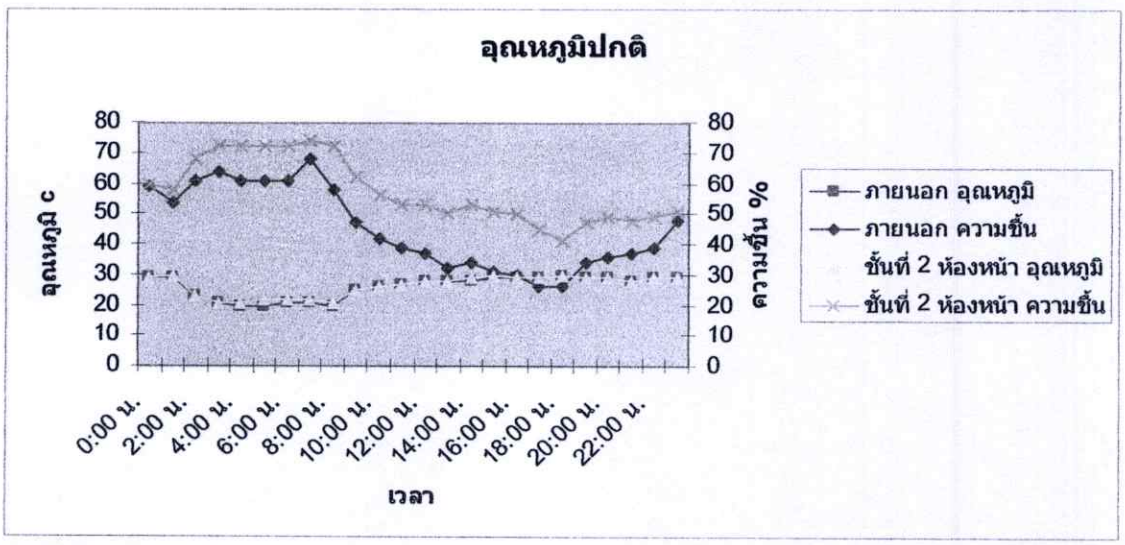
ตารางที่ 5.1 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 1 สภาวะปกติ บริเวณชั้นที่ 1

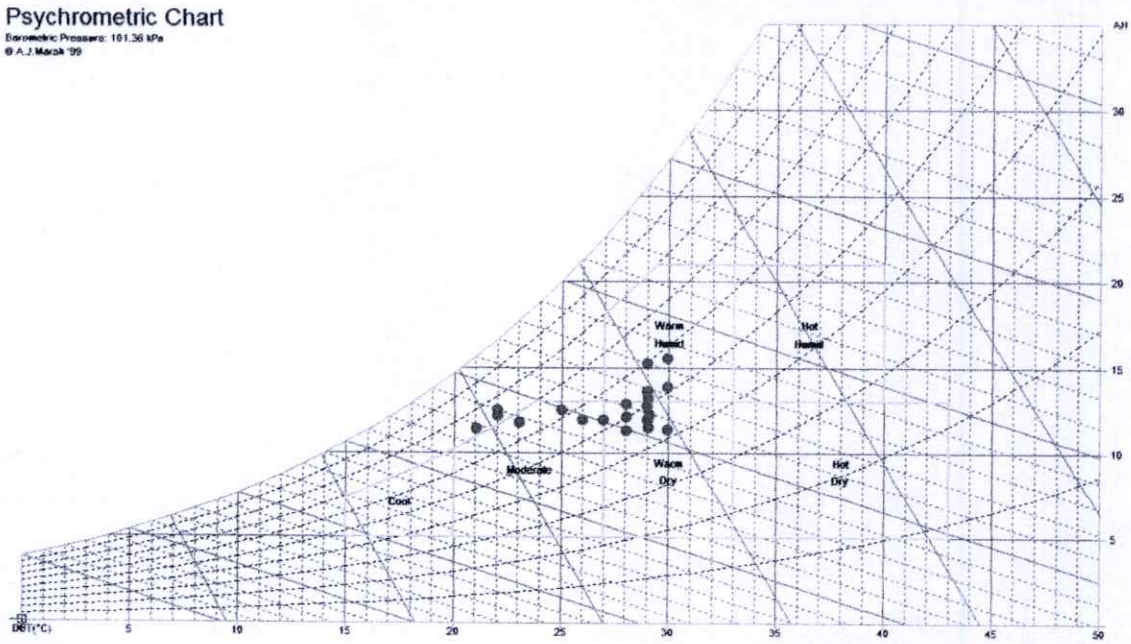
เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 1					
		ห้องนั่งเล่น		ห้องทานข้าว		ห้องครัว	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	59	59	0.00	59	0.00	59	0.00
1:00 น.	54	57	-3.00	57	-3.00	57	-3.00
2:00 น.	61	67	-6.00	67	-6.00	67	-6.00
3:00 น.	64	54	10.00	54	10.00	54	10.00
4:00 น.	61	56	5.00	56	5.00	56	5.00
5:00 น.	61	57	4.00	57	4.00	57	4.00
6:00 น.	61	55	6.00	55	6.00	55	6.00
7:00 น.	68	55	13.00	55	13.00	55	13.00
8:00 น.	58	60	-2.00	60	-2.00	60	-2.00
9:00 น.	47	53	-6.00	53	-6.00	53	-6.00
10:00 น.	42	48	-6.00	48	-6.00	48	-6.00
11:00 น.	39	44	-5.00	44	-5.00	44	-5.00
12:00 น.	37	43	-6.00	43	-6.00	43	-6.00
13:00 น.	32	39	-7.00	39	-7.00	39	-7.00
14:00 น.	34	38	-4.00	38	-4.00	38	-4.00
15:00 น.	31	35	-4.00	35	-4.00	35	-4.00
16:00 น.	30	32	-2.00	32	-2.00	32	-2.00
17:00 น.	26	29	-3.00	29	-3.00	29	-3.00
18:00 น.	26	28	-2.00	28	-2.00	28	-2.00
19:00 น.	34	34	0.00	34	0.00	34	0.00
20:00 น.	36	41	-5.00	41	-5.00	41	-5.00
21:00 น.	37	39	-2.00	39	-2.00	39	-2.00
22:00 น.	39	40	-1.00	40	-1.00	40	-1.00
23:00 น.	48	46	2.00	46	2.00	46	2.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			-1.00		-1.00		-1.00

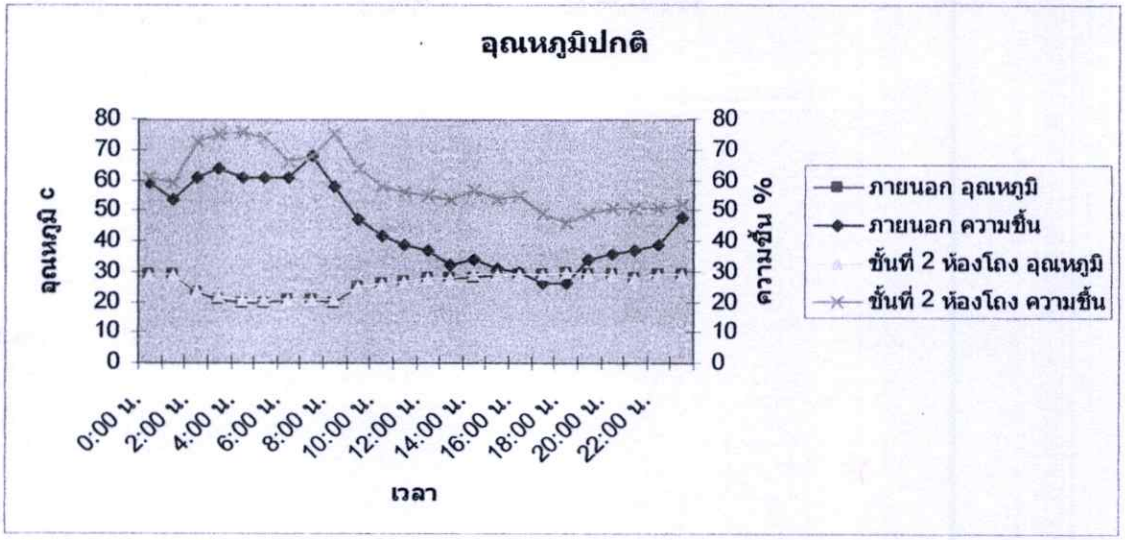
จากตารางที่ 5.1 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 1 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้น โดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองที่สภาวะปกตินั้น ความชื้นภายในเพิ่มขึ้นจากความชื้นภายนอก 1%

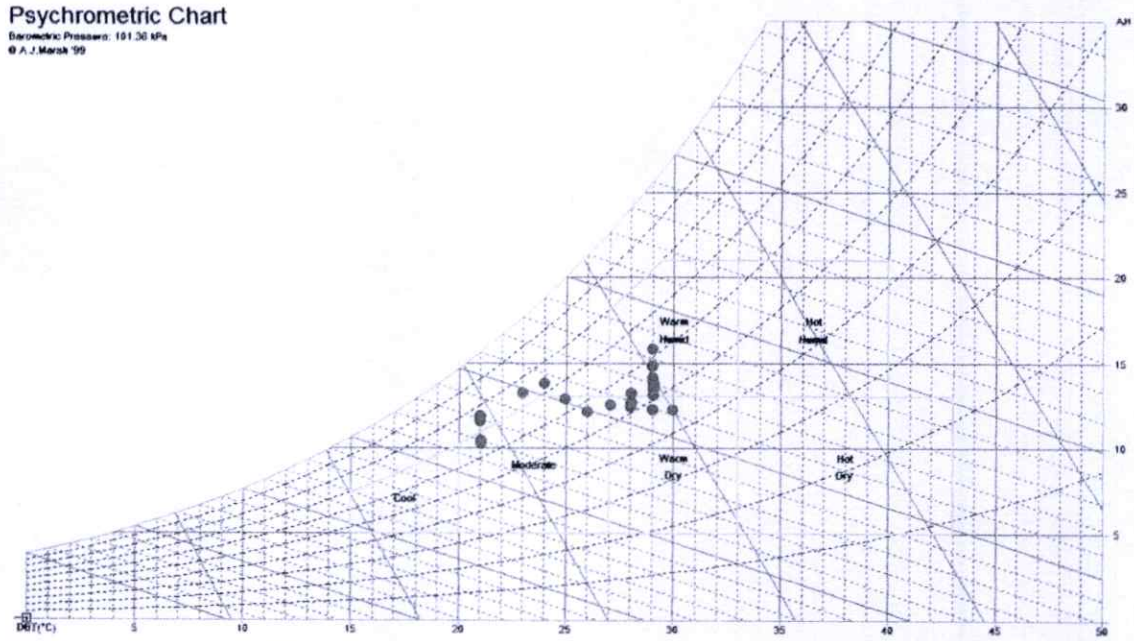
กราฟผลการทดลองชุดที่ 1 สภาวะปกติ บริเวณชั้นที่ 2

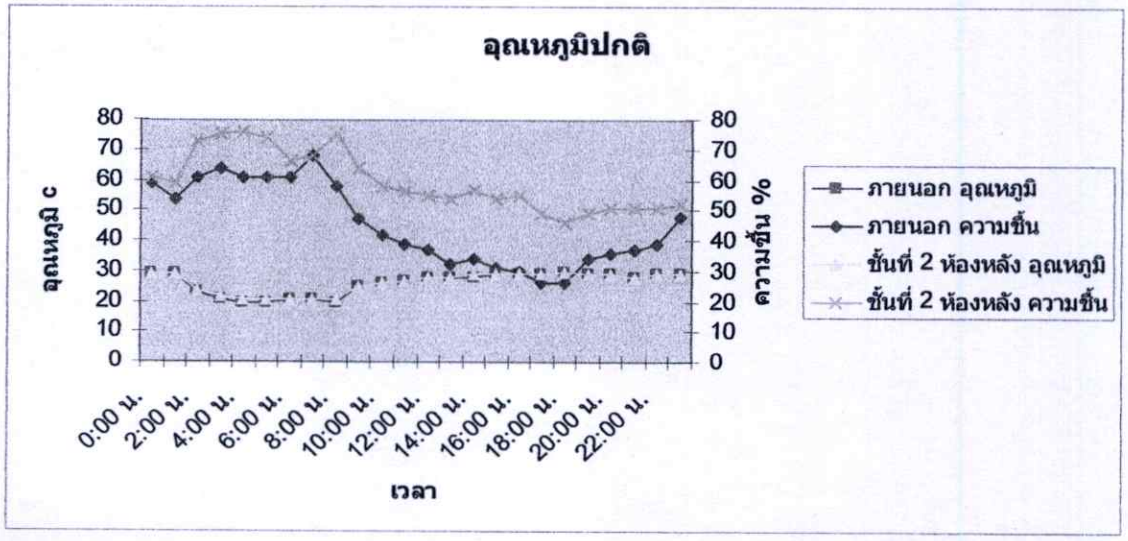
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 1 บริเวณชั้นที่ 2 พบว่าส่วนใหญ่กราฟมีความชันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อย่างช้าๆ (เนื่องจากอุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น อากาศสามารถรับความชื้นได้มากขึ้น) จนถึงเวลา 09:00 – 17:00 น. ความชื้นในอากาศจะค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่อง

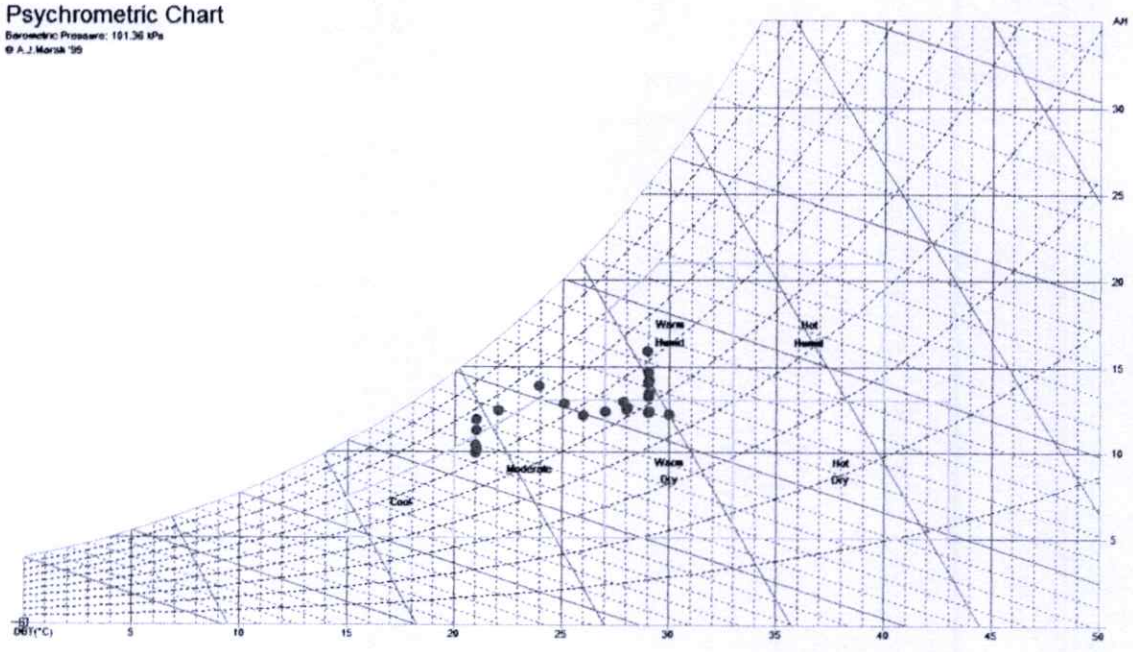





อุณหภูมิปกติ
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 2 ห้องโถง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 2 ห้องโถง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.30 kPa
© A.J.Marsh '99
Warm Humid
Hot Humid
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Cool
DBT(°C)


อุณหภูมิปกติ
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 2 ห้องหลัง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 2 ห้องหลัง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Warm
Humid
Hot
Humid
Moderate
Warm
Dry
Hot
Dry
Cool
DBT(°C)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

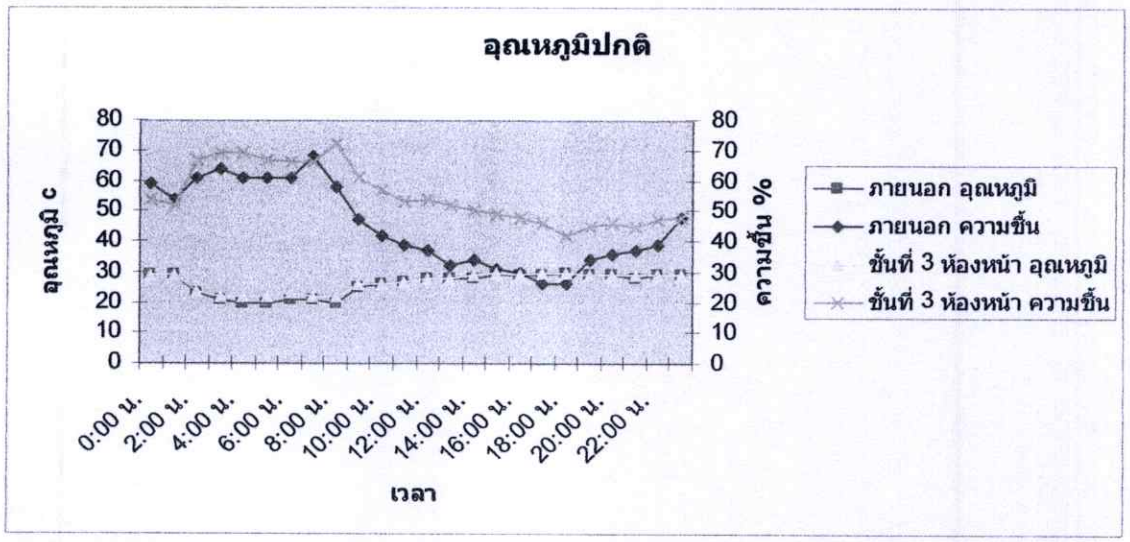
ตารางที่ 5.2 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 1 สภาวะปกติ บริเวณชั้นที่ 2

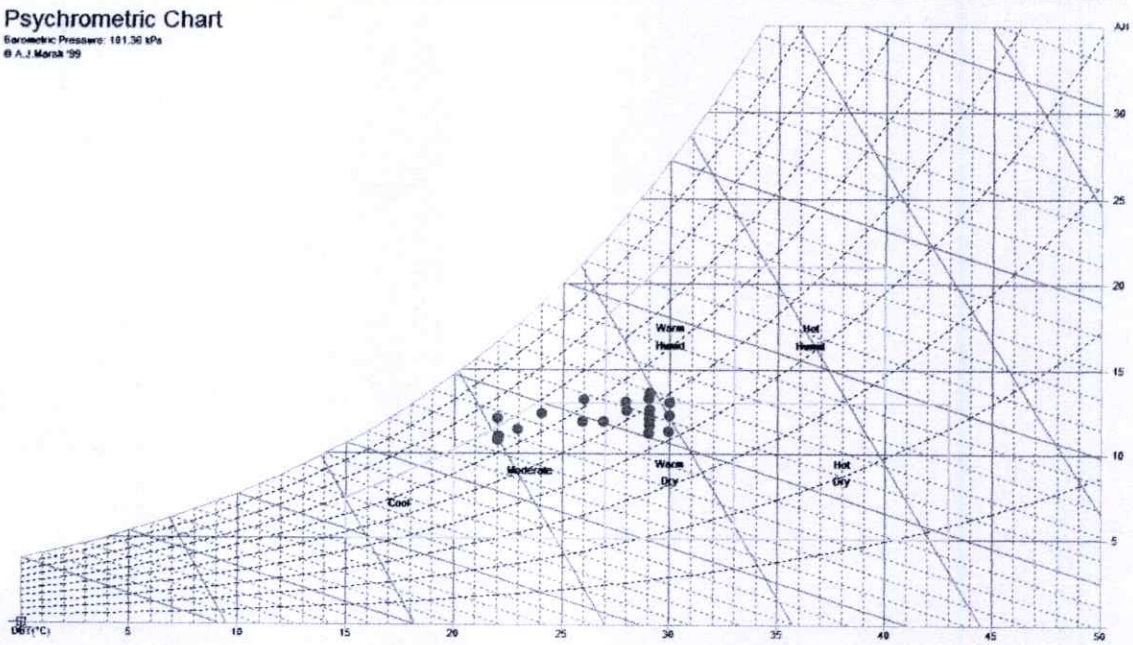
เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 2					
		ห้องพระ		โถงชั้นที่ 2		ห้องเก็บของ	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	59	60	-1.00	61	-2.00	61	-2.00
1:00 น.	54	58	-4.00	59	-5.00	59	-5.00
2:00 น.	61	68	-7.00	73	-12.00	73	-12.00
3:00 น.	64	72	-8.00	75	-11.00	75	-11.00
4:00 น.	61	72	-11.00	76	-15.00	76	-15.00
5:00 น.	61	72	-11.00	74	-13.00	74	-13.00
6:00 น.	61	72	-11.00	66	-5.00	66	-5.00
7:00 น.	68	74	-6.00	68	0.00	68	0.00
8:00 น.	58	72	-14.00	75	-17.00	75	-17.00
9:00 น.	47	62	-15.00	64	-17.00	64	-17.00
10:00 น.	42	56	-14.00	58	-16.00	58	-16.00
11:00 น.	39	53	-14.00	56	-17.00	56	-17.00
12:00 น.	37	53	-16.00	55	-18.00	55	-18.00
13:00 น.	32	50	-18.00	54	-22.00	54	-22.00
14:00 น.	34	53	-19.00	57	-23.00	57	-23.00
15:00 น.	31	51	-20.00	54	-23.00	54	-23.00
16:00 น.	30	50	-20.00	55	-25.00	55	-25.00
17:00 น.	26	45	-19.00	49	-23.00	49	-23.00
18:00 น.	26	41	-15.00	46	-20.00	46	-20.00
19:00 น.	34	47	-13.00	49	-15.00	49	-15.00
20:00 น.	36	49	-13.00	51	-15.00	51	-15.00
21:00 น.	37	48	-11.00	51	-14.00	51	-14.00
22:00 น.	39	49	-10.00	51	-12.00	51	-12.00
23:00 น.	48	51	-3.00	52	-4.00	52	-4.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			-12.21		-14.33		-14.33

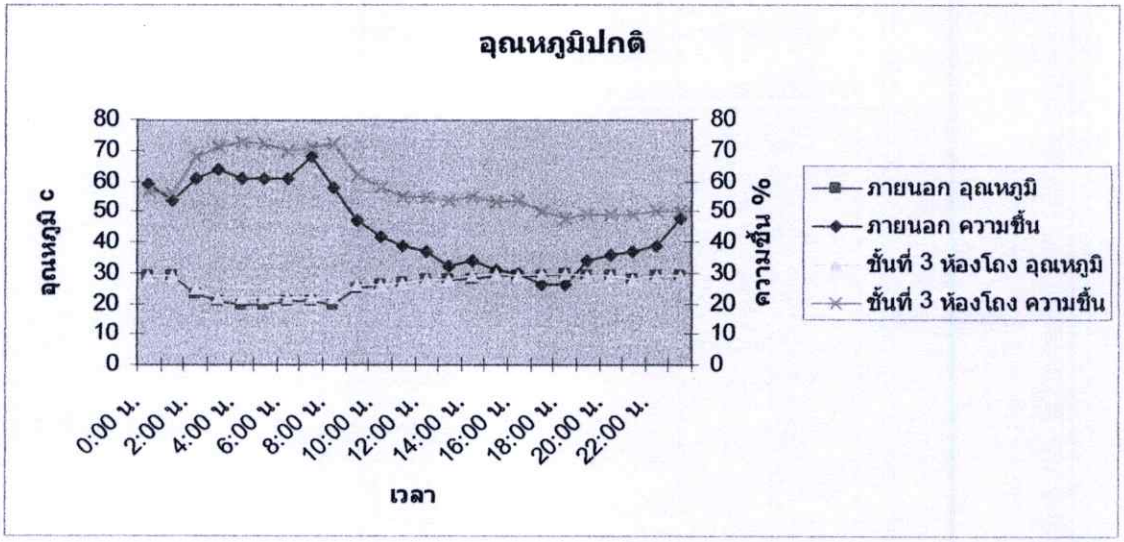
จากตารางที่ 5.2 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 2 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้นโดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองที่สภาวะปกตินั้น ความชื้นภายในเพิ่มขึ้นจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องพระเพิ่มขึ้น 12.21% โถงชั้นที่ 2 เพิ่มขึ้น 14.33% ห้องเก็บของเพิ่มขึ้น 14.33%

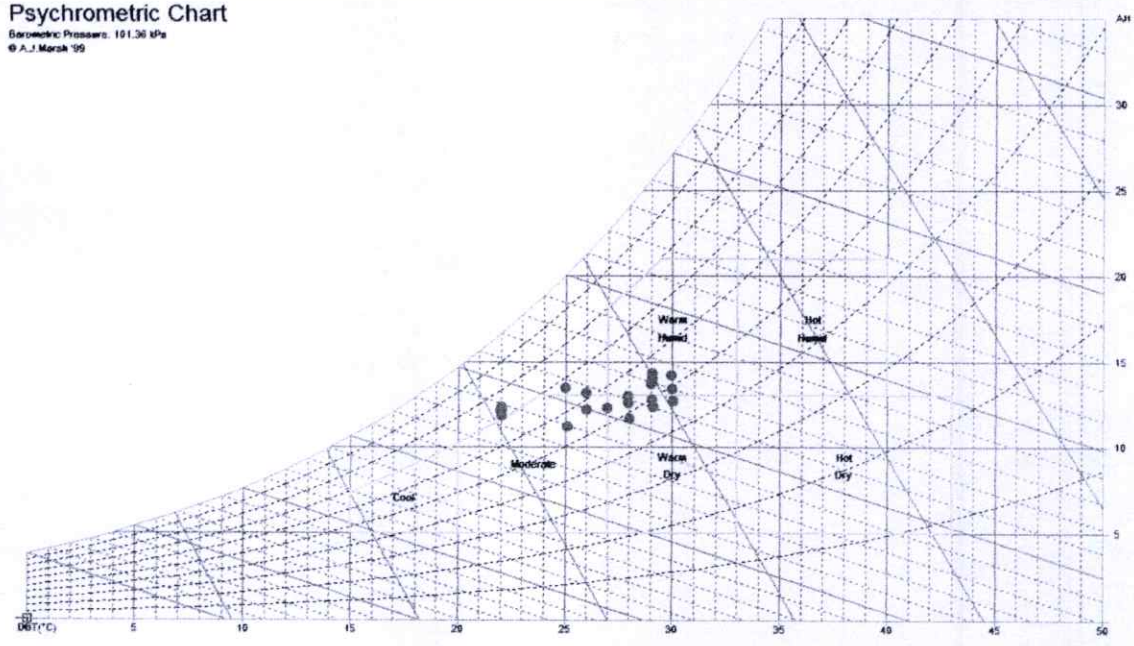
กราฟผลการทดลองชุดที่ 1 สภาวะปกติ บริเวณชั้นที่ 3

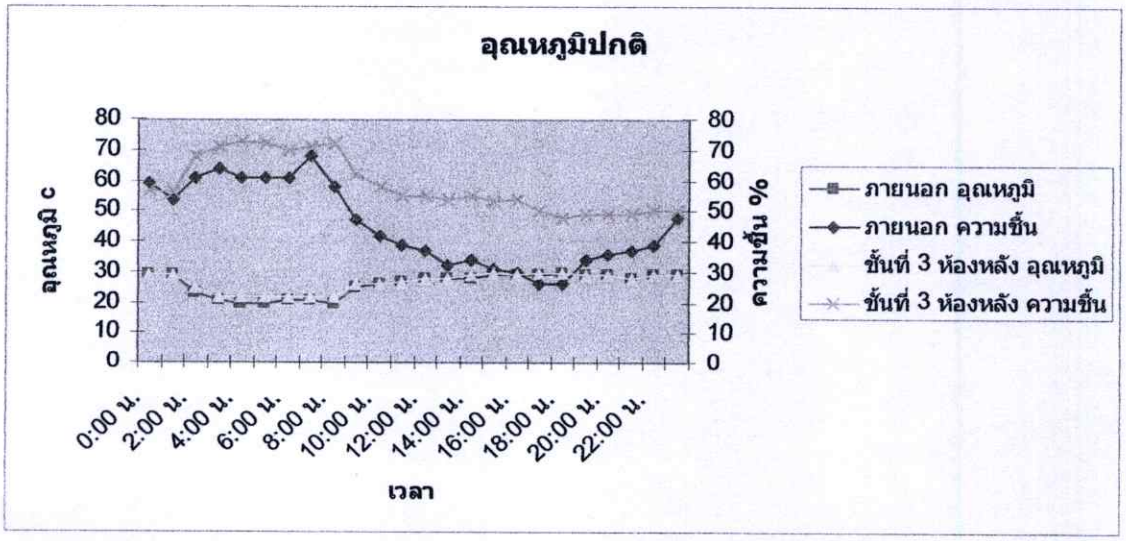
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 1 บริเวณชั้นที่ 3 พบว่ากราฟมีความชันมาก ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีอากาศร้อนที่สุดเพราะเป็นบริเวณที่อยู่ถัดมาจากหลังคา ทำให้อากาศภายในแห้งรวดเร็วอย่างต่อเนื่องแต่ก็ยังไม่ชันเท่ากับบริเวณชั้นที่ 1

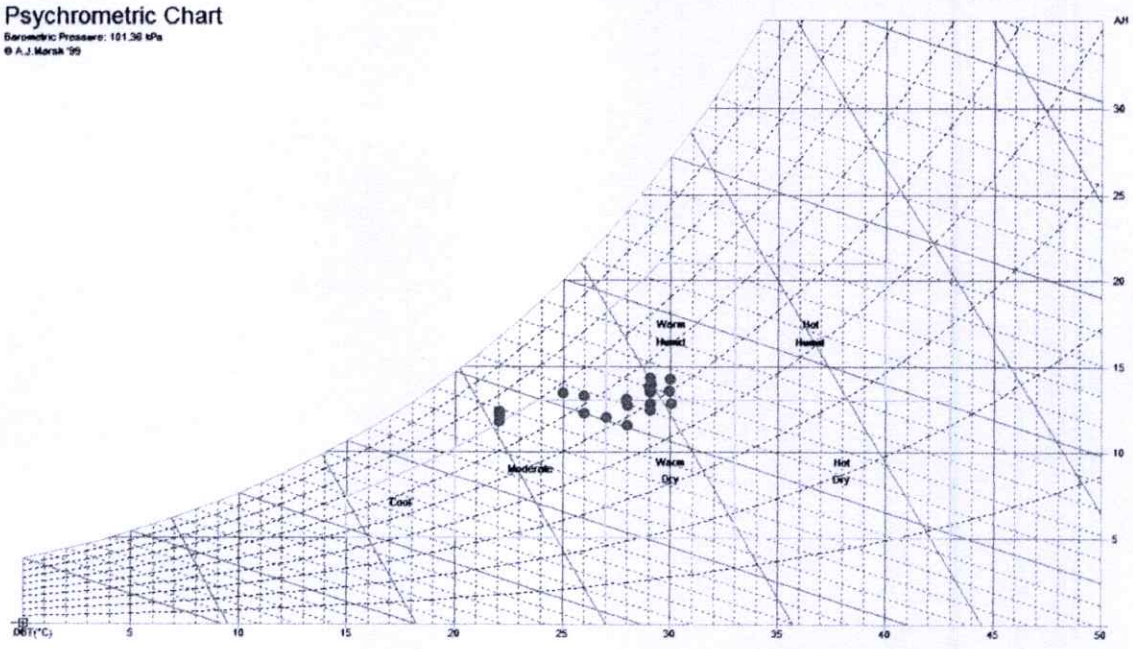





อุณหภูมิปกติ
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
0 10 20 30 40 50 60 70 80
0:00 น. 2:00 น. 4:00 น. 6:00 น. 8:00 น. 10:00 น. 12:00 น. 14:00 น. 16:00 น. 18:00 น. 20:00 น. 22:00 น.
เวลา
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 3 ห้องโถง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 3 ห้องโถง ความชื้น


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J. Marsh '99
Warm Humid
Hot Humid
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Cool
DBT(°C)


อุณหภูมิปกติ
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
0 10 20 30 40 50 60 70 80
0:00 น. 2:00 น. 4:00 น. 6:00 น. 8:00 น. 10:00 น. 12:00 น. 14:00 น. 16:00 น. 18:00 น. 20:00 น. 22:00 น.
เวลา
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 3 ห้องหลัง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 3 ห้องหลัง ความชื้น


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J. Marsh '99
AH
30
25
20
15
10
5
Warm
Humid
Hot
Humid
Moderate
Warm
Dry
Hot
Dry
Cool
DBT(°C)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 1 สภาวะปกติ บริเวณชั้นที่ 3

เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 3					
		ห้องนอน		โถงชั้นที่ 3		ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	59	54	5.00	57	2.00	57	2.00
1:00 น.	54	52	2.00	56	-2.00	56	-2.00
2:00 น.	61	67	-6.00	68	-7.00	68	-7.00
3:00 น.	64	69	-5.00	71	-7.00	71	-7.00
4:00 น.	61	69	-8.00	73	-12.00	73	-12.00
5:00 น.	61	67	-6.00	72	-11.00	72	-11.00
6:00 น.	61	66	-5.00	70	-9.00	70	-9.00
7:00 น.	68	66	2.00	71	-3.00	71	-3.00
8:00 น.	58	72	-14.00	72	-14.00	72	-14.00
9:00 น.	47	61	-14.00	62	-15.00	62	-15.00
10:00 น.	42	57	-15.00	58	-16.00	58	-16.00
11:00 น.	39	53	-14.00	55	-16.00	55	-16.00
12:00 น.	37	54	-17.00	55	-18.00	55	-18.00
13:00 น.	32	52	-20.00	54	-22.00	54	-22.00
14:00 น.	34	50	-16.00	55	-21.00	55	-21.00
15:00 น.	31	49	-18.00	53	-22.00	53	-22.00
16:00 น.	30	48	-18.00	54	-24.00	54	-24.00
17:00 น.	26	46	-20.00	50	-24.00	50	-24.00
18:00 น.	26	42	-16.00	48	-22.00	48	-22.00
19:00 น.	34	45	-11.00	49	-15.00	49	-15.00
20:00 น.	36	46	-10.00	49	-13.00	49	-13.00
21:00 น.	37	45	-8.00	49	-12.00	49	-12.00
22:00 น.	39	47	-8.00	50	-11.00	50	-11.00
23:00 น.	48	48	0.00	50	-2.00	50	-2.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			-10.00		-13.17		-13.17

จากตารางที่ 5.3 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 3 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้นโดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองที่สภาวะปกตินั้น ความชื้นภายในเพิ่มขึ้นจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องนอนเพิ่มขึ้น 10% โถงชั้นที่ 3 เพิ่มขึ้น 13.17% ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าเพิ่มขึ้น 13.17%

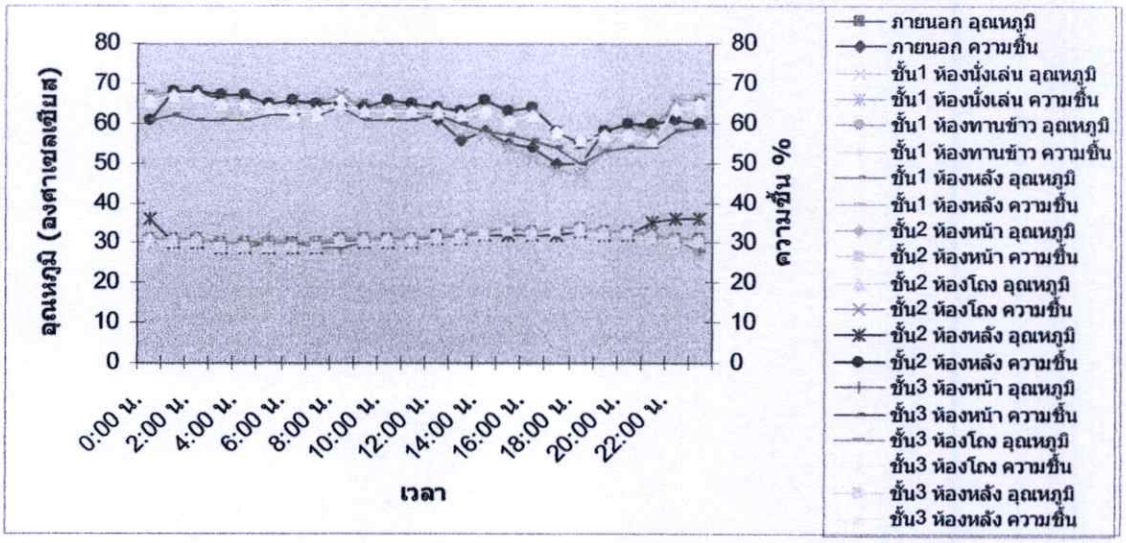
จากผลการวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิได้นำมากำหนดลงใน Psychometic Chart ดังแสดงในภาพทำให้ทราบว่ามีค่าอุณหภูมิอยู่ในขอบเขตสบายเล็กน้อยและนอกเขตสบายซึ่งมีจำนวนมากกว่าในเขตสบาย ดังนั้นการใช้วิธีการลดความชื้นก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้มีความสบายเพิ่มขึ้น

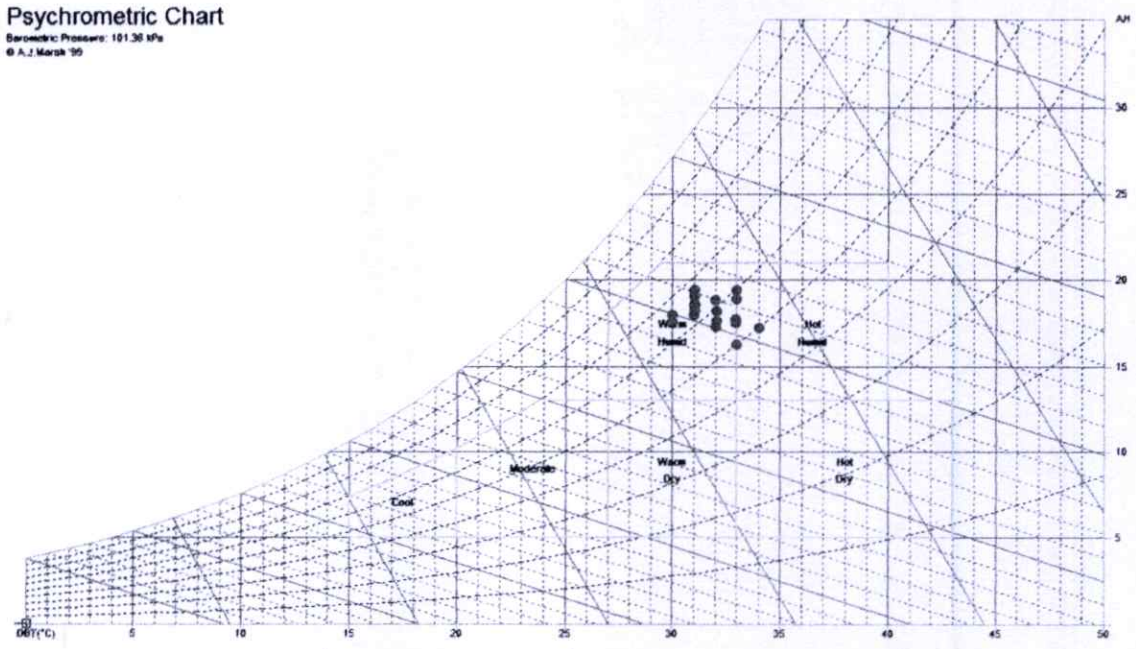
5.2 ผลการทดลองชุดที่ 2 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s

วัตถุประสงค์ เพื่อหาประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในบ้านแถว ด้วยการใช้พัดลมในการระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s และยังใช้ข้อมูลที่ได้มาเป็นตัวเปรียบเทียบกับการทดลองอื่นเพื่อหาการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

วันที่ทำการทดสอบ วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 ในช่วงเวลา 24.00 – 23.00 น.

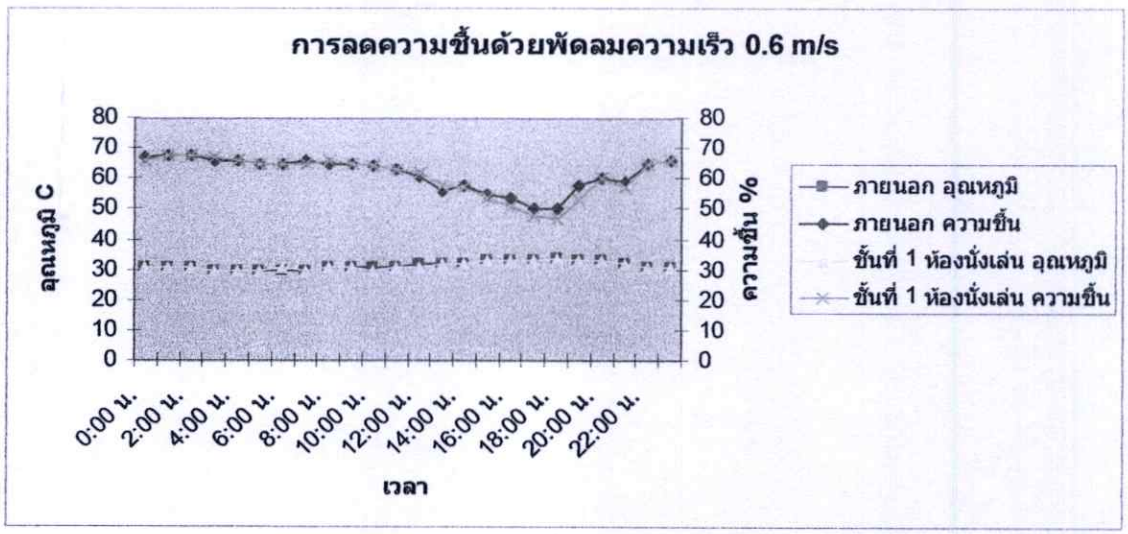
กราฟแสดงค่า Db, Rh ภายนอกและภายในชุดทดลองที่ 2 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s

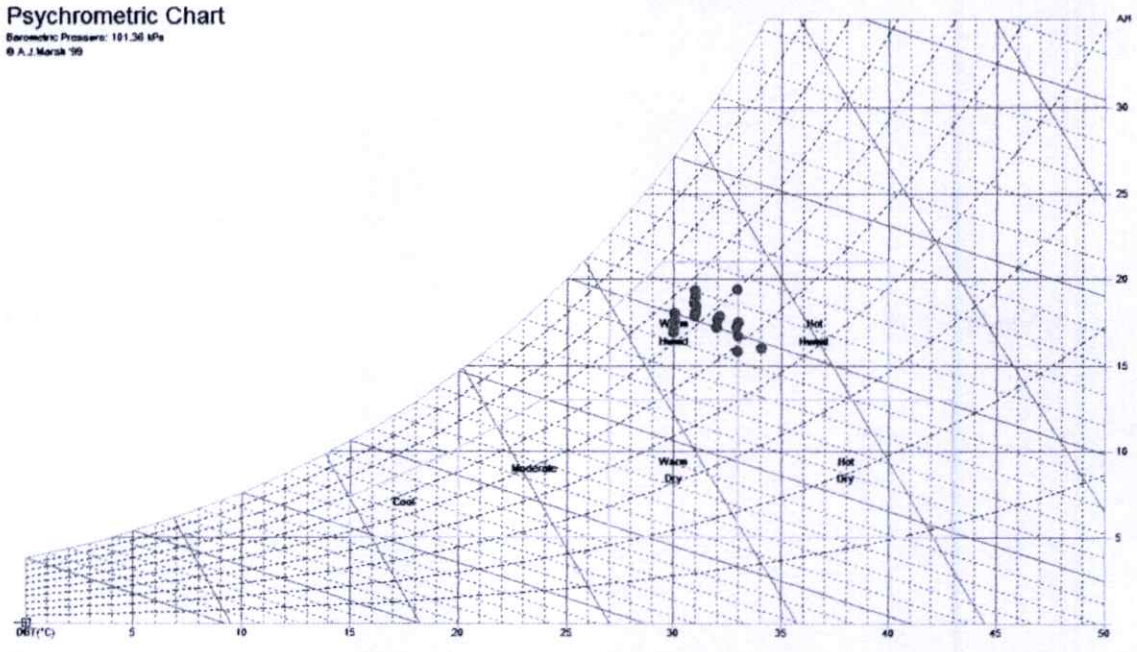


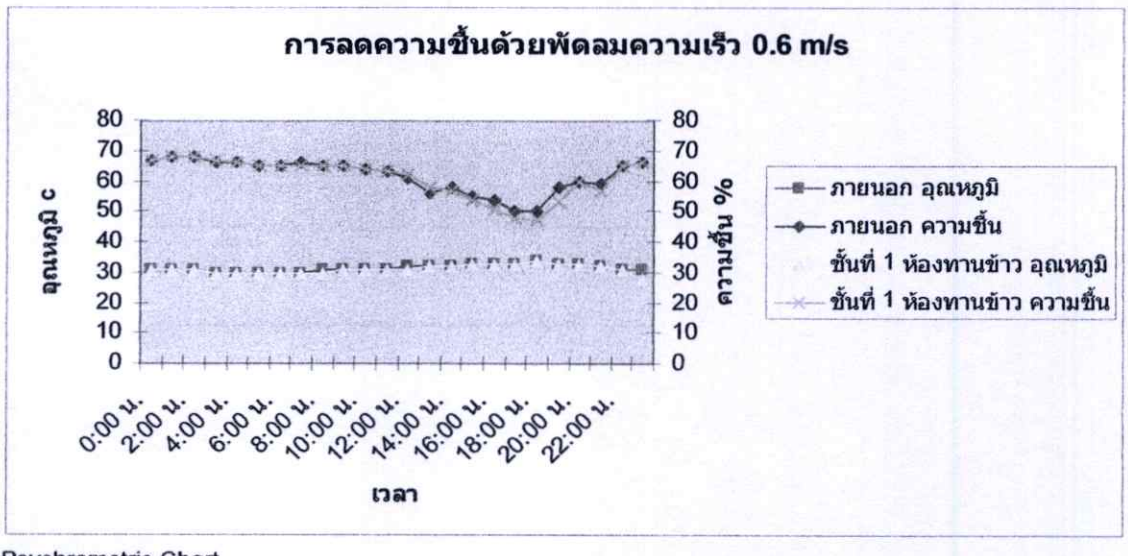


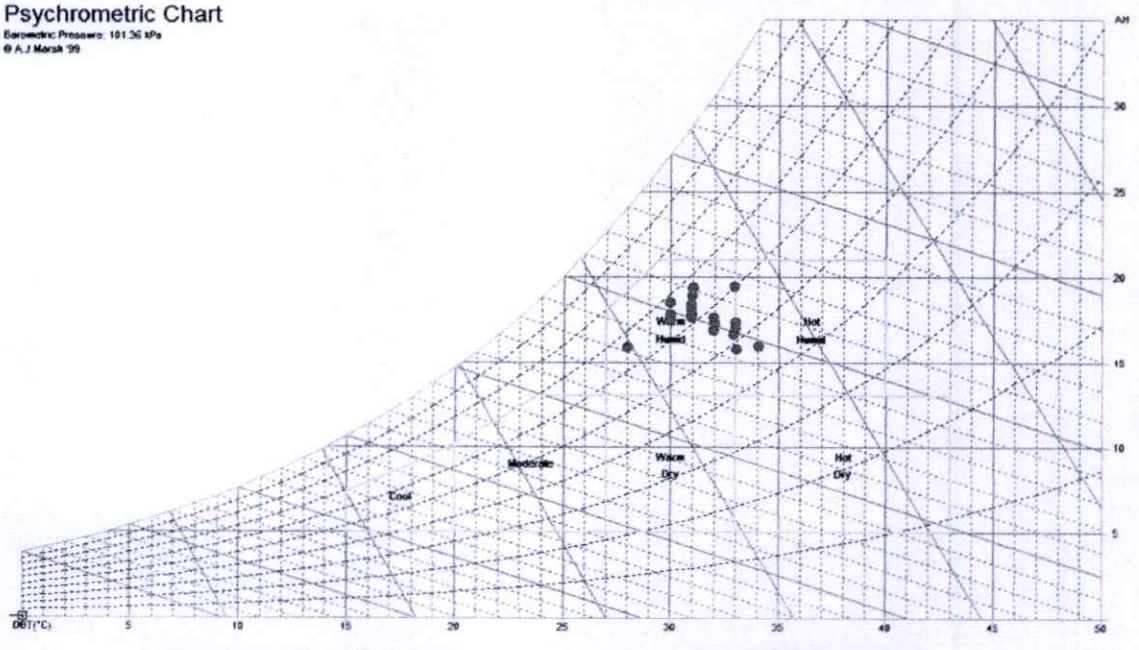
กราฟผลการทดลองชุดที่ 2 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s บริเวณชั้นที่ 1

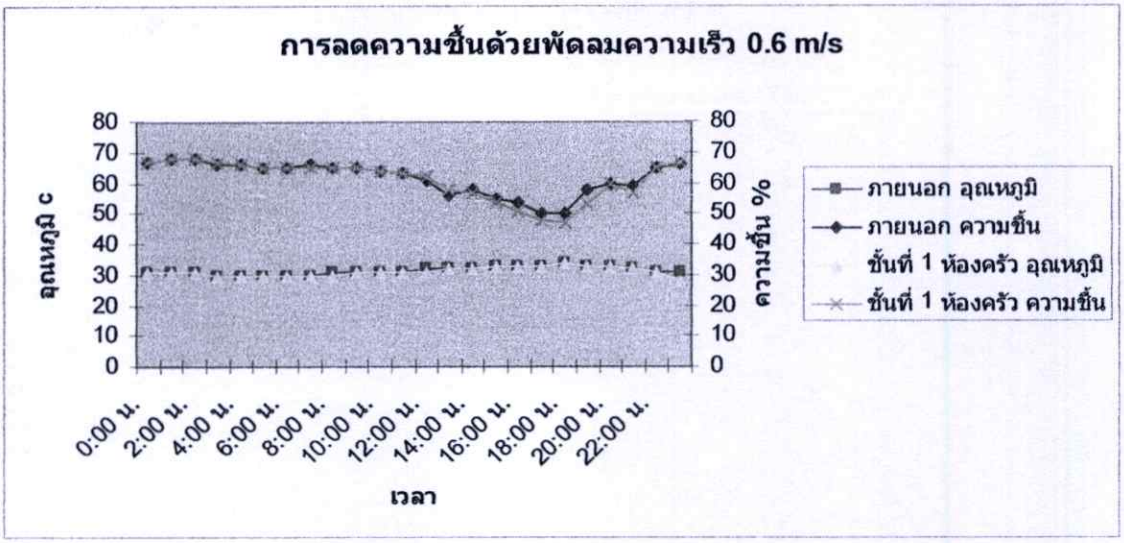
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 2 บริเวณชั้นที่ 1 พบว่ากราฟความชื้นและอุณหภูมิลดลงอย่างต่อเนื่อง ลักษณะของกราฟมีความใกล้เคียงกันไม่ค่อยเกิดความแตกต่างมากนักทั้งความชื้นภายในและภายนอก

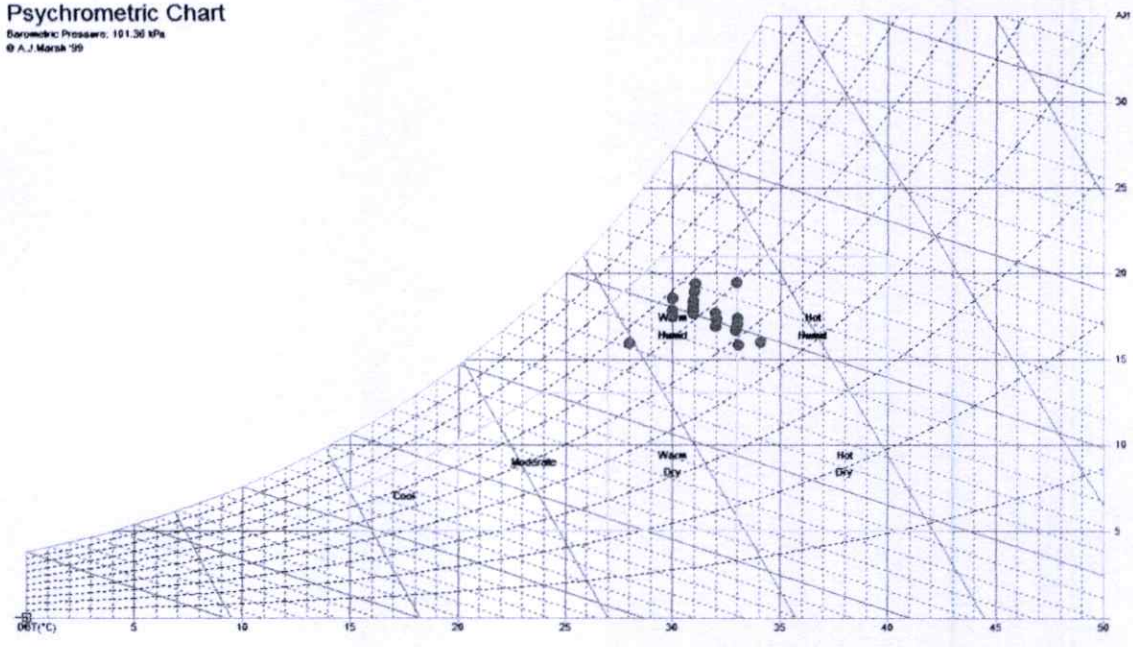



Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Cool
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Warm Humid
Hot Humid
DBT(°C)
AH


การลดความชื้นด้วยพัดลมความเร็ว 0.6 m/s
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 1 ห้องทานข้าว อุณหภูมิ
ชั้นที่ 1 ห้องทานข้าว ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Cool
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Warm Humid
Hot Humid
DBT(°C)
AH


การลดความชื้นด้วยพัดลมความเร็ว 0.6 m/s
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
0
10
20
30
40
50
60
70
80
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 1 ห้องครัว อุณหภูมิ
ชั้นที่ 1 ห้องครัว ความชื้น


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Warm Humid
Hot Humid
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Cool
DBT(°C)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

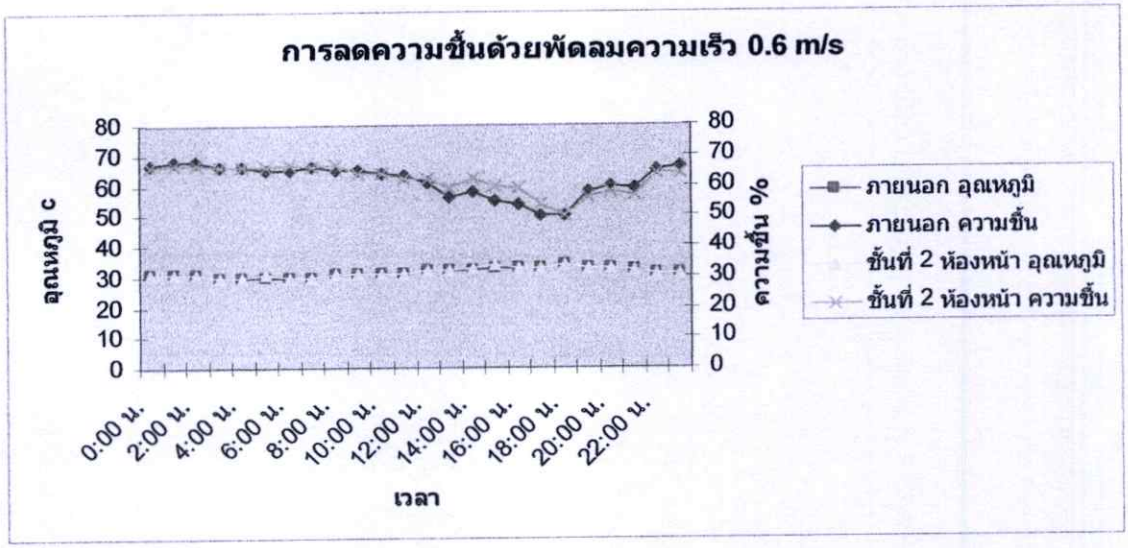
ตารางที่ 5.4 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 2 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s บริเวณชั้นที่ 1

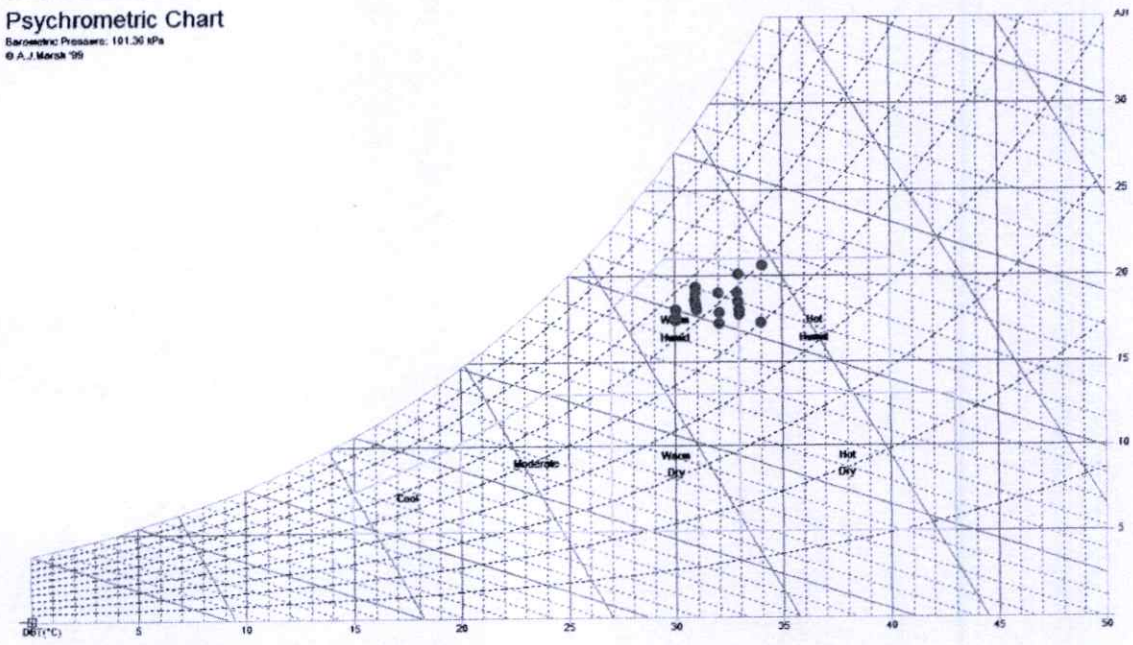
เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 1					
		ห้องนั่งเล่น		ห้องทานข้าว		ห้องครัว	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	67	66	1.00	67	0.00	67	0.00
1:00 น.	68	68	0.00	68	0.00	68	0.00
2:00 น.	68	68	0.00	68	0.00	68	0.00
3:00 น.	66	67	-1.00	67	-1.00	67	-1.00
4:00 น.	66	66	0.00	66	0.00	66	0.00
5:00 น.	65	65	0.00	65	0.00	65	0.00
6:00 น.	65	65	0.00	65	0.00	65	0.00
7:00 น.	66	65	1.00	65	1.00	65	1.00
8:00 น.	65	66	-1.00	65	0.00	65	0.00
9:00 น.	65	65	0.00	65	0.00	65	0.00
10:00 น.	64	64	0.00	64	0.00	64	0.00
11:00 น.	63	63	0.00	63	0.00	63	0.00
12:00 น.	61	62	-1.00	62	-1.00	62	-1.00
13:00 น.	56	58	-2.00	58	-2.00	58	-2.00
14:00 น.	58	57	1.00	57	1.00	57	1.00
15:00 น.	55	54	1.00	54	1.00	54	1.00
16:00 น.	54	51	3.00	51	3.00	51	3.00
17:00 น.	50	48	2.00	48	2.00	48	2.00
18:00 น.	50	47	3.00	47	3.00	47	3.00
19:00 น.	58	53	5.00	53	5.00	53	5.00
20:00 น.	60	60	0.00	60	0.00	60	0.00
21:00 น.	59	57	2.00	57	2.00	57	2.00
22:00 น.	65	65	0.00	65	0.00	65	0.00
23:00 น.	66	66	0.00	66	0.00	67	-1.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			0.58		0.58		0.54

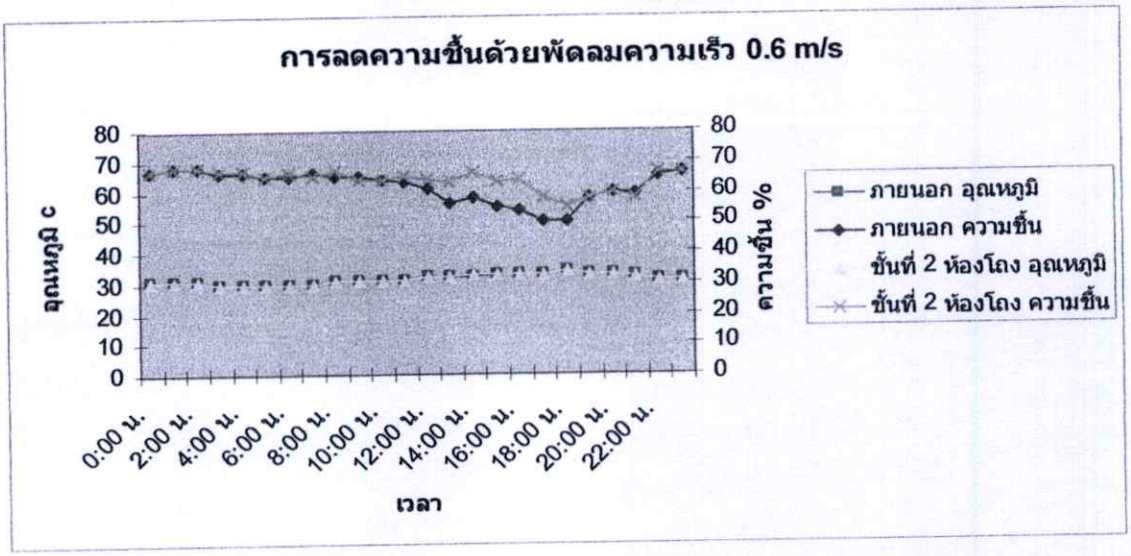
จากตารางที่ 5.4 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 1 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้น โดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองด้วยการระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s นั้น ความชื้นภายในลดลงจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องนั่งเล่นลดลง 0.58% ห้องรับประทานอาหารลดลง 0.58% ห้องครัวลดลง 0.54%

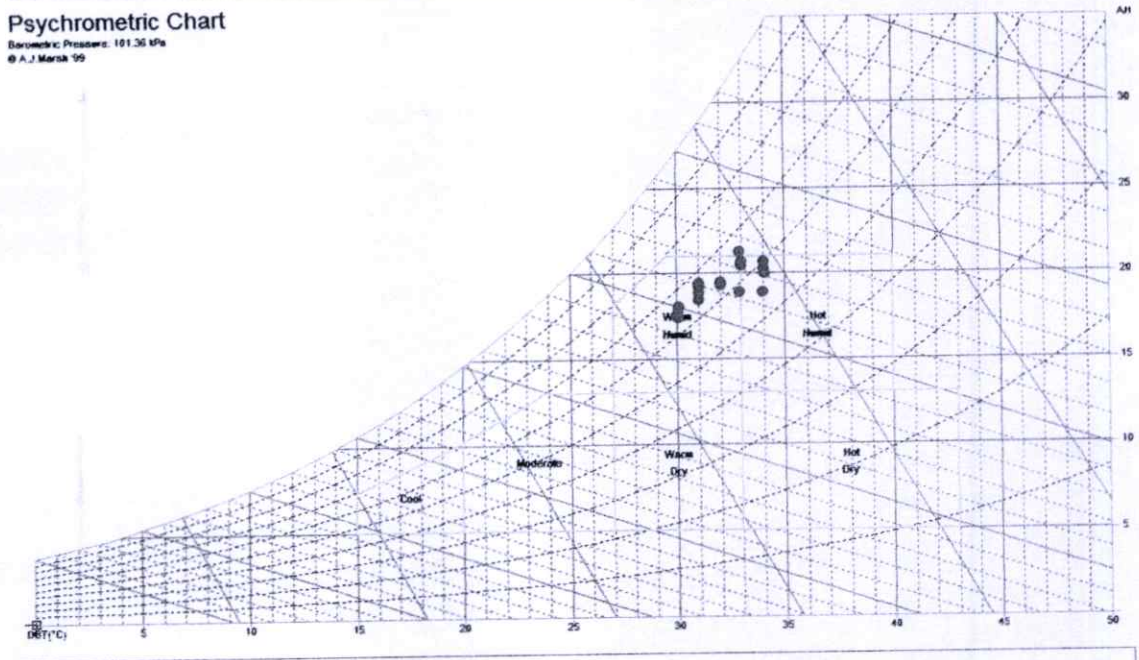
กราฟผลการทดลองชุดที่ 2 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s บริเวณชั้นที่ 2

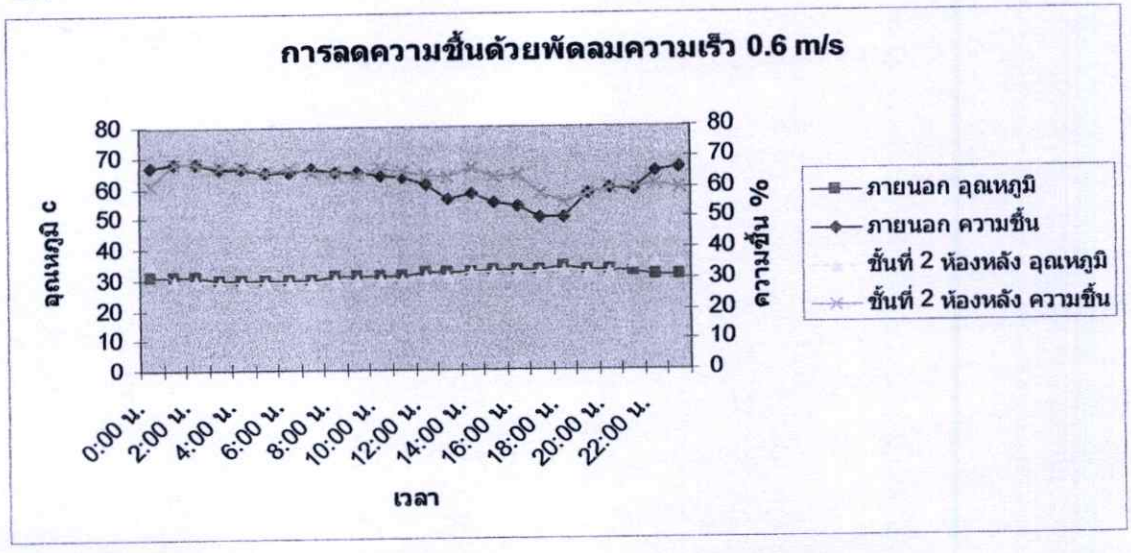
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 2 บริเวณชั้นที่ 2 พบว่ากราฟมีความชันน้อยมาก ความชื้นลดลงต่อเนื่องใกล้เคียงกับความชื้นภายนอก ความชื้นลดลงไม่มาก อาจเป็นเพราะความเร็วลมไม่เพียงพอในการพาความชื้นออกไป

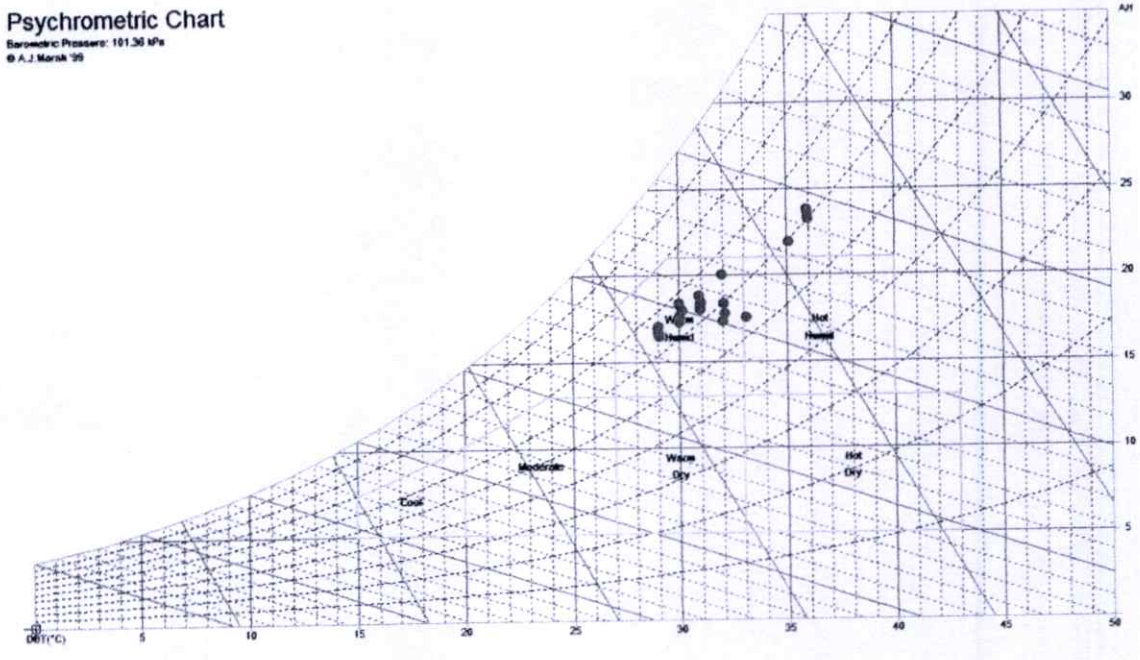





การลดความชื้นด้วยพัดลมความเร็ว 0.6 m/s
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 2 ห้องโถง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 2 ห้องโถง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Cool
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Warm Humid
Hot Humid


การลดความชื้นด้วยพัดลมความเร็ว 0.6 m/s
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 2 ห้องหลัง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 2 ห้องหลัง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Cool
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Warm Humid
Hot Humid
AH
30
25
20
15
10
5
DBT(°C)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

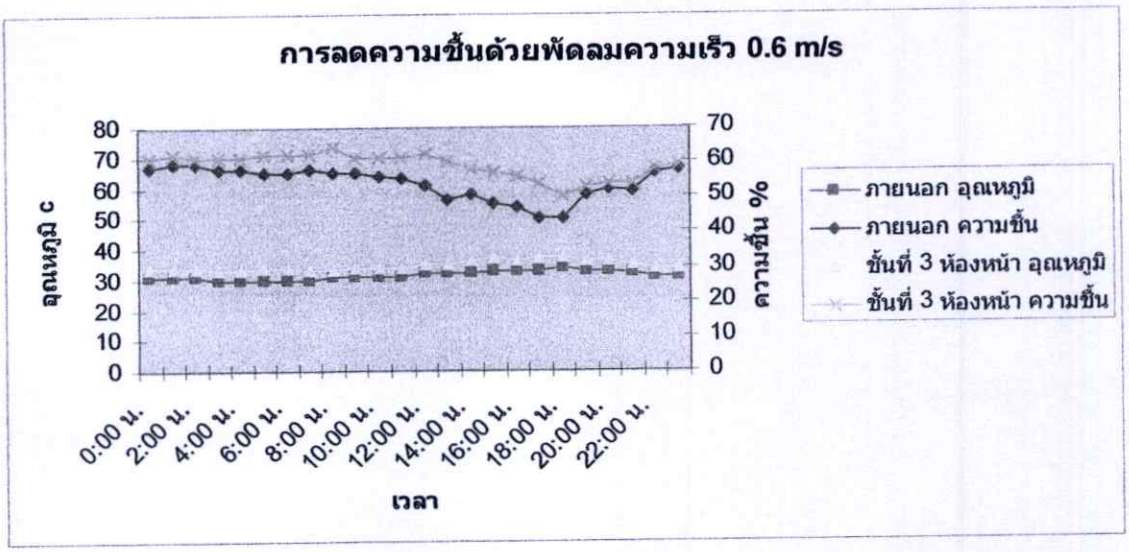
ตารางที่ 5.5 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 2 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s บริเวณชั้นที่ 2

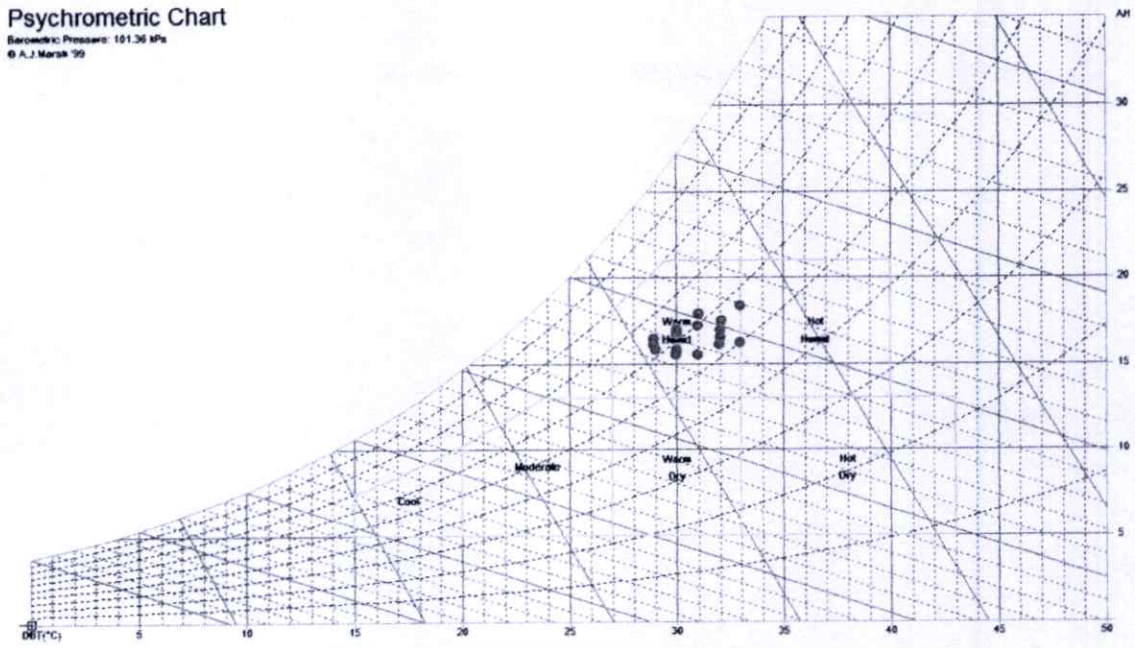
เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 2					
		ห้องพระ		โถงชั้นที่ 2		ห้องเก็บของ	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	67	66	1.00	67	0.00	61	6.00
1:00 น.	68	67	1.00	68	0.00	68	0.00
2:00 น.	68	67	1.00	68	0.00	68	0.00
3:00 น.	66	66	0.00	67	-1.00	67	-1.00
4:00 น.	66	66	0.00	67	-1.00	67	-1.00
5:00 น.	65	66	-1.00	65	0.00	65	0.00
6:00 น.	65	67	-2.00	66	-1.00	66	-1.00
7:00 น.	66	66	0.00	65	1.00	65	1.00
8:00 น.	65	67	-2.00	67	-2.00	65	0.00
9:00 น.	65	64	1.00	64	1.00	64	1.00
10:00 น.	64	64	0.00	64	0.00	66	-2.00
11:00 น.	63	62	1.00	65	-2.00	65	-2.00
12:00 น.	61	62	-1.00	64	-3.00	64	-3.00
13:00 น.	56	59	-3.00	63	-7.00	63	-7.00
14:00 น.	58	62	-4.00	66	-8.00	66	-8.00
15:00 น.	55	60	-5.00	63	-8.00	63	-8.00
16:00 น.	54	59	-5.00	64	-10.00	64	-10.00
17:00 น.	50	54	-4.00	58	-8.00	58	-8.00
18:00 น.	50	50	0.00	55	-5.00	55	-5.00
19:00 น.	58	56	2.00	58	0.00	58	0.00
20:00 น.	60	58	2.00	60	0.00	60	0.00
21:00 น.	59	57	2.00	58	1.00	60	-1.00
22:00 น.	65	64	1.00	66	-1.00	61	4.00
23:00 น.	66	64	2.00	66	0.00	60	6.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			-0.54		-2.25		-1.63

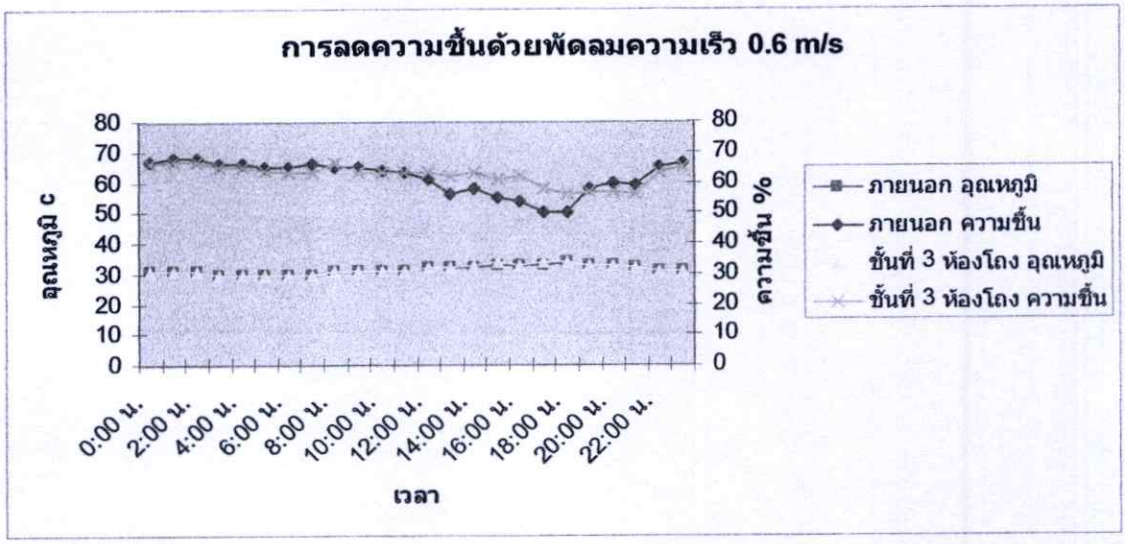
จากตารางที่ 5.5 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 2 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้นโดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองด้วยการระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s นั้น ความชื้นภายในเพิ่มขึ้นจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องพระเพิ่มขึ้น 0.54% โถงชั้นที่ 2 เพิ่มขึ้น 2.25% ห้องเก็บของเพิ่มขึ้น 1.63%

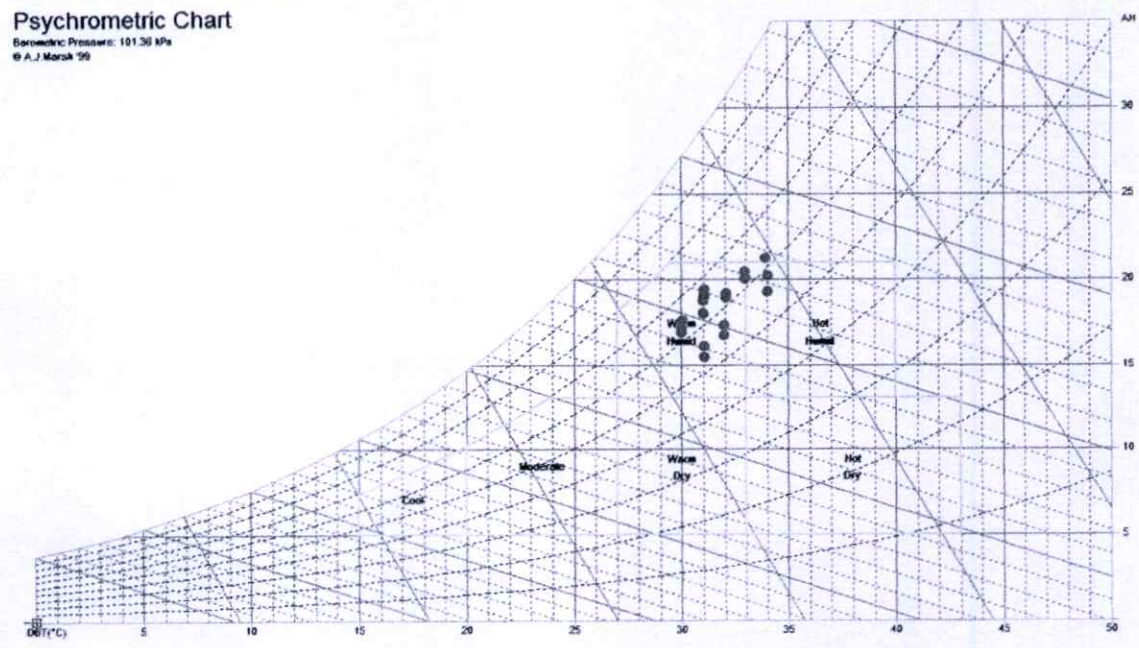
กราฟผลการทดลองชุดที่ 2 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s บริเวณชั้นที่ 3

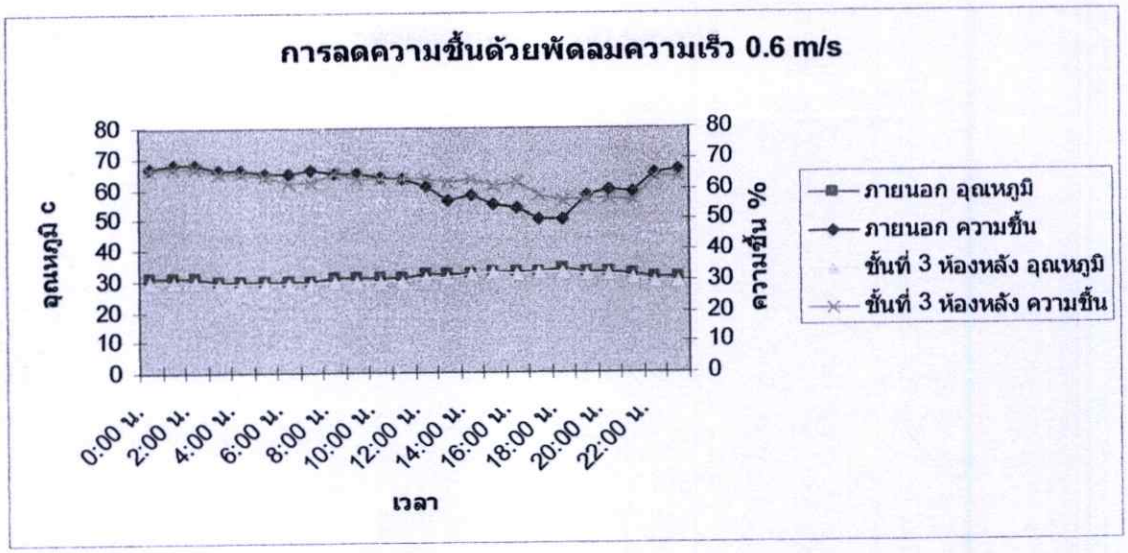
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 2 บริเวณชั้นที่ 3 พบว่าความชื้นเพิ่มขึ้นไม่ค่อยลดลงอาจเกิดได้จากความเร็วลมไม่เพียงพอต่อการพัดพาความชื้นออกไปจากบริเวณดังกล่าว และอาจจะสะสมความชื้นจากการพัดพามาสะสมตั้งแต่บริเวณชั้นที่ 1 และ 2 แต่ก็ยังถือได้ว่าใกล้เคียงกับกับความชื้นภายนอก

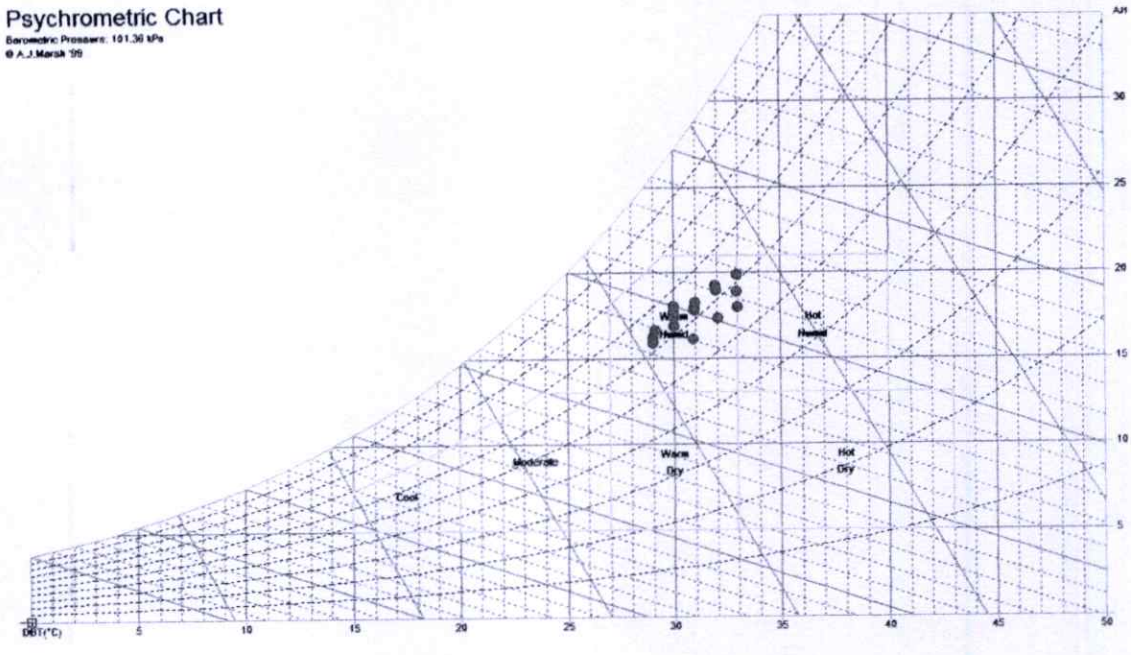



Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J Marsh '99
Cool
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Warm Humid
Hot Humid
DBT(°C)
AH


การลดความชื้นด้วยพัดลมความเร็ว 0.6 m/s
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 3 ห้องโถง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 3 ห้องโถง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J Marsh '99
Cool
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Warm Humid
Hot Humid
DBT(°C)
AH


การลดความชื้นด้วยพัดลมความเร็ว 0.6 m/s
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 3 ห้องหลัง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 3 ห้องหลัง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Cool
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Hot Humid

ตารางที่ 5.6 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 2 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s บริเวณชั้นที่ 3

เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 3					
		ห้องนอน		โถงชั้นที่ 3		ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	67	61	6.00	66	1.00	66	1.00
1:00 น.	68	62	6.00	67	1.00	67	1.00
2:00 น.	68	61	7.00	67	1.00	67	1.00
3:00 น.	66	61	5.00	65	1.00	65	1.00
4:00 น.	66	61	5.00	65	1.00	65	1.00
5:00 น.	65	62	3.00	64	1.00	64	1.00
6:00 น.	65	62	3.00	63	2.00	62	3.00
7:00 น.	66	62	4.00	63	3.00	62	4.00
8:00 น.	65	64	1.00	66	-1.00	65	0.00
9:00 น.	65	61	4.00	63	2.00	63	2.00
10:00 น.	64	61	3.00	63	1.00	63	1.00
11:00 น.	63	61	2.00	63	0.00	63	0.00
12:00 น.	61	62	-1.00	63	-2.00	63	-2.00
13:00 น.	56	60	-4.00	62	-6.00	62	-6.00
14:00 น.	58	58	0.00	63	-5.00	63	-5.00
15:00 น.	55	57	-2.00	61	-6.00	61	-6.00
16:00 น.	54	56	-2.00	62	-8.00	62	-8.00
17:00 น.	50	54	-4.00	58	-8.00	58	-8.00
18:00 น.	50	50	0.00	56	-6.00	56	-6.00
19:00 น.	58	53	5.00	57	1.00	57	1.00
20:00 น.	60	54	6.00	57	3.00	57	3.00
21:00 น.	59	54	5.00	56	3.00	56	3.00
22:00 น.	65	58	7.00	63	2.00	64	1.00
23:00 น.	66	59	7.00	65	1.00	64	2.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			2.75		-0.75		-0.63

จากตารางที่ 5.6 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 3 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้นโดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองด้วยการระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s นั้น ความชื้นภายในได้เพิ่มขึ้นและลดลงจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องนอนลดลง 2.75% โถงชั้นที่ 3 เพิ่มขึ้น 0.75% ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าเพิ่มขึ้น 0.63%

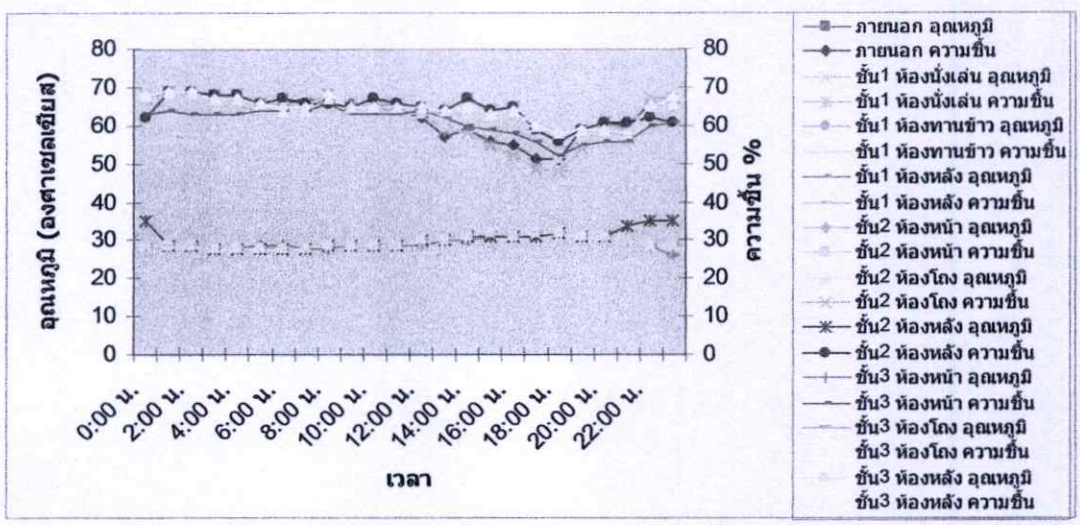
จากผลการวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิได้นำมากำหนดลงใน Psychometic Chart ดังแสดงในภาพทำให้ทราบว่าไม่มีค่าอุณหภูมิอยู่ในขอบเขตสบายเลยแต่จะอยู่นอกเขตสบายทั้งหมด ดังนั้นการใช้วิธีการลดความชื้นด้วยการระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s ก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้มีความสบายเพิ่มขึ้น

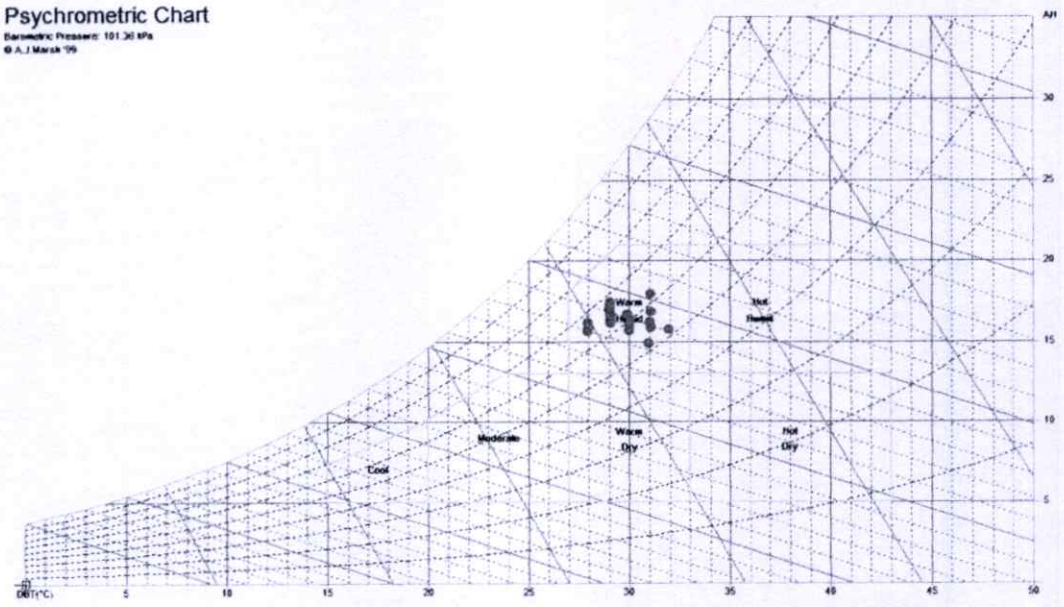
5.3 ผลการทดลองชุดที่ 3 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s

วัตถุประสงค์ เพื่อหาประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในบ้านแถว ด้วยการใช้พัดลมในการระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s และยังใช้ข้อมูลที่ได้มาเป็นตัวเปรียบเทียบกับการทดลองอื่นเพื่อหาการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

วันที่ทำการทดสอบ วันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 ในช่วงเวลา 24.00 – 23.00 น.

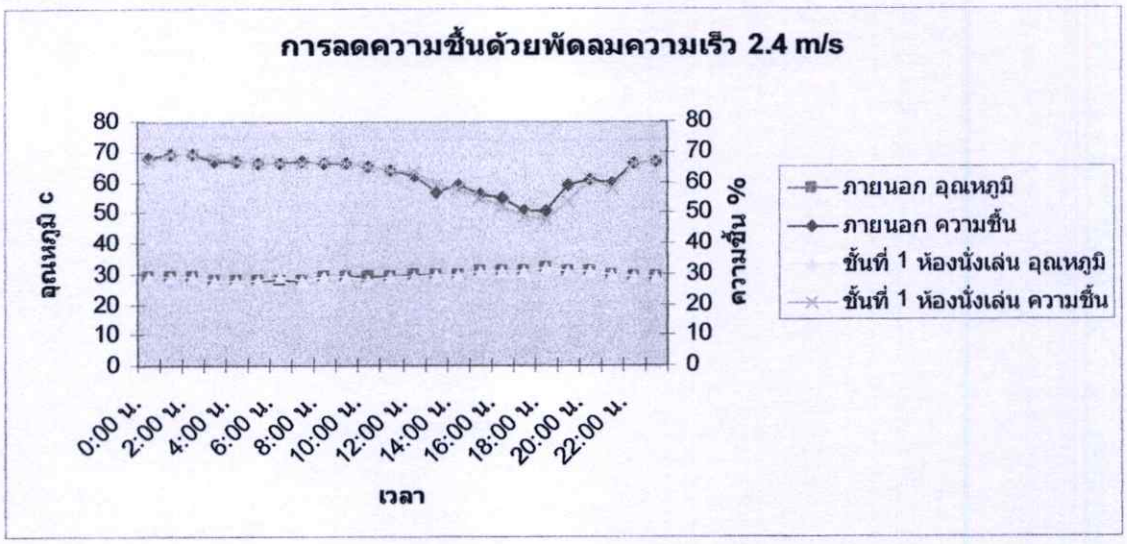
กราฟแสดงค่า Db, Rh ภายนอกและภายในชุดทดลองที่ 3 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s

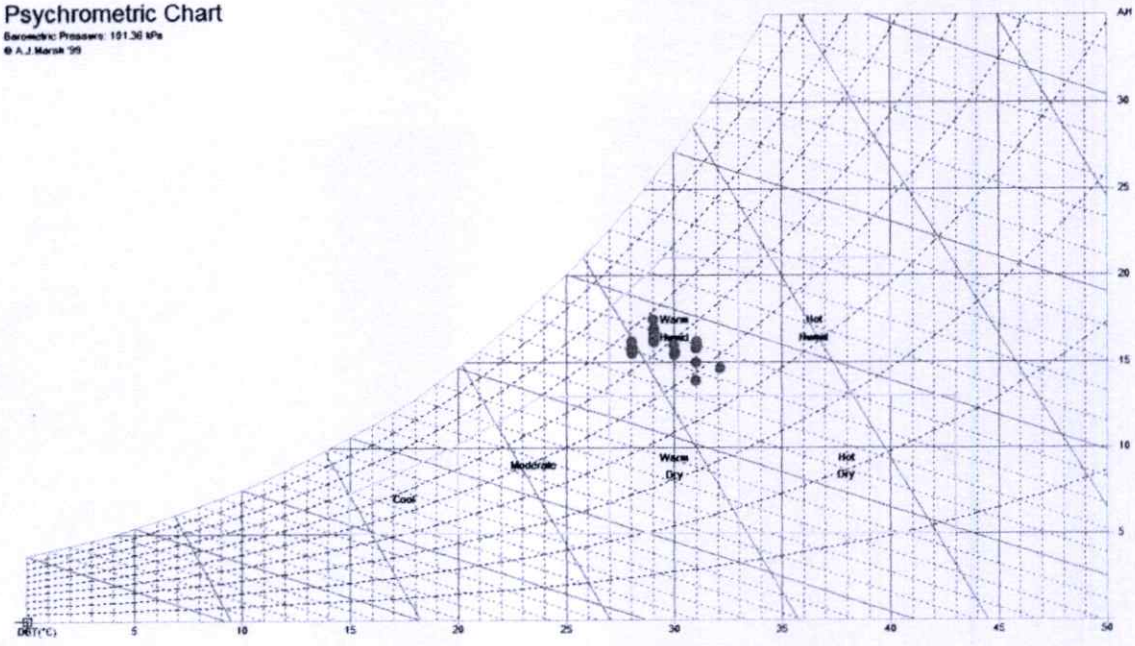


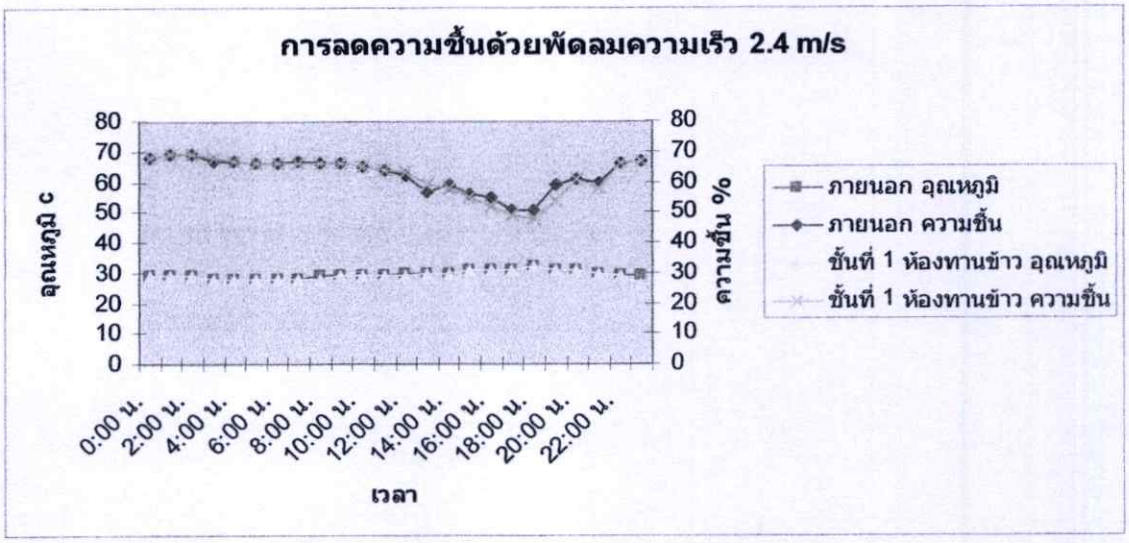


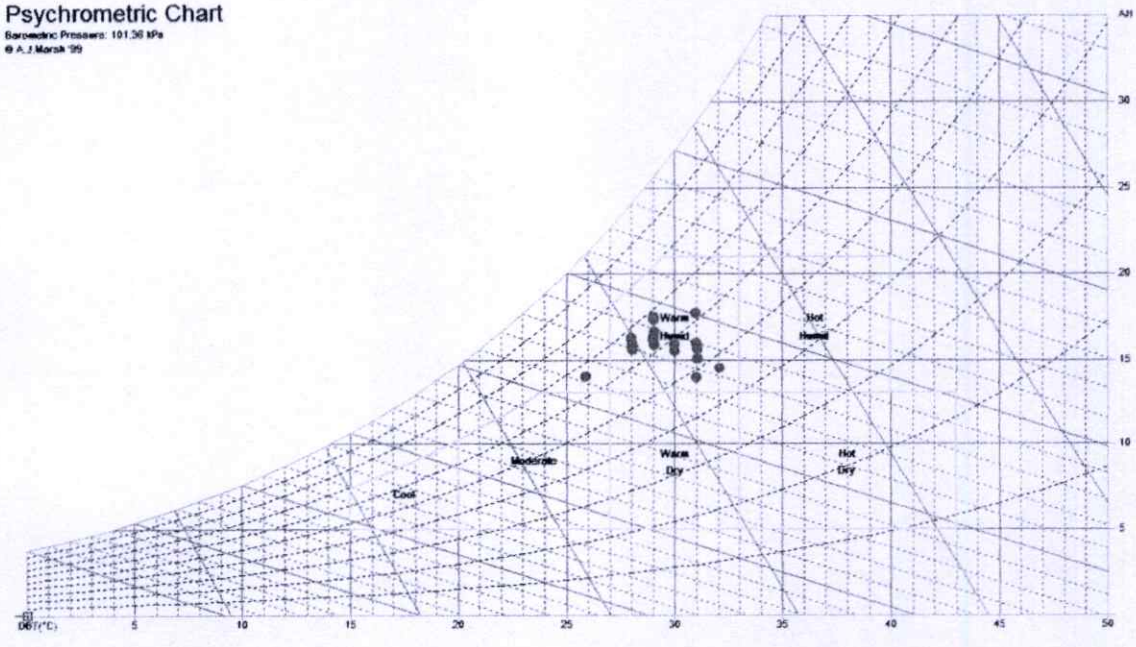
กราฟผลการทดลองชุดที่ 3 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s บริเวณชั้นที่ 1

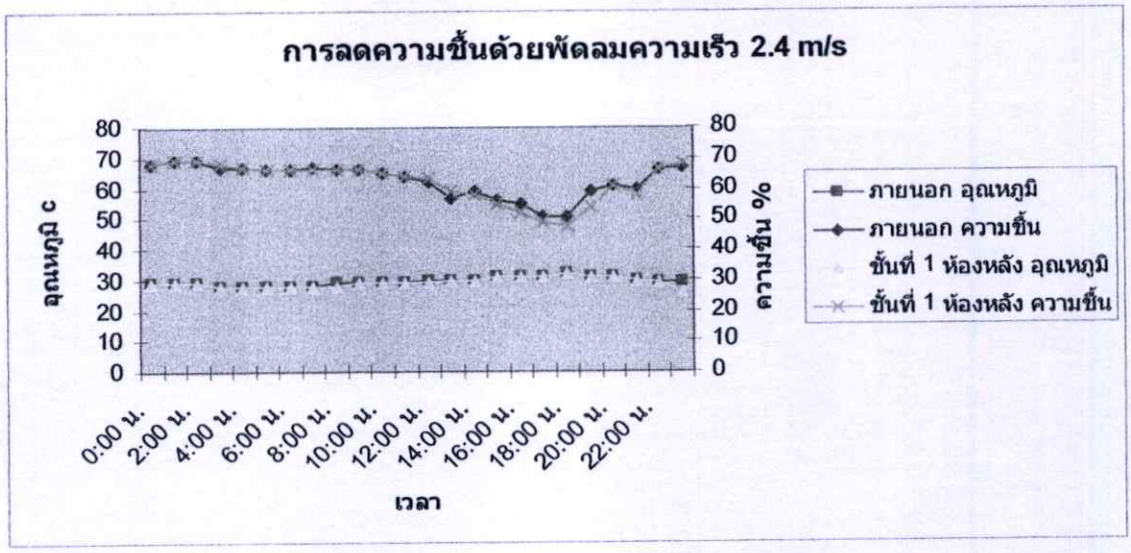
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 3 บริเวณชั้นที่ 1 พบว่ากราฟมีความชันน้อยมาก ความชื้นค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่อง และเริ่มคงที่หลังจากเวลา 22.00 – 12.00 โดยประมาณ แต่ความชื้นภายในก็ยังคงไม่ค่อยลดลงจากความชื้นภายนอกมากนัก

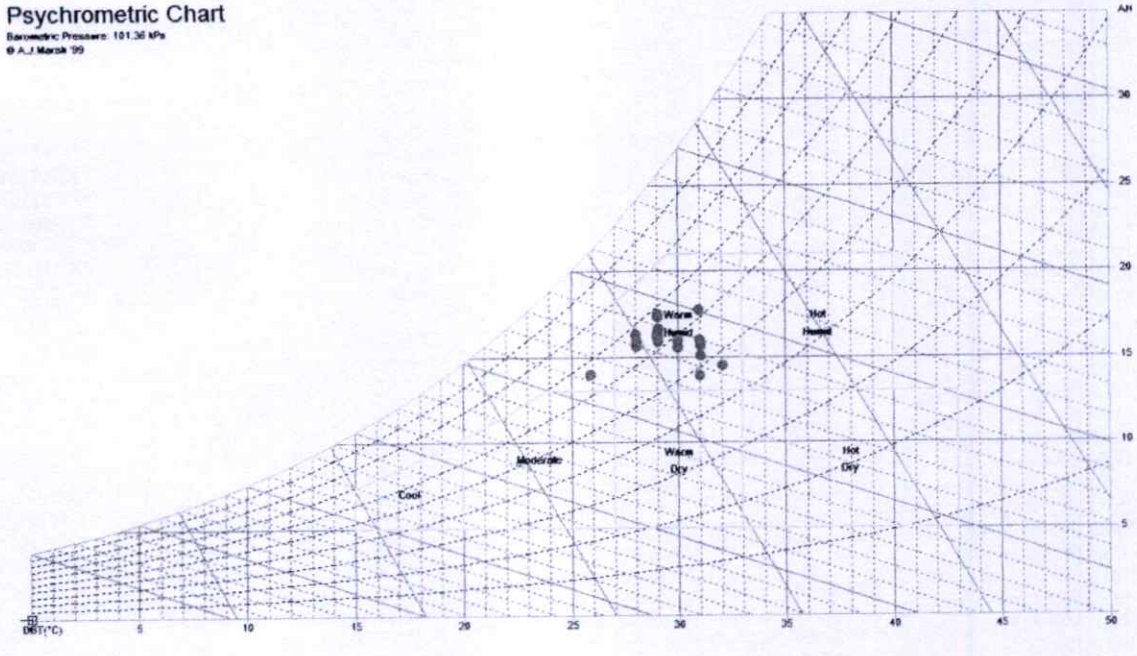



Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Warm Humid
Hot Humid
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Cool
DBT(°C)
AH


การลดความชื้นด้วยพัดลมความเร็ว 2.4 m/s
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 1 ห้องทานข้าว อุณหภูมิ
ชั้นที่ 1 ห้องทานข้าว ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Warm Humid
Hot Humid
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Cool
DBT(°C)
AH


การลดความชื้นด้วยพัดลมความเร็ว 2.4 m/s
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 1 ห้องหลัง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 1 ห้องหลัง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Cool
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Warm Humid
Hot Humid

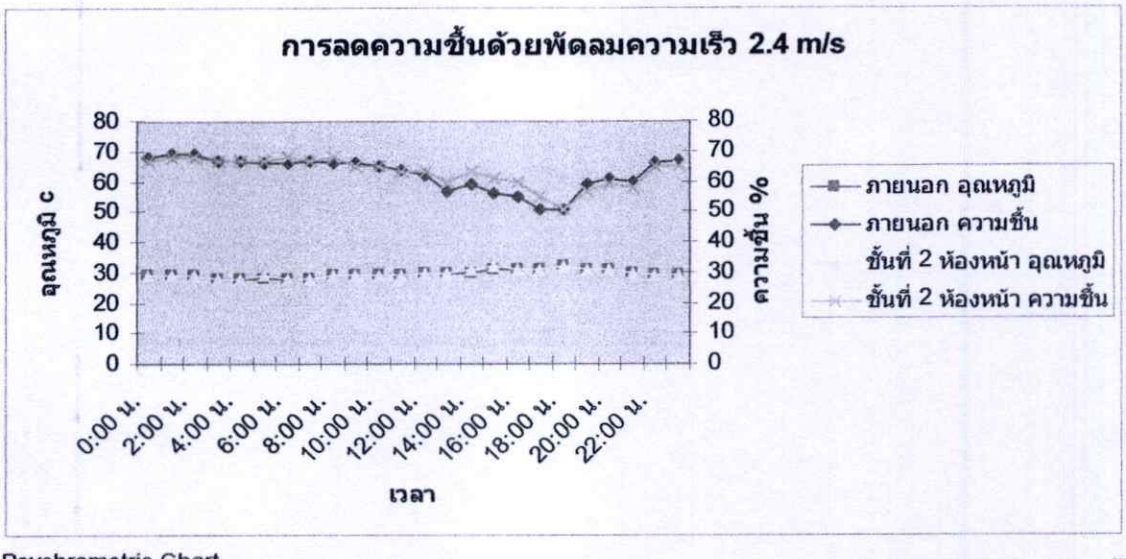
ตารางที่ 5.7 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 3 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s บริเวณชั้นที่ 1

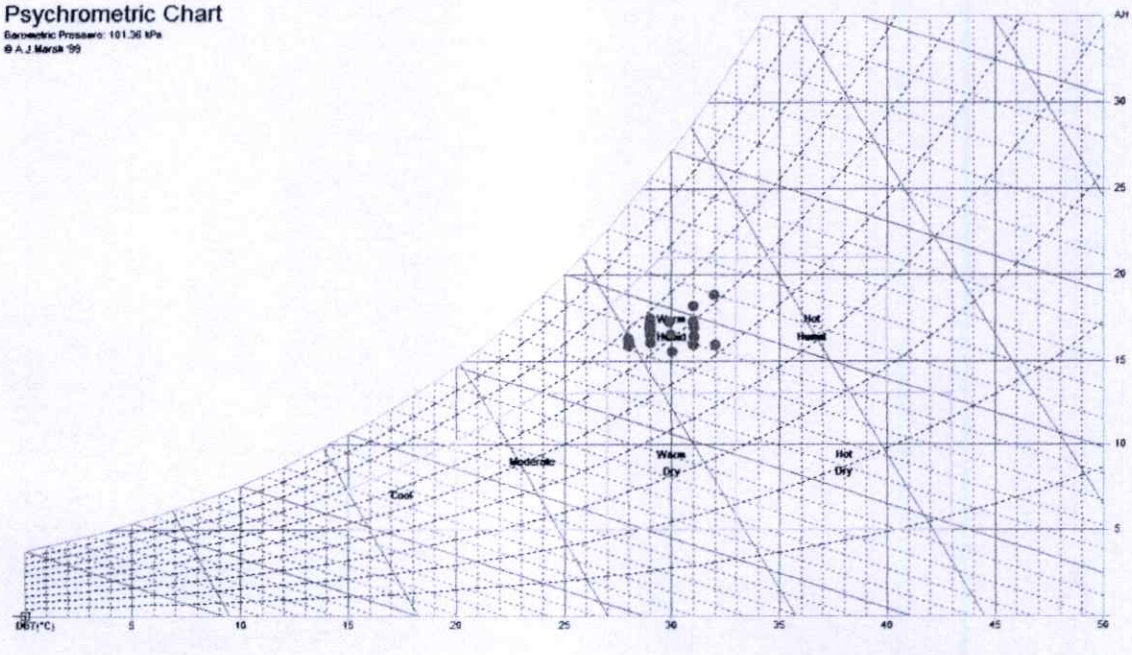
เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 1					
		ห้องนั่งเล่น		ห้องทานข้าว		ห้องครัว	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	68	67	1.00	68	0.00	68	0.00
1:00 น.	69	69	0.00	69	0.00	69	0.00
2:00 น.	69	69	0.00	69	0.00	69	0.00
3:00 น.	67	68	-1.00	68	-1.00	68	-1.00
4:00 น.	67	67	0.00	67	0.00	67	0.00
5:00 น.	66	66	0.00	66	0.00	66	0.00
6:00 น.	66	66	0.00	66	0.00	66	0.00
7:00 น.	67	66	1.00	66	1.00	66	1.00
8:00 น.	66	67	-1.00	66	0.00	66	0.00
9:00 น.	66	66	0.00	66	0.00	66	0.00
10:00 น.	65	65	0.00	65	0.00	65	0.00
11:00 น.	64	64	0.00	64	0.00	64	0.00
12:00 น.	62	63	-1.00	63	-1.00	63	-1.00
13:00 น.	57	59	-2.00	59	-2.00	59	-2.00
14:00 น.	59	58	1.00	58	1.00	58	1.00
15:00 น.	56	55	1.00	55	1.00	55	1.00
16:00 น.	55	52	3.00	52	3.00	52	3.00
17:00 น.	51	49	2.00	49	2.00	49	2.00
18:00 น.	51	48	3.00	48	3.00	48	3.00
19:00 น.	59	54	5.00	54	5.00	54	5.00
20:00 น.	61	61	0.00	61	0.00	61	0.00
21:00 น.	60	58	2.00	58	2.00	58	2.00
22:00 น.	66	66	0.00	66	0.00	66	0.00
23:00 น.	67	67	0.00	67	0.00	68	-1.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			0.58		0.58		0.54

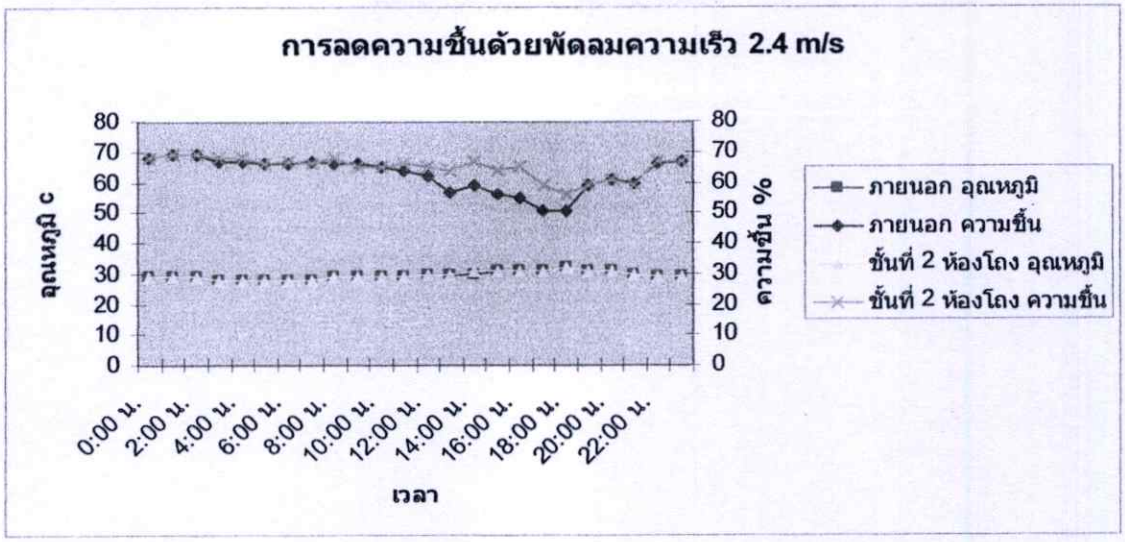
จากตารางที่ 5.7 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 1 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้นโดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองด้วยการระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s นั้น ความชื้นภายในลดลงจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องนั่งเล่นลดลง 0.58% ห้องรับประทานอาหารลดลง 0.58% ห้องครัวลดลง 0.54%

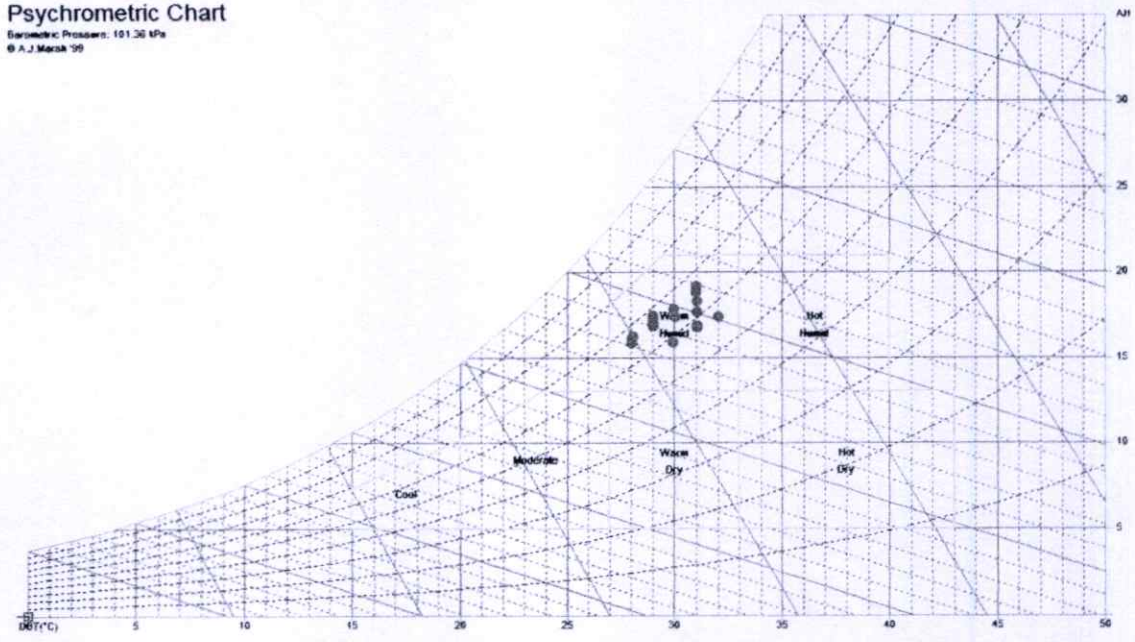
กราฟผลการทดลองชุดที่ 3 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s บริเวณชั้นที่ 2

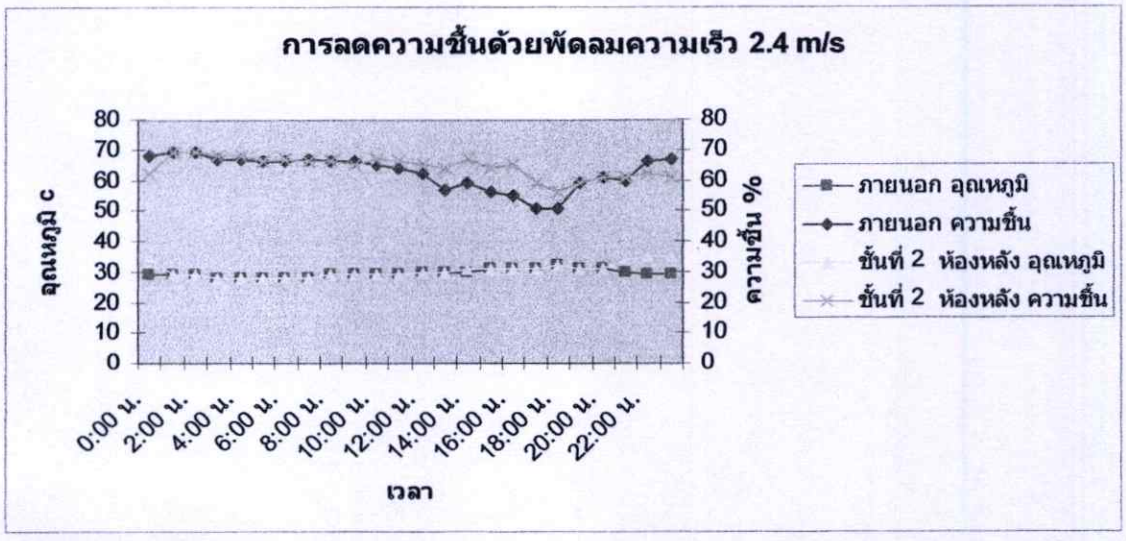
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 3 บริเวณชั้นที่ 3 พบว่ากราฟมีความชันมากที่เวลา 13.00 – 17.00 ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว และเริ่มคงที่ที่เวลา 22:00 – 12.00 น. โดยประมาณ แต่ความชื้นก็ยังไม่ได้มีความแตกต่างจากความชื้นภายนอกมากนัก

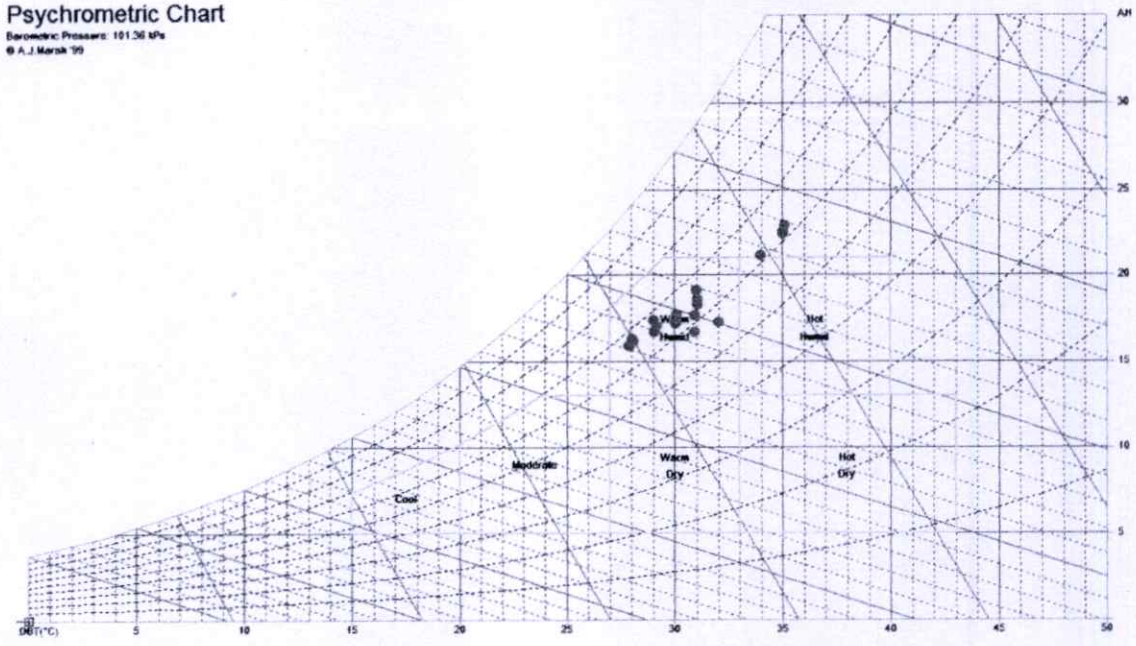





การลดความชื้นด้วยพัดลมความเร็ว 2.4 m/s
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
0
10
20
30
40
50
60
70
80
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 2 ห้องโถง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 2 ห้องโถง ความชื้น


Psychrometric Chart
Cool
Moderate
Warm
Dry
Warm
Humid
Hot
Dry
Hot
Humid


การลดความชื้นด้วยพัดลมความเร็ว 2.4 m/s
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
0
10
20
30
40
50
60
70
80
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา
ภายนอก อุณเหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 2 ห้องหลัง อุณเหภูมิ
ชั้นที่ 2 ห้องหลัง ความชื้น


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
AH
30
25
20
15
10
5
Hot
Humid
Warm
Humid
Cool
Moderate
Warm
Dry
Hot
Dry
DBT(°C)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

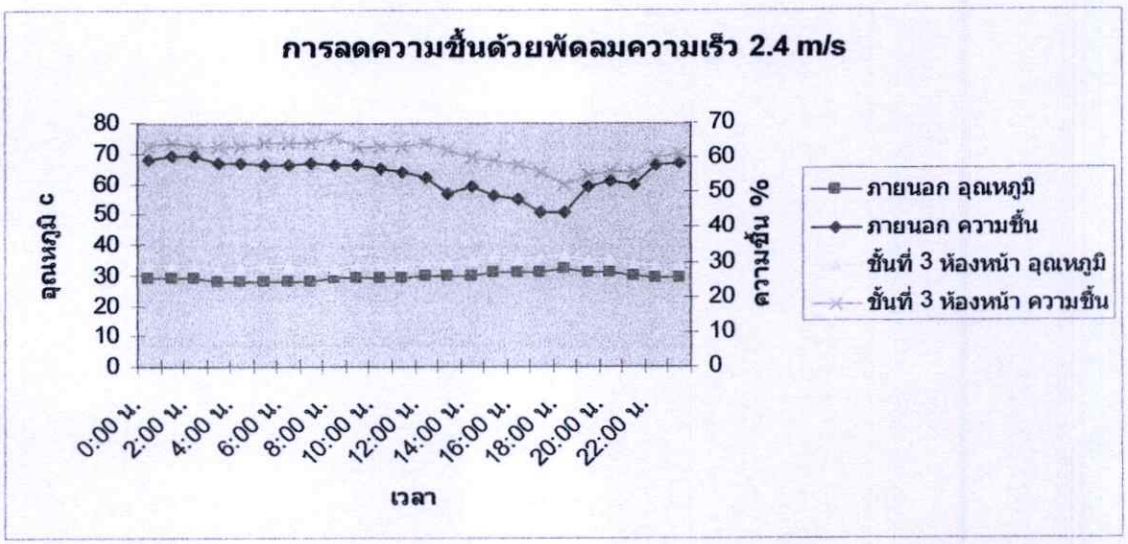
ตารางที่ 5.8 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 3 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s บริเวณชั้นที่ 2

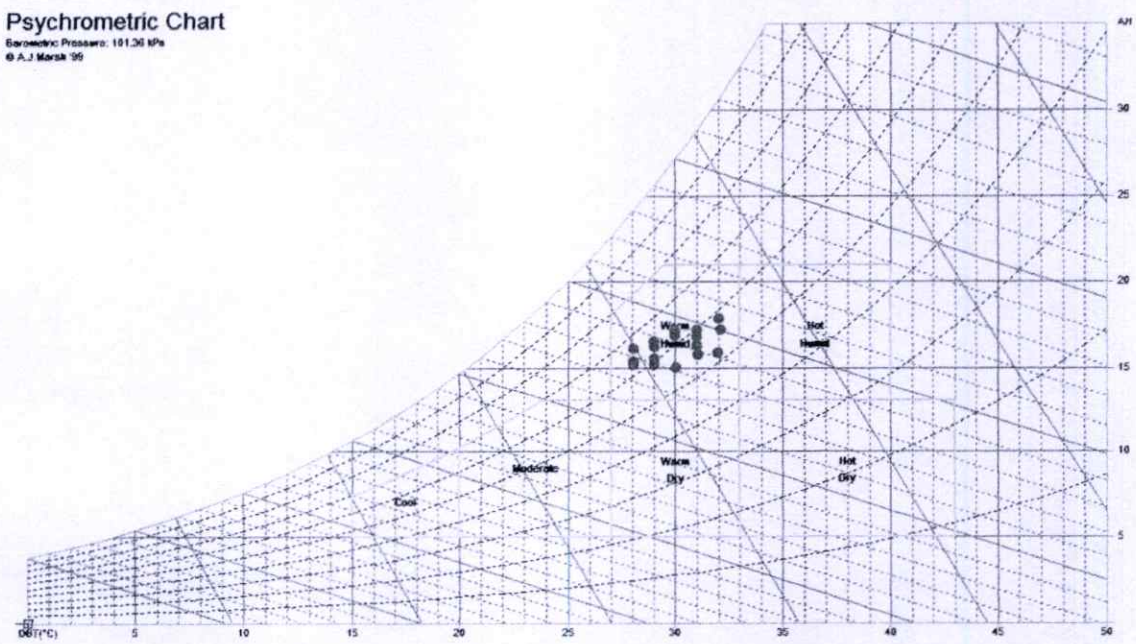
เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 2					
		ห้องพระ		โถงชั้นที่ 2		ห้องเก็บของ	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	68	67	1.00	68	0.00	62	6.00
1:00 น.	69	68	1.00	69	0.00	69	0.00
2:00 น.	69	68	1.00	69	0.00	69	0.00
3:00 น.	67	67	0.00	68	-1.00	68	-1.00
4:00 น.	67	67	0.00	68	-1.00	68	-1.00
5:00 น.	66	67	-1.00	66	0.00	66	0.00
6:00 น.	66	68	-2.00	67	-1.00	67	-1.00
7:00 น.	67	67	0.00	66	1.00	66	1.00
8:00 น.	66	68	-2.00	68	-2.00	66	0.00
9:00 น.	66	65	1.00	65	1.00	65	1.00
10:00 น.	65	65	0.00	65	0.00	67	-2.00
11:00 น.	64	63	1.00	66	-2.00	66	-2.00
12:00 น.	62	63	-1.00	65	-3.00	65	-3.00
13:00 น.	57	60	-3.00	64	-7.00	64	-7.00
14:00 น.	59	63	-4.00	67	-8.00	67	-8.00
15:00 น.	56	61	-5.00	64	-8.00	64	-8.00
16:00 น.	55	60	-5.00	65	-10.00	65	-10.00
17:00 น.	51	55	-4.00	59	-8.00	59	-8.00
18:00 น.	51	51	0.00	56	-5.00	56	-5.00
19:00 น.	59	57	2.00	59	0.00	59	0.00
20:00 น.	61	59	2.00	61	0.00	61	0.00
21:00 น.	60	58	2.00	59	1.00	61	-1.00
22:00 น.	66	65	1.00	67	-1.00	62	4.00
23:00 น.	67	65	2.00	67	0.00	61	6.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			-0.54		-2.25		-1.63

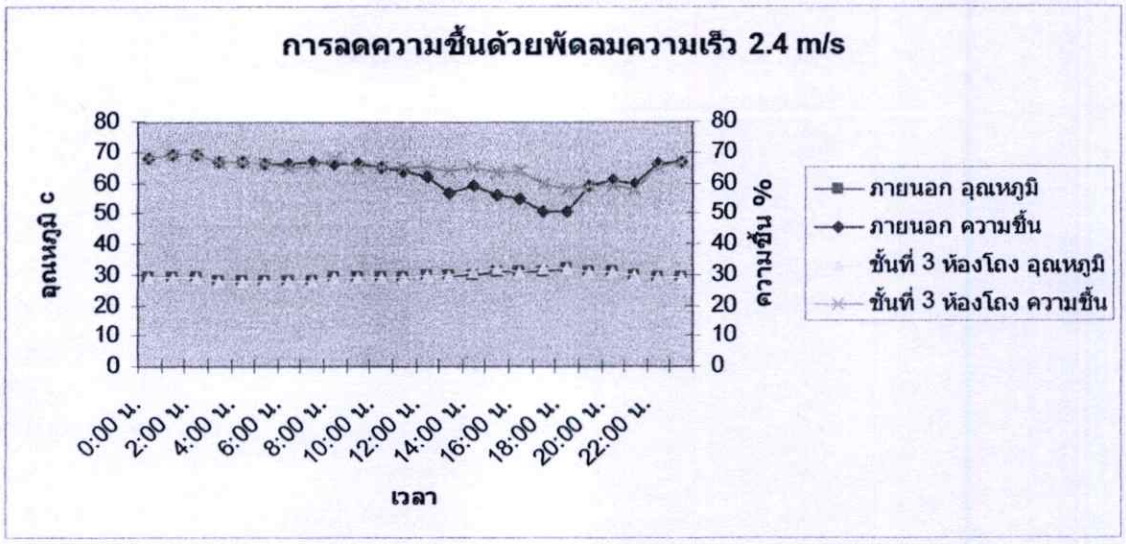
จากตารางที่ 5.8 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 2 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้นโดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองด้วยการระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s นั้น ความชื้นภายในเพิ่มขึ้นจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องพระเพิ่มขึ้น 0.54% โถงชั้นที่ 2 เพิ่มขึ้น 2.25% ห้องเก็บของเพิ่มขึ้น 1.63%

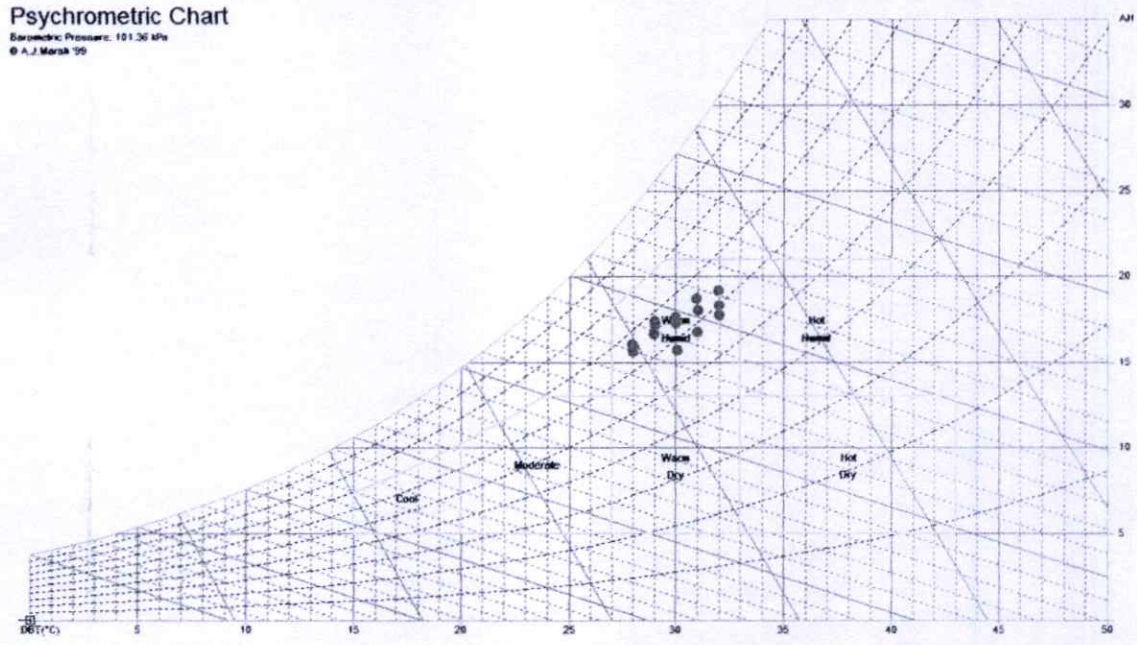
กราฟผลการทดลองชุดที่ 3 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s บริเวณชั้นที่ 3

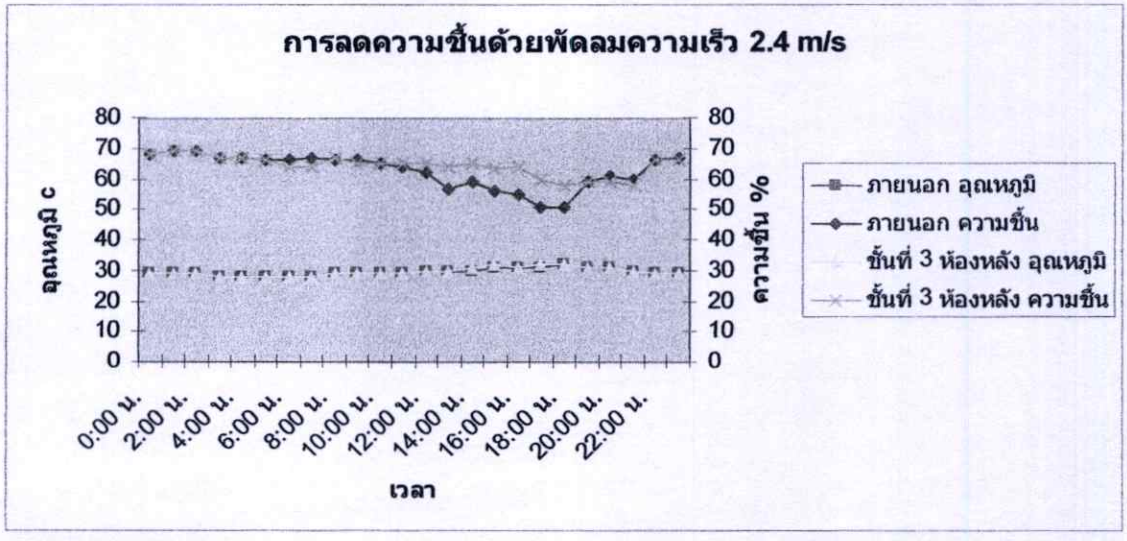
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 3 บริเวณชั้นที่ 3 เวลา 13:00 – 18.00 น. พบว่ากราฟมีความชันมาก ความชื้นลดลงไม่มากถ้าเปรียบเทียบกับความชื้นภายนอก เป็นเพราะความเร็วลมไม่เพียงพอในการพาความชื้นออกไป และประกอบกับเป็นช่วงที่มีความชื้นสะสมตลอดทั้งวัน

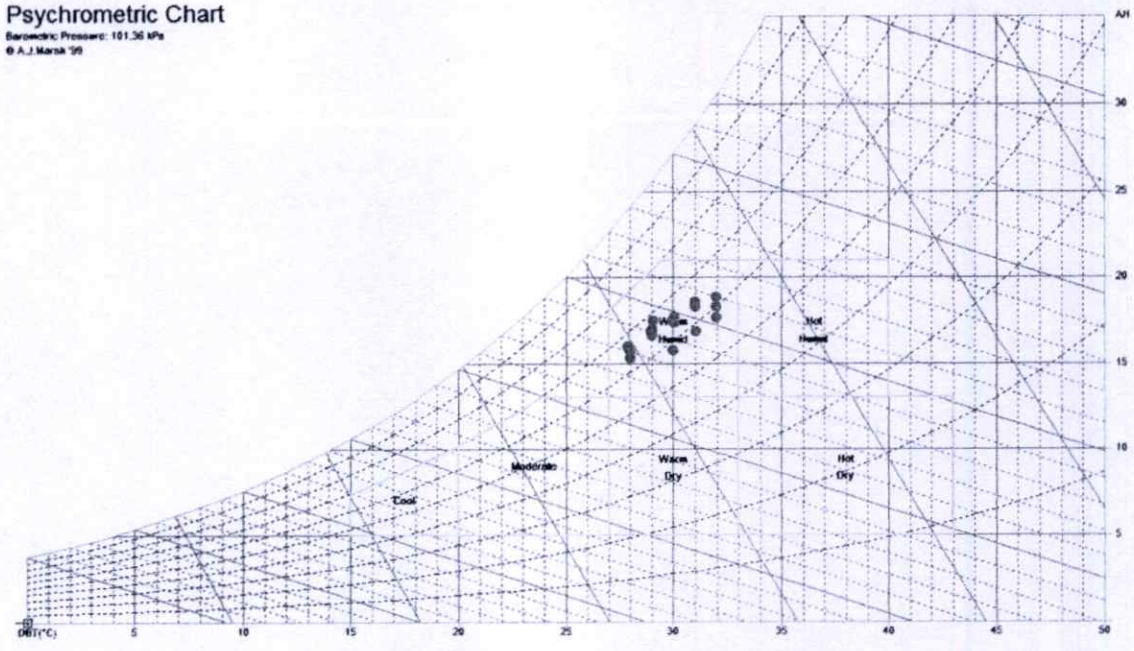





การลดความชื้นด้วยพัดลมความเร็ว 2.4 m/s
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 3 ห้องโถง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 3 ห้องโถง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Cool
Moderate
Warm Humid
Warm Dry
Hot Humid
Hot Dry


การลดความชื้นด้วยพัดลมความเร็ว 2.4 m/s
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 3 ห้องหลัง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 3 ห้องหลัง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Cool
Moderate
Warm
Dry
Hot
Dry
Warm
Humid
Hot
Humid
DBT(°C)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

ตารางที่ 5.9 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 3 การระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s บริเวณชั้นที่ 3

เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 3					
		ห้องนอน		โถงชั้นที่ 3		ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	68	63	5.00	68	0.00	68	0.00
1:00 น.	69	64	5.00	69	0.00	69	0.00
2:00 น.	69	63	6.00	69	0.00	69	0.00
3:00 น.	67	63	4.00	67	0.00	67	0.00
4:00 น.	67	63	4.00	67	0.00	67	0.00
5:00 น.	66	64	2.00	66	0.00	66	0.00
6:00 น.	66	64	2.00	65	1.00	64	2.00
7:00 น.	67	64	3.00	65	2.00	64	3.00
8:00 น.	66	66	0.00	68	-2.00	67	-1.00
9:00 น.	66	63	3.00	65	1.00	65	1.00
10:00 น.	65	63	2.00	65	0.00	65	0.00
11:00 น.	64	63	1.00	65	-1.00	65	-1.00
12:00 น.	62	64	-2.00	65	-3.00	65	-3.00
13:00 น.	57	62	-5.00	64	-7.00	64	-7.00
14:00 น.	59	60	-1.00	65	-6.00	65	-6.00
15:00 น.	56	59	-3.00	63	-7.00	63	-7.00
16:00 น.	55	58	-3.00	64	-9.00	64	-9.00
17:00 น.	51	56	-5.00	60	-9.00	60	-9.00
18:00 น.	51	52	-1.00	58	-7.00	58	-7.00
19:00 น.	59	55	4.00	59	0.00	59	0.00
20:00 น.	61	56	5.00	59	2.00	59	2.00
21:00 น.	60	56	4.00	58	2.00	58	2.00
22:00 น.	66	60	6.00	65	1.00	66	0.00
23:00 น.	67	61	6.00	67	0.00	66	1.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			1.75		-1.75		-1.63

จากตารางที่ 5.9 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 3 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้นโดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองด้วยการระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s นั้น ความชื้นภายในได้เพิ่มขึ้นและลดลงจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องนอนลดลง 1.75% โถงชั้นที่ 3 เพิ่มขึ้น 1.75% ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าเพิ่มขึ้น 1.63%

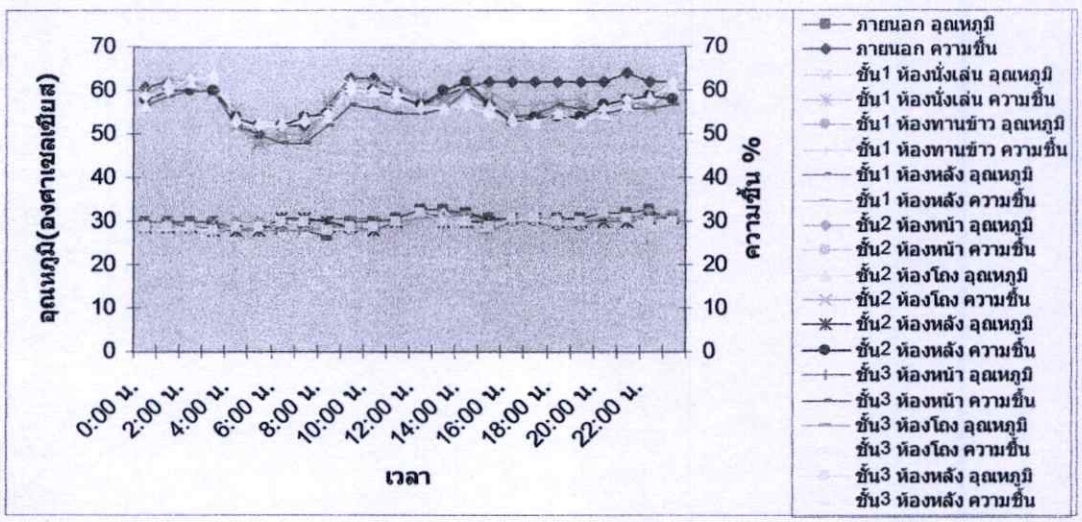
จากผลการวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิได้นำมากำหนดลงใน Psychometic Chart ดังแสดงในภาพทำให้ทราบว่าไม่มีค่าอุณหภูมิอยู่ในขอบเขตสบายเลยแต่จะอยู่นอกเขตสบายทั้งหมด ดังนั้นการใช้วิธีการลดความชื้นด้วยการระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s ก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้มีความสบายเพิ่มขึ้น

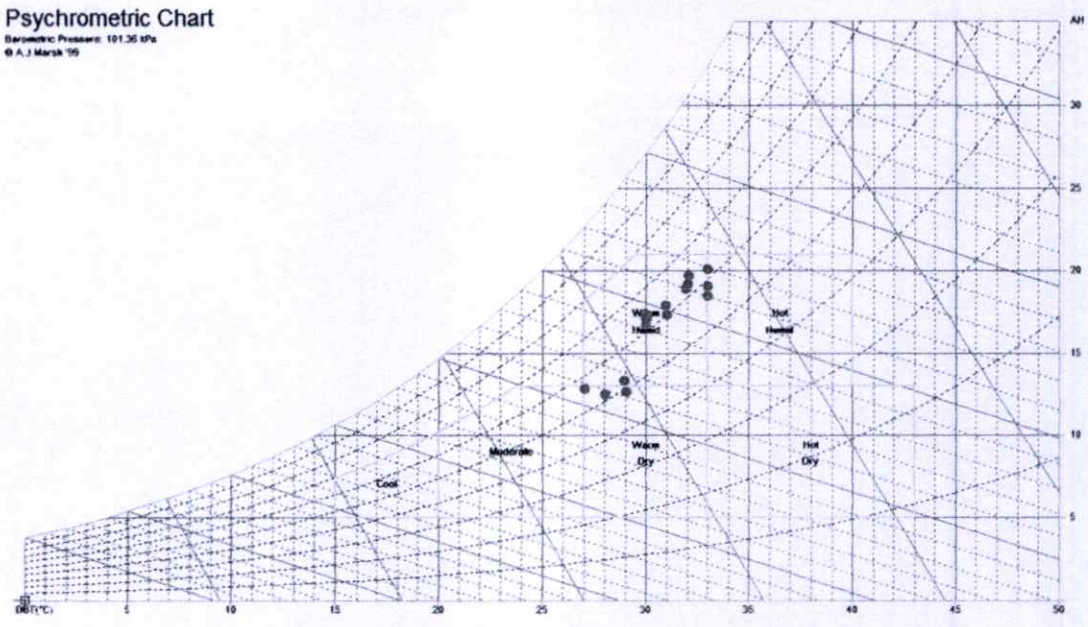
5.4 ผลการทดลองชุดที่ 4 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 1 kg.

วัตถุประสงค์ เพื่อหาประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในบ้านแถว ด้วยการใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 1 kg. และยังใช้ข้อมูลที่ได้มาเป็นตัวเปรียบเทียบกับการทดลองอื่นเพื่อหาการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

วันที่ทำการทดสอบ วันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 ในช่วงเวลา 24.00 – 23.00 น.

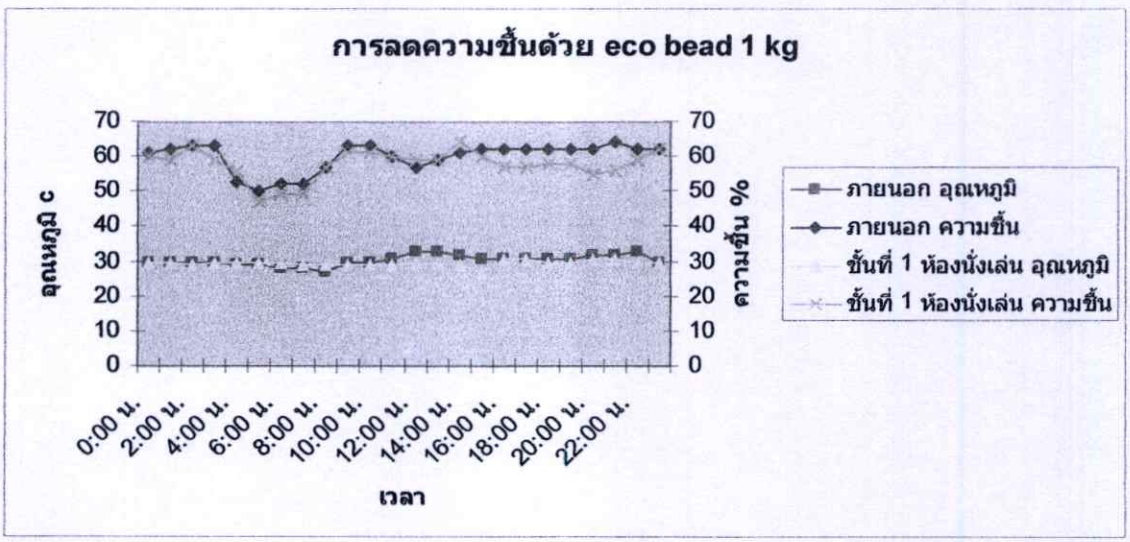
กราฟแสดงค่า Db, Rh ภายนอกและภายในชุดทดลองที่ 4 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 1 kg.

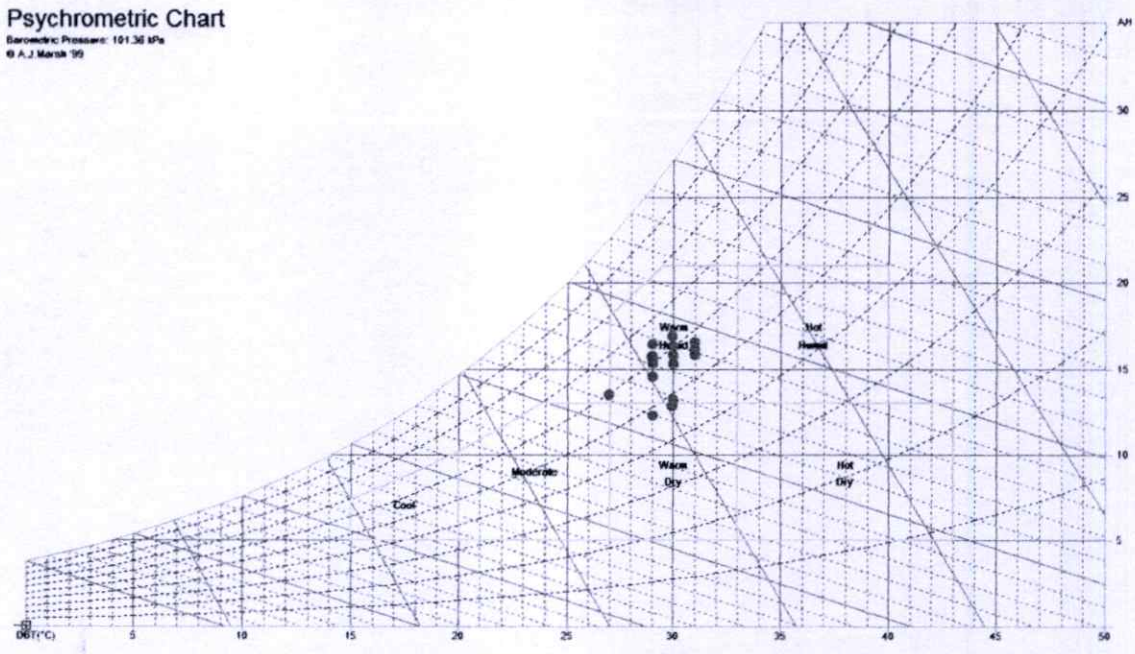


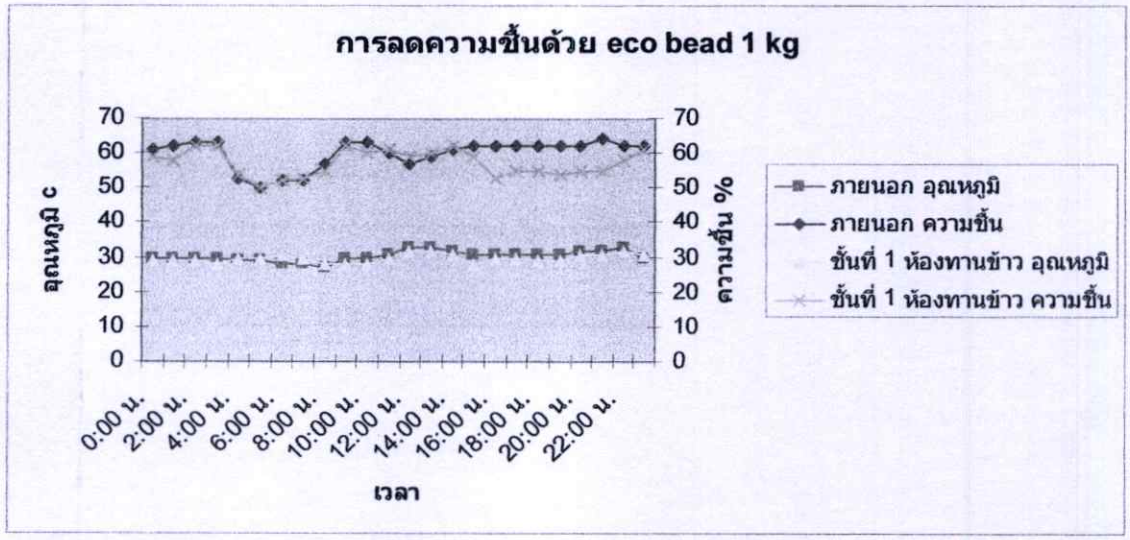


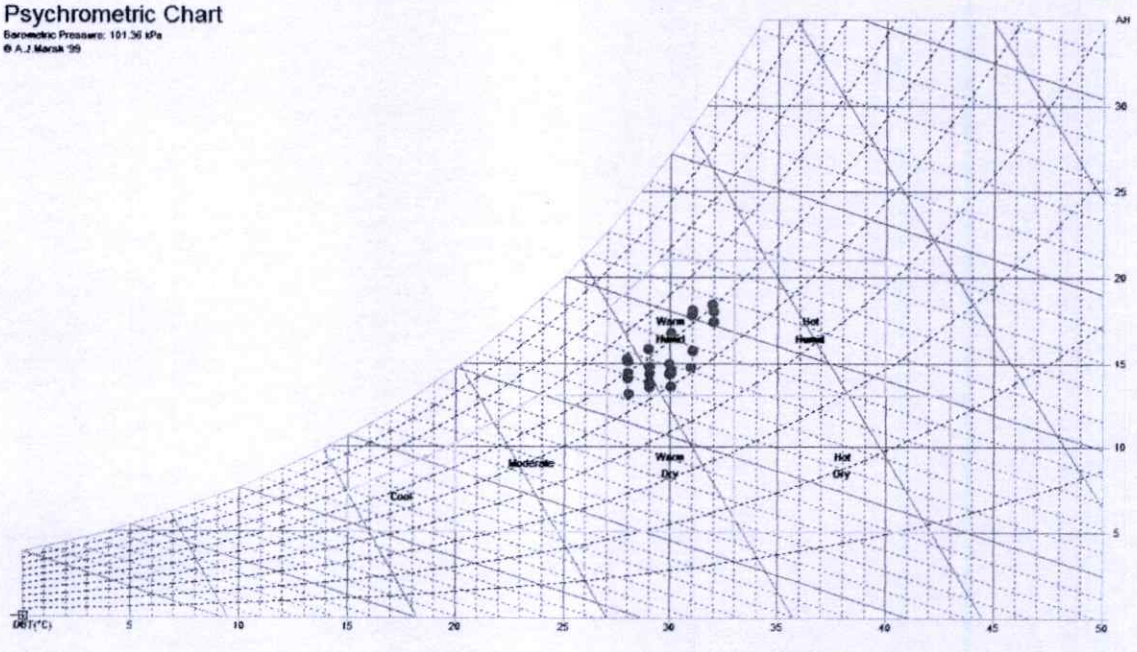
กราฟผลการทดลองชุดที่ 4 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 1 kg บริเวณชั้นที่ 1

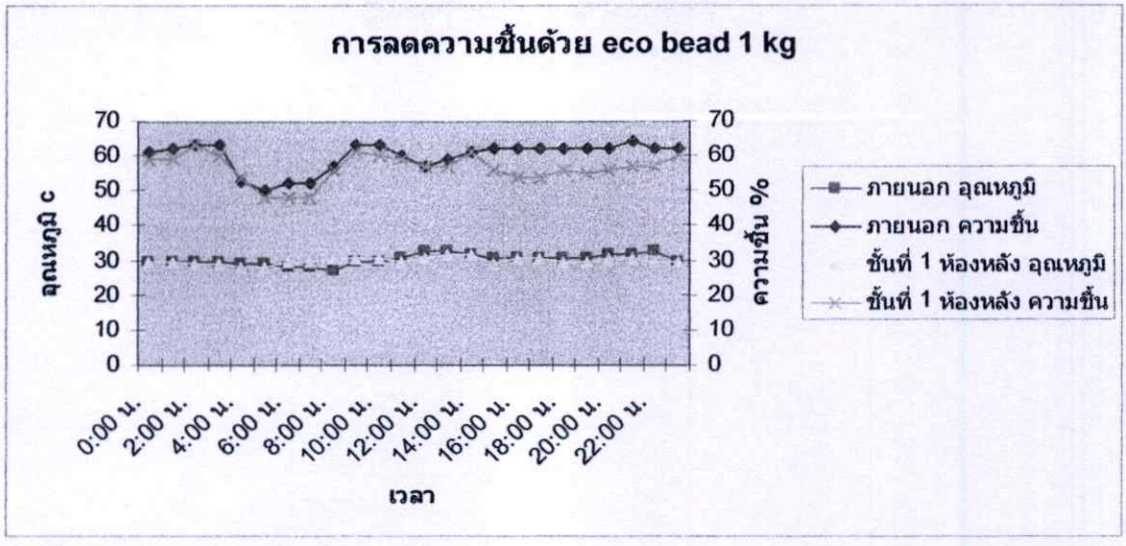
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 4 บริเวณชั้นที่ 1 พบว่ากราฟส่วนใหญ่มีความชันแสดงถึง ความชื้นที่ลดลงเรื่อยๆสามารถที่จะลดความชื้นภายในให้น้อยกว่าภายนอกได้ แต่กราฟยังมีการแกว่งตัวในช่วงเวลา 4.00 – 10.00 อาจจะเนื่องมาจากสารดูดความชื้นเกิดการอิ่มตัว จึงทำให้ได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร แต่หลังจากเวลา 15.00 – 24.00 ความชื้นลดลงไปได้เยอะพอสมควรหลังจากได้รับความร้อนจึงทำให้มีประสิทธิภาพอีกครั้ง

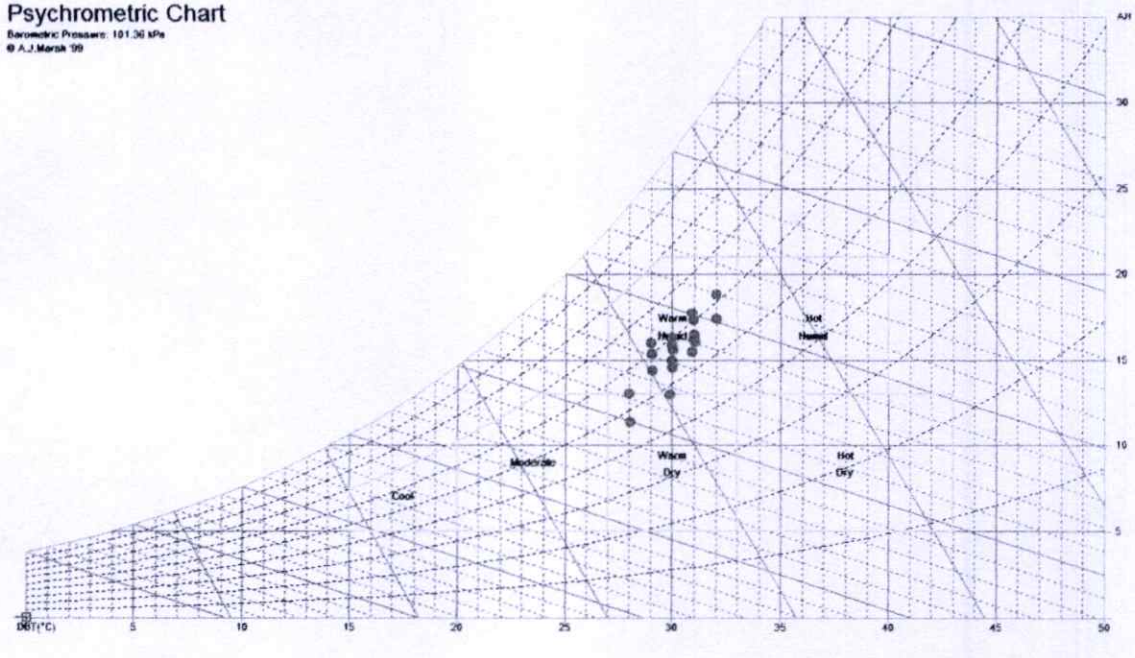



Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J Marsh '99
Cool
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Warm Humid
Hot Humid
DBT(°C)
AH


การลดความชื้นด้วย eco bead 1 kg
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 1 ห้องทานข้าว อุณหภูมิ
ชั้นที่ 1 ห้องทานข้าว ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J Marsh '99
Cool
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Warm Humid
Hot Humid
DBT(°C)
AH


การลดความชื้นด้วย eco bead 1 kg
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
70
60
50
40
30
20
10
0
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 1 ห้องหลัง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 1 ห้องหลัง ความชื้น


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Cool
Moderate
Warm Humid
Warm Dry
Hot Humid
Hot Dry
DBT(°C)

ตารางที่ 5.10 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 4 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 1 kg บริเวณชั้นที่ 1

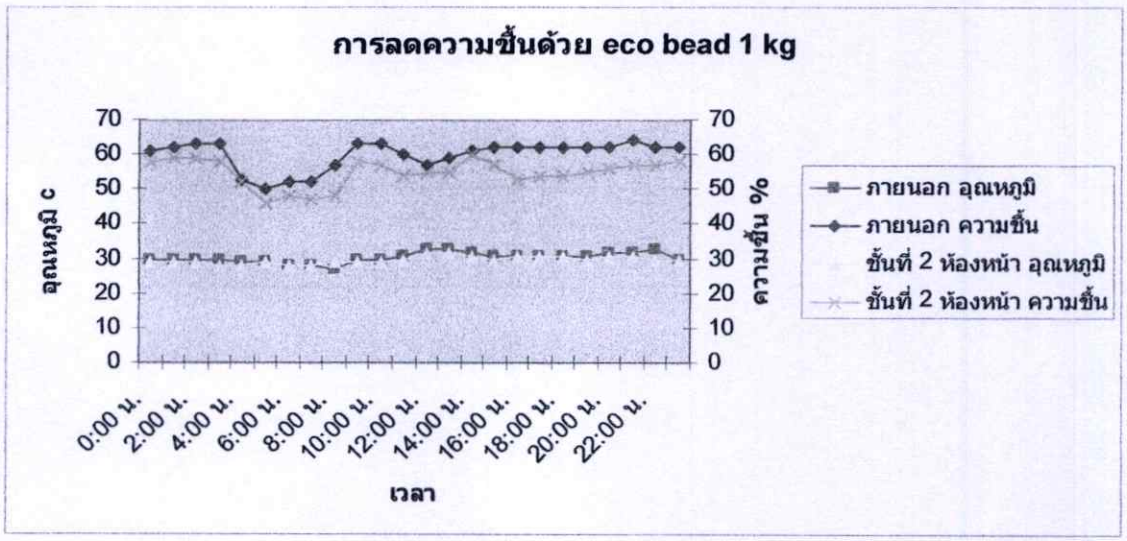
เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 1					
		ห้องนั่งเล่น		ห้องทานข้าว		ห้องครัว	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	61	60	1.00	59	2.00	59	2.00
1:00 น.	62	59	3.00	58	4.00	59	3.00
2:00 น.	63	63	0.00	62	1.00	63	0.00
3:00 น.	63	59	4.00	62	1.00	60	3.00
4:00 น.	53	56	-3.00	54	-1.00	54	-1.00
5:00 น.	50	47	3.00	50	0.00	48	2.00
6:00 น.	52	49	3.00	52	0.00	48	4.00
7:00 น.	52	49	3.00	53	-1.00	48	4.00
8:00 น.	57	57	0.00	55	2.00	56	1.00
9:00 น.	63	61	2.00	62	1.00	61	2.00
10:00 น.	63	61	2.00	60	3.00	60	3.00
11:00 น.	60	60	0.00	61	-1.00	59	1.00
12:00 น.	57	59	-2.00	59	-2.00	57	0.00
13:00 น.	59	59	0.00	60	-1.00	57	2.00
14:00 น.	61	64	-3.00	62	-1.00	61	0.00
15:00 น.	62	60	2.00	59	3.00	56	6.00
16:00 น.	62	57	5.00	53	9.00	54	8.00
17:00 น.	62	57	5.00	55	7.00	54	8.00
18:00 น.	62	58	4.00	55	7.00	56	6.00
19:00 น.	62	58	4.00	54	8.00	55	7.00
20:00 น.	62	55	7.00	55	7.00	56	6.00
21:00 น.	64	56	8.00	55	9.00	57	7.00
22:00 น.	62	59	3.00	58	4.00	57	5.00
23:00 น.	62	62	0.00	61	1.00	60	2.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			2.13		2.58		3.38

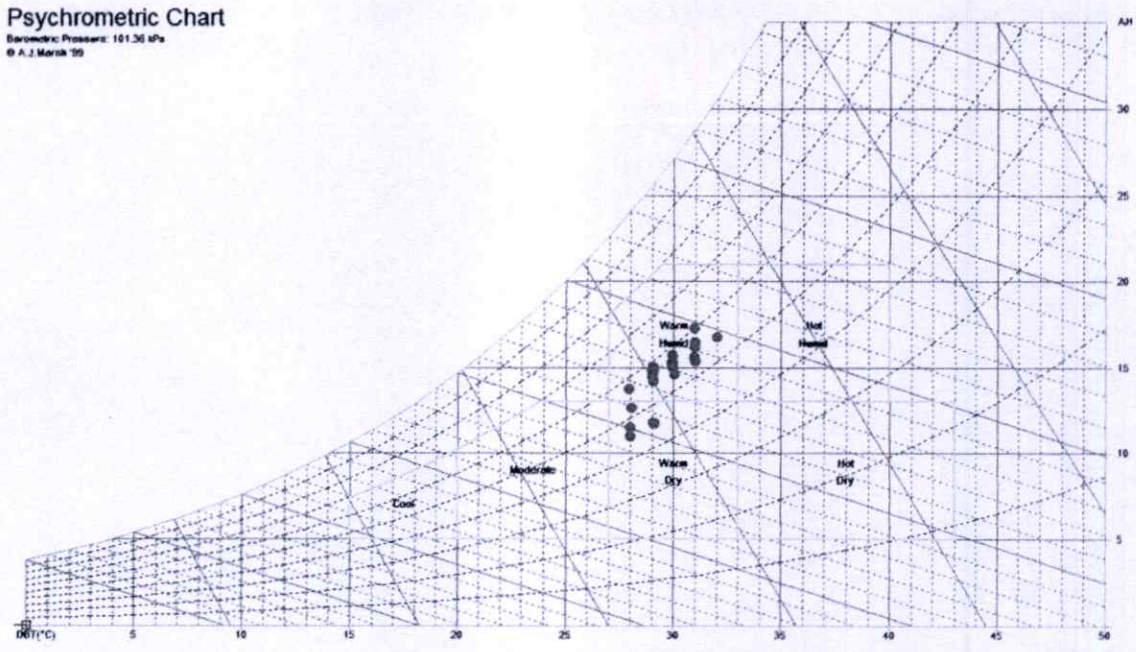
จากตารางที่ 5.10 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 1 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้นโดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 1 Kg. นั้น ความชื้นภายในลดลงจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องนั่งเล่นลดลง 2.13% ห้องรับประทานอาหารลดลง 2.58% ห้องครัวลดลง

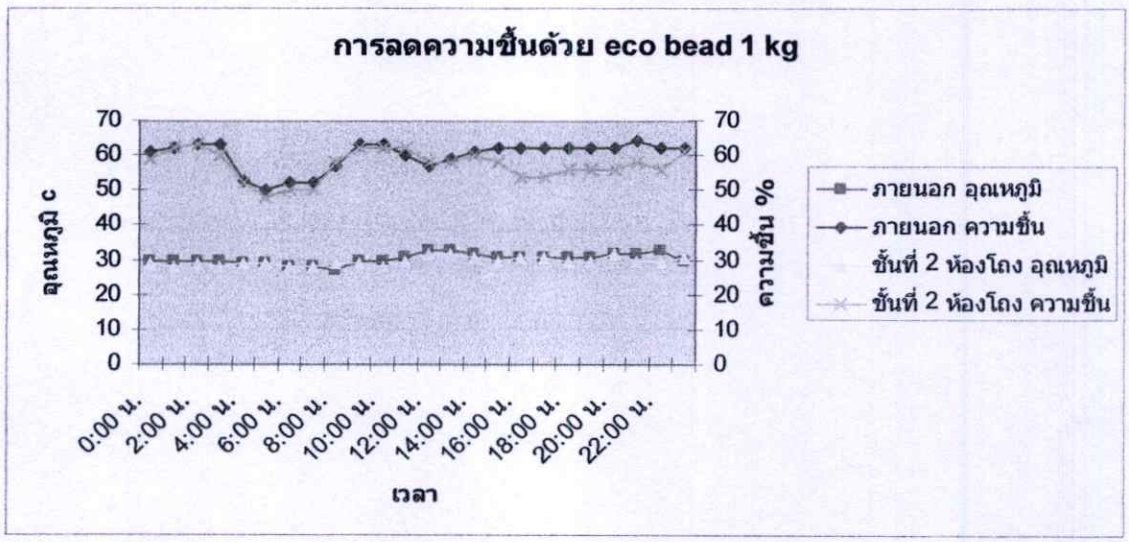
3.38%

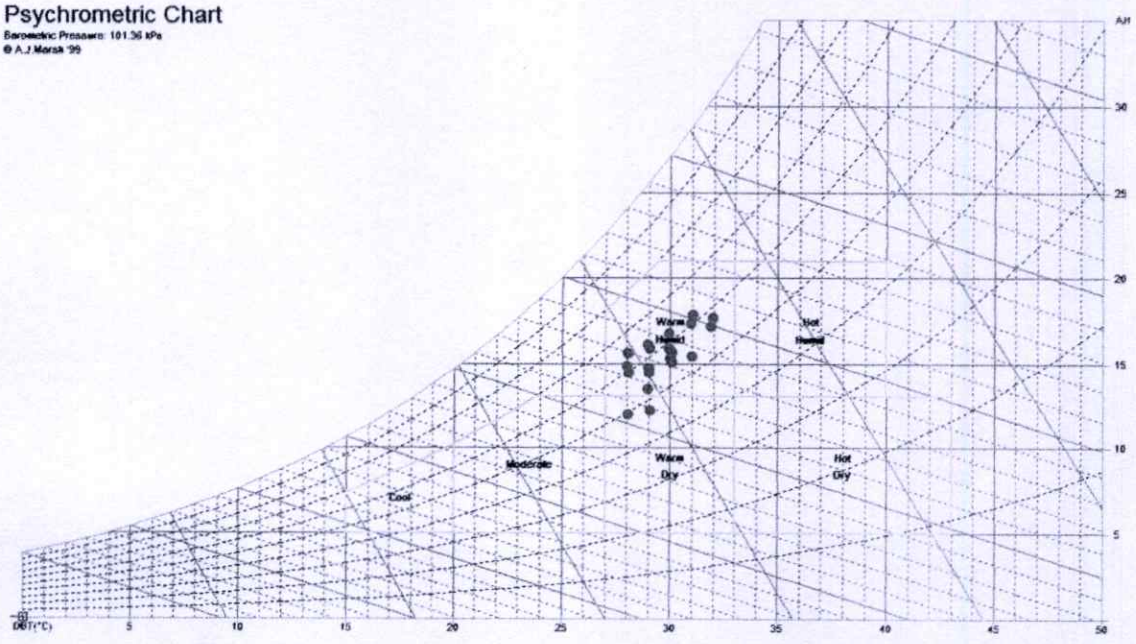
กราฟผลการทดลองชุดที่ 4 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 1 kg บริเวณชั้นที่ 2

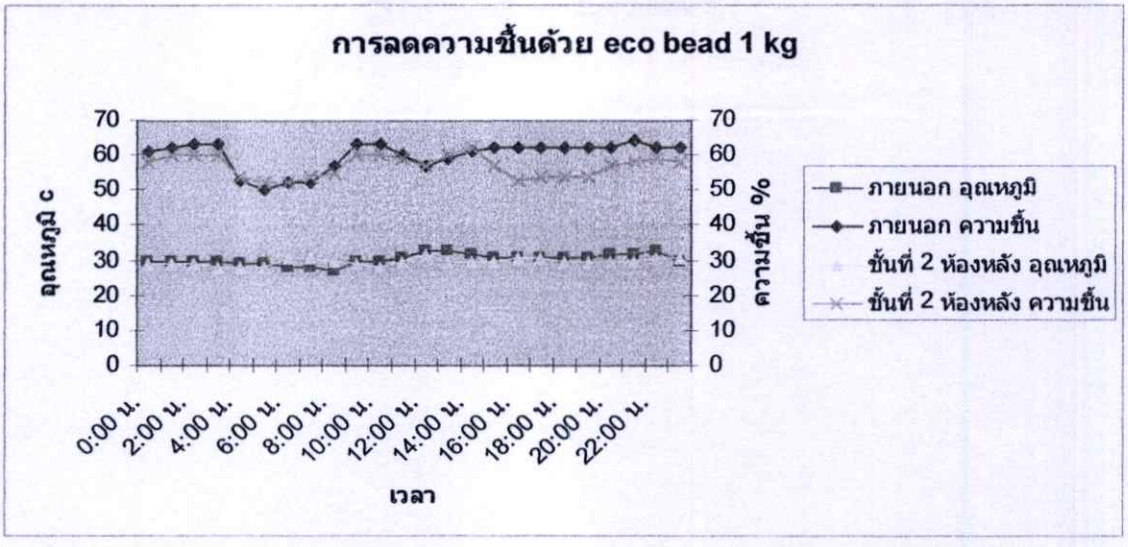
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 4 บริเวณชั้นที่ 2 พบว่ากราฟมีความชันค่อยๆลดลง ความชื้นลดลงมาก และลดลงเป็นช่วงๆคือลดลงเยอะในช่วงแรก แล้วเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แล้วจึงลดลงอีก เป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆ

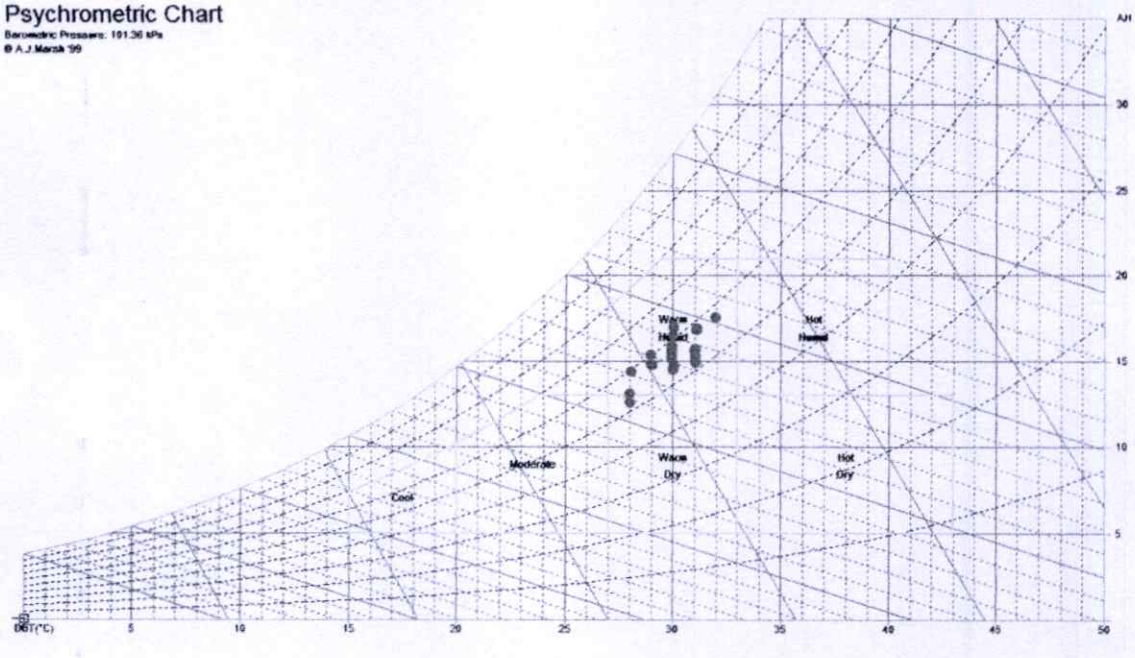



Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Warm Humid
Hot Humid
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Cool
DBT(°C)
AH


การลดความชื้นด้วย eco bead 1 kg
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 2 ห้องโถง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 2 ห้องโถง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Warm Humid
Hot Humid
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Cool
DBT(°C)
AH


การลดความชื้นด้วย eco bead 1 kg
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
70
60
50
40
30
20
10
0
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 2 ห้องหลัง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 2 ห้องหลัง ความชื้น


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Cool
Moderate
Warm
Dry
Hot
Dry
Warm
Humid
Hot
Humid
DBT(°C)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

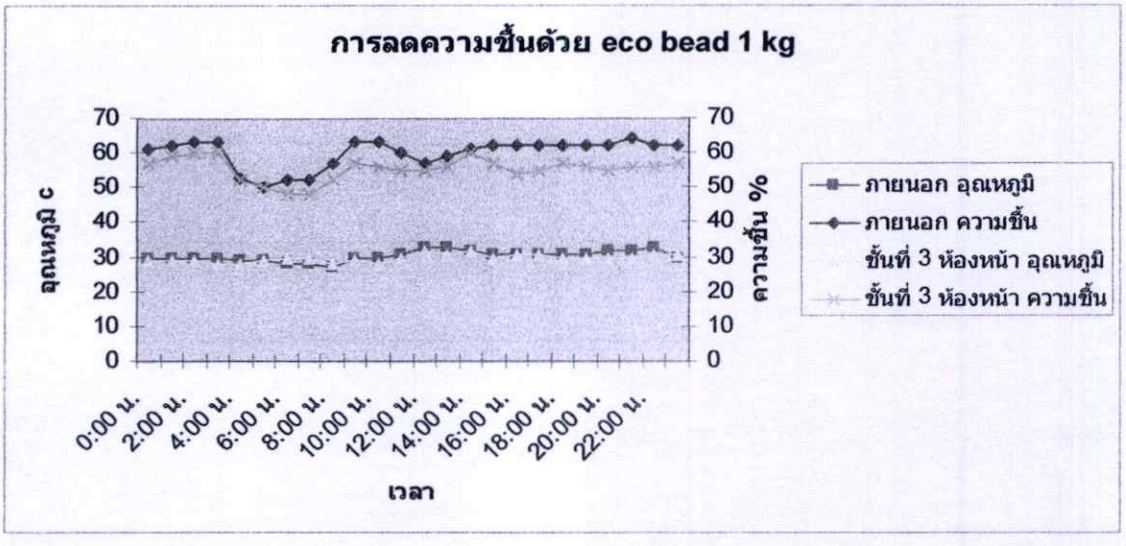
ตารางที่ 5.11 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 4 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 1 kg บริเวณชั้นที่ 2

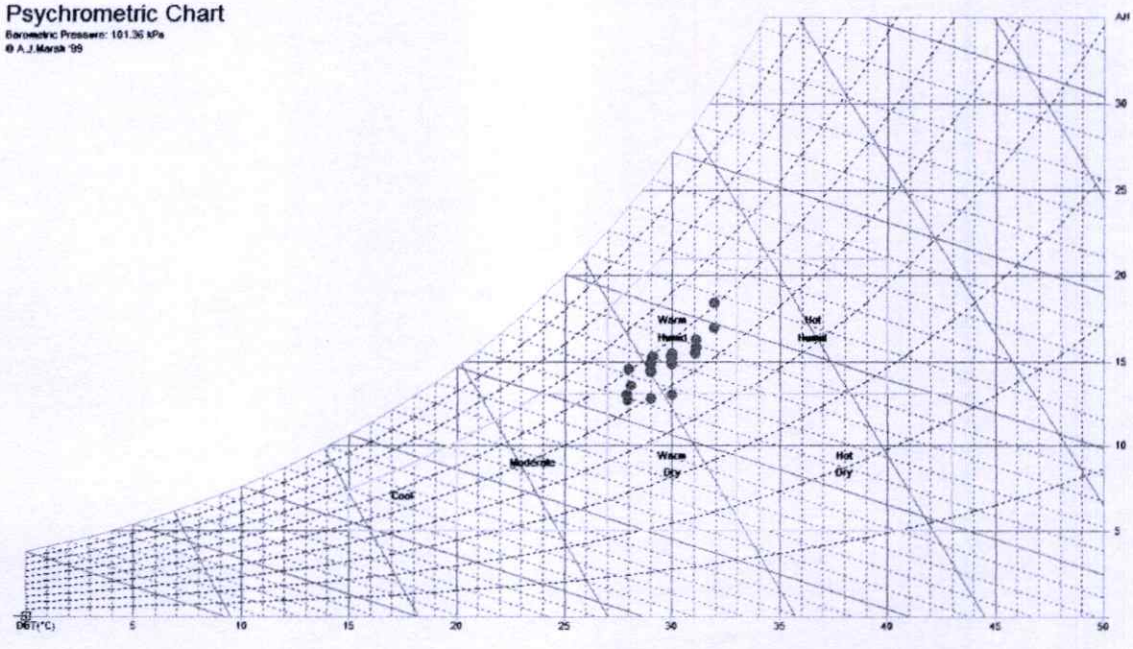
เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 2					
		ห้องพระ		โถงชั้นที่ 2		ห้องเก็บของ	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	61	58	3.00	59	2.00	58	3.00
1:00 น.	62	59	3.00	62	0.00	60	2.00
2:00 น.	63	59	4.00	63	0.00	60	3.00
3:00 น.	63	58	5.00	60	3.00	60	3.00
4:00 น.	53	52	1.00	52	1.00	54	-1.00
5:00 น.	50	46	4.00	48	2.00	52	-2.00
6:00 น.	52	48	4.00	50	2.00	52	0.00
7:00 น.	52	47	5.00	50	2.00	54	-2.00
8:00 น.	57	48	9.00	58	-1.00	55	2.00
9:00 น.	63	58	5.00	62	1.00	60	3.00
10:00 น.	63	57	6.00	62	1.00	60	3.00
11:00 น.	60	54	6.00	62	-2.00	59	1.00
12:00 น.	57	55	2.00	58	-1.00	57	0.00
13:00 น.	59	55	4.00	58	1.00	60	-1.00
14:00 น.	61	60	1.00	60	1.00	62	-1.00
15:00 น.	62	57	5.00	58	4.00	57	5.00
16:00 น.	62	53	9.00	54	8.00	53	9.00
17:00 น.	62	54	8.00	54	8.00	54	8.00
18:00 น.	62	54	8.00	56	6.00	54	8.00
19:00 น.	62	55	7.00	56	6.00	54	8.00
20:00 น.	62	56	6.00	56	6.00	57	5.00
21:00 น.	64	57	7.00	58	6.00	58	6.00
22:00 น.	62	57	5.00	56	6.00	59	3.00
23:00 น.	62	58	4.00	61	1.00	58	4.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			5.04		2.63		2.88

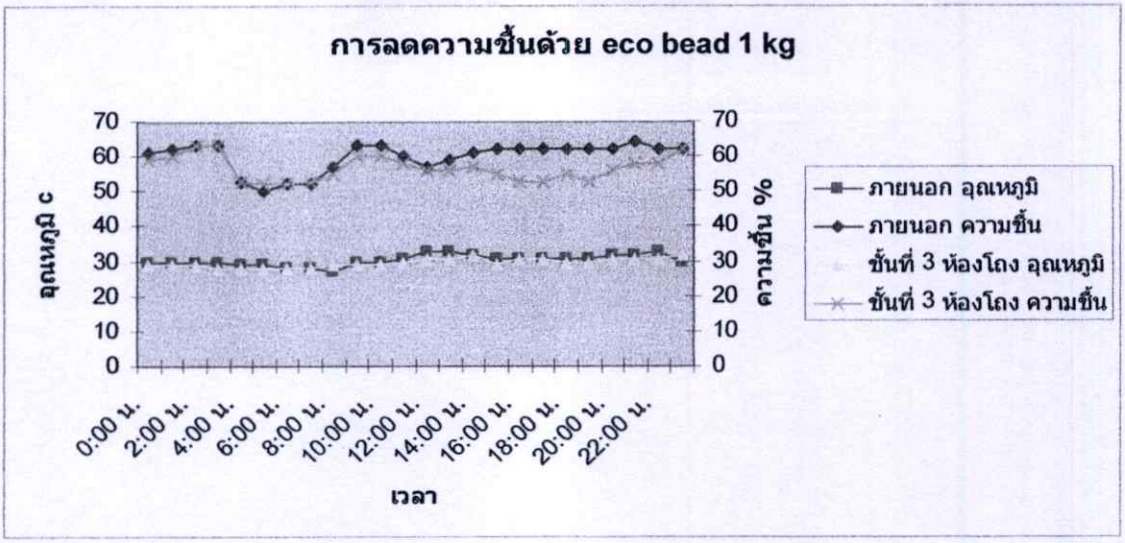
จากตารางที่ 5.11 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 2 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้นโดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 1 Kg. นั้น ความชื้นภายในลดลงจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องพระลดลง 5.04% โถงชั้นที่ 2 ลดลง 2.63% ห้องเก็บของลดลง 2.88%

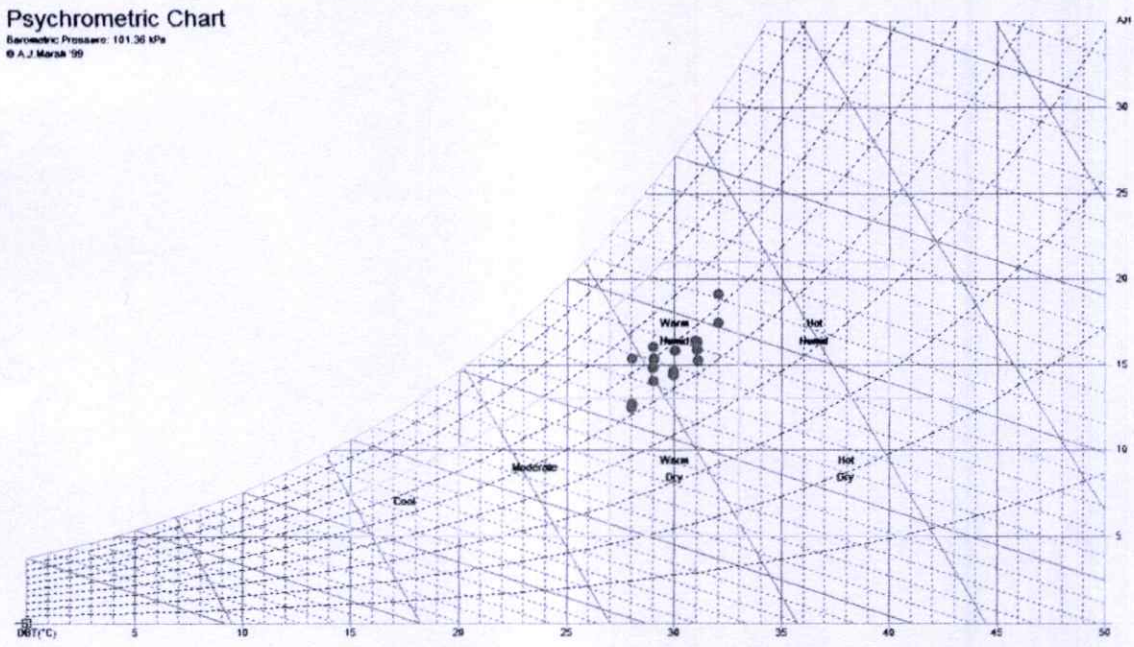
กราฟผลการทดลองชุดที่ 4 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 1 kg บริเวณชั้นที่ 3

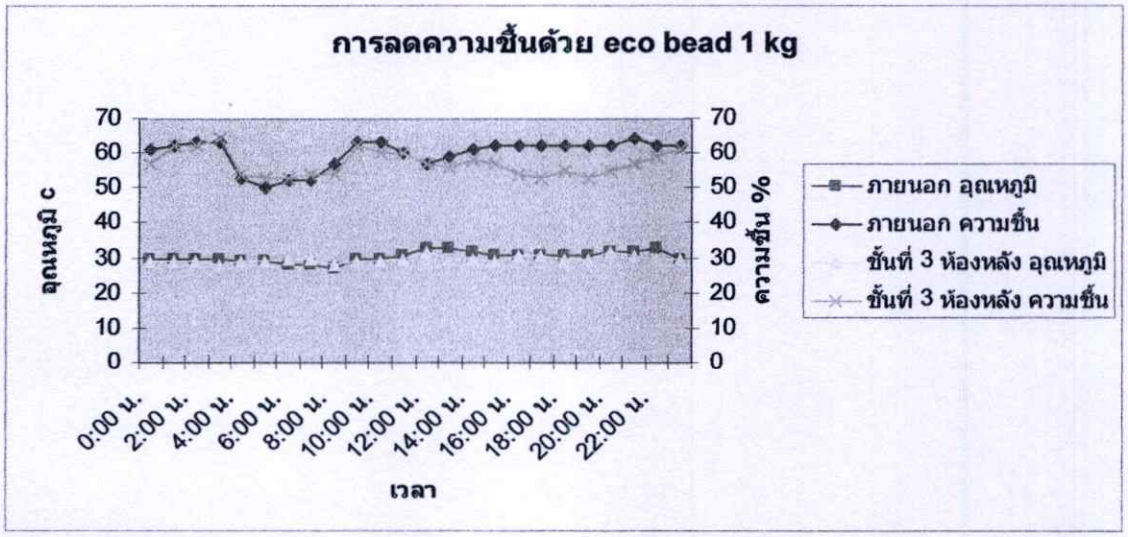
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 4 บริเวณชั้นที่ 3 พบว่ากราฟมีความชันลดลงเรื่อยๆจากความชื้นภายนอกแต่ค่ามีลักษณะใกล้เคียงกับการคงที่ในช่วงเวลา 10.00 – 24.00 อาจเป็นเพราะสารดูดความชื้นได้รับอิทธิพลความร้อนจากใต้หลังคามาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพ

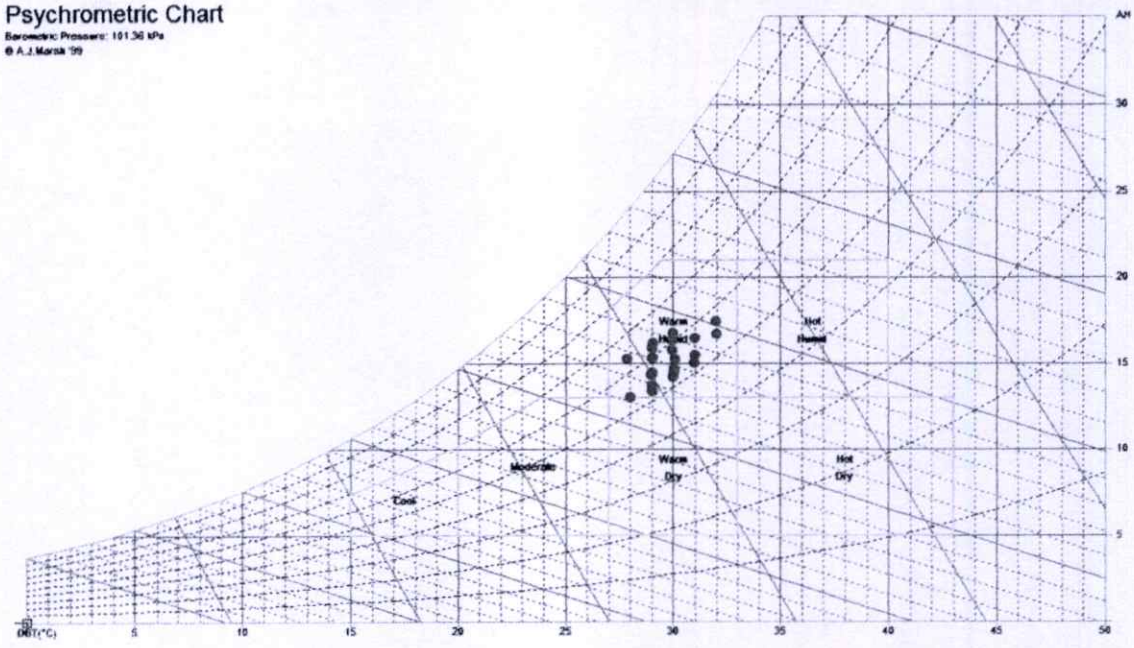





การลดความชื้นด้วย eco bead 1 kg
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 3 ห้องโถง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 3 ห้องโถง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Warm Humid
Hot Humid
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Cool
DBT(°C)


การลดความชื้นด้วย eco bead 1 kg
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 3 ห้องหลัง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 3 ห้องหลัง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Warm
Humid
Hot
Humid
Moderate
Warm
Dry
Hot
Dry
Cool
AH
30
25
20
15
10
5
DBT(°C)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

ตารางที่ 5.12 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 4 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 1 kg บริเวณชั้นที่ 3

เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 3					
		ห้องนอน		โถงชั้นที่ 3		ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	61	57	4.00	59	2.00	57	4.00
1:00 น.	62	59	3.00	60	2.00	62	0.00
2:00 น.	63	60	3.00	63	0.00	62	1.00
3:00 น.	63	60	3.00	63	0.00	64	-1.00
4:00 น.	53	52	1.00	53	0.00	54	-1.00
5:00 น.	50	50	0.00	52	-2.00	53	-3.00
6:00 น.	52	48	4.00	52	0.00	53	-1.00
7:00 น.	52	48	4.00	53	-1.00	54	-2.00
8:00 น.	57	52	5.00	55	2.00	54	3.00
9:00 น.	63	57	6.00	60	3.00	62	1.00
10:00 น.	63	56	7.00	60	3.00	60	3.00
11:00 น.	60	55	5.00	58	2.00	60	0.00
12:00 น.	57	55	2.00	56	1.00	57	0.00
13:00 น.	59	56	3.00	56	3.00	56	3.00
14:00 น.	61	60	1.00	57	4.00	58	3.00
15:00 น.	62	57	5.00	55	7.00	57	5.00
16:00 น.	62	54	8.00	53	9.00	54	8.00
17:00 น.	62	55	7.00	53	9.00	53	9.00
18:00 น.	62	57	5.00	55	7.00	55	7.00
19:00 น.	62	56	6.00	53	9.00	53	9.00
20:00 น.	62	55	7.00	56	6.00	55	7.00
21:00 น.	64	56	8.00	58	6.00	57	7.00
22:00 น.	62	56	6.00	58	4.00	59	3.00
23:00 น.	62	57	5.00	62	0.00	61	1.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			4.50		3.17		2.75

จากตารางที่ 5.12 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 3 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้นโดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 1 Kg. นั้น ความชื้นภายในได้ลดลงจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องนอนลดลง 4.50% โถงชั้นที่ 3 ลดลง 3.17% ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าเพิ่มขึ้น 2.75%

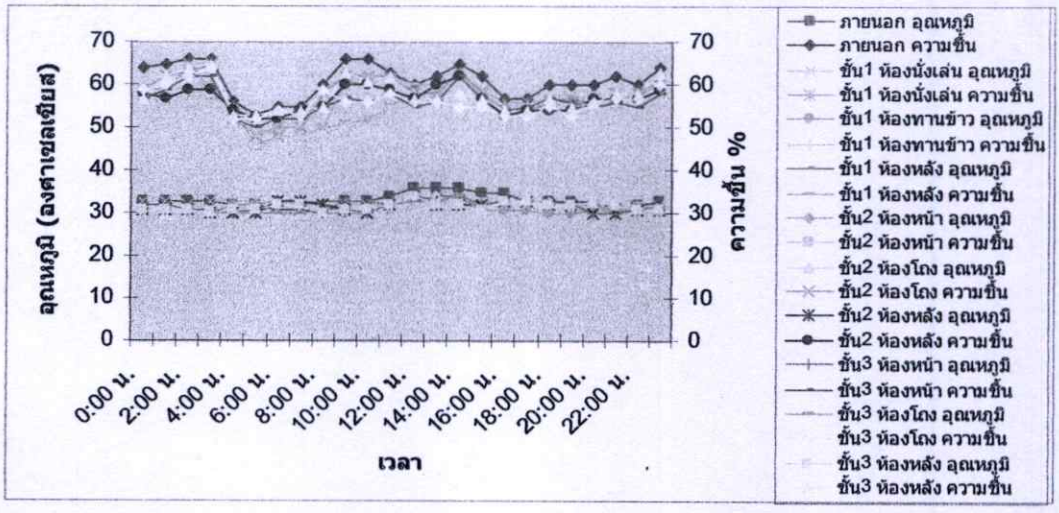
จากผลการวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิได้นำมากำหนดลงใน Psychometic Chart ดังแสดงในภาพทำให้ทราบว่าไม่มีค่าอุณหภูมิอยู่ในขอบเขตสบายเลยแต่จะอยู่นอกเขตสบายทั้งหมด ดังนั้นการใช้วิธีการลดความชื้นด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 1 kg. ก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้มีความสบายเพิ่มขึ้น

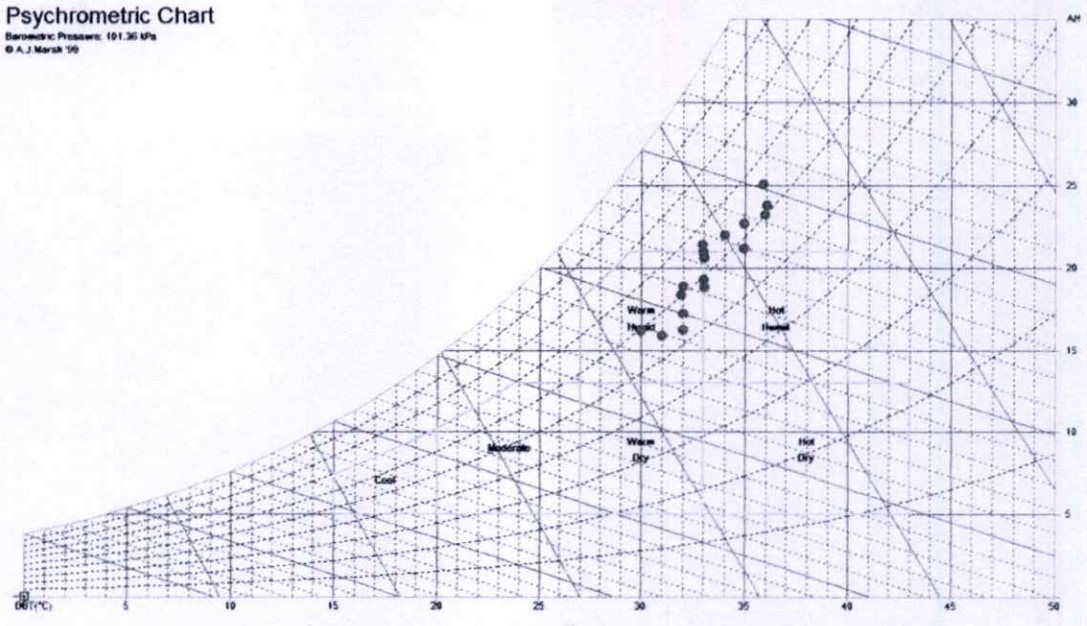
5.5 ผลการทดลองชุดที่ 5 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 2 kg.

วัตถุประสงค์ เพื่อหาประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในบ้านแถว ด้วยการใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 2 kg. และยังใช้ข้อมูลที่ได้มาเป็นตัวเปรียบเทียบกับการทดลองอื่นเพื่อหาการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

วันที่ทำการทดสอบ วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 ในช่วงเวลา 24.00 – 23.00 น.

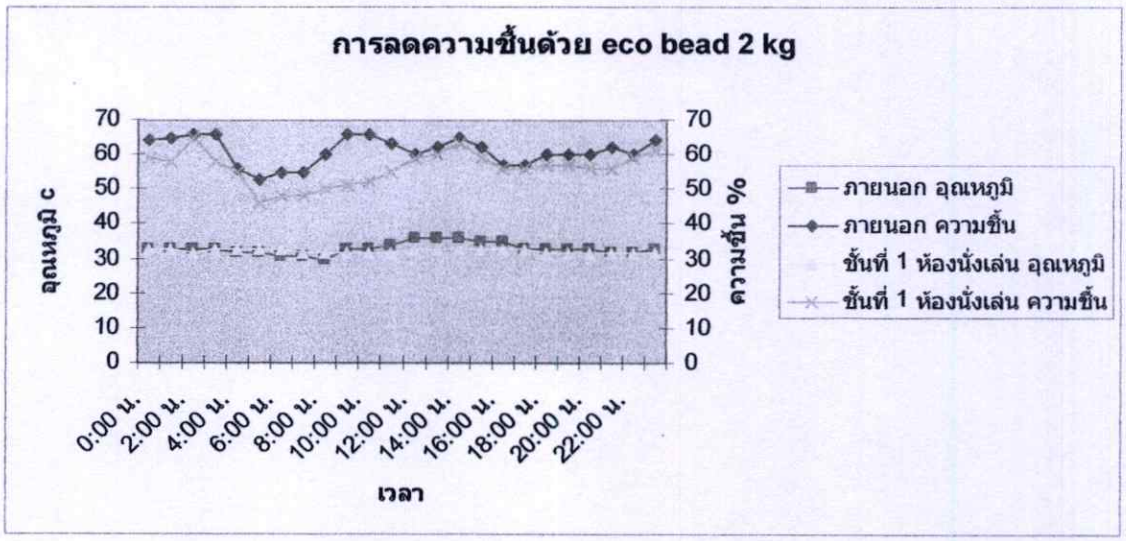
กราฟแสดงค่า Db, Rh ภายนอกและภายในชุดทดลองที่ 5 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 2 kg.

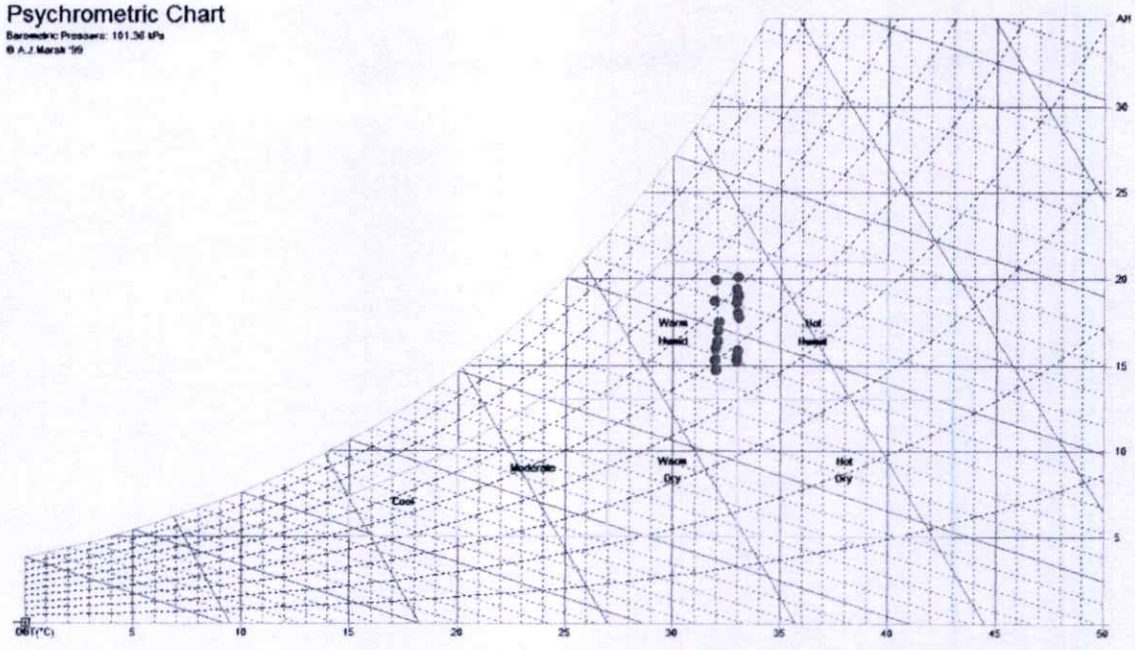


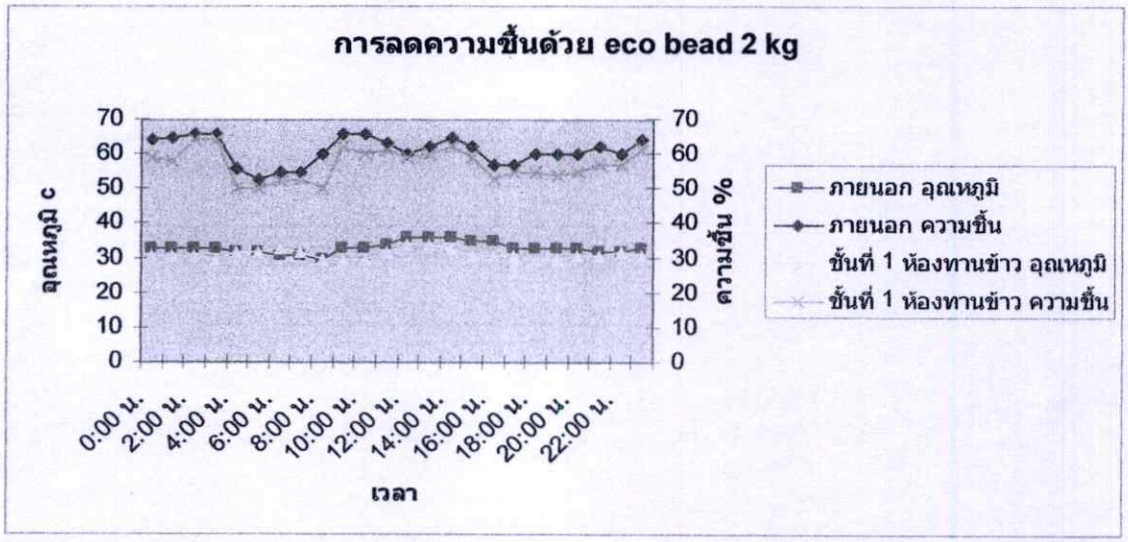


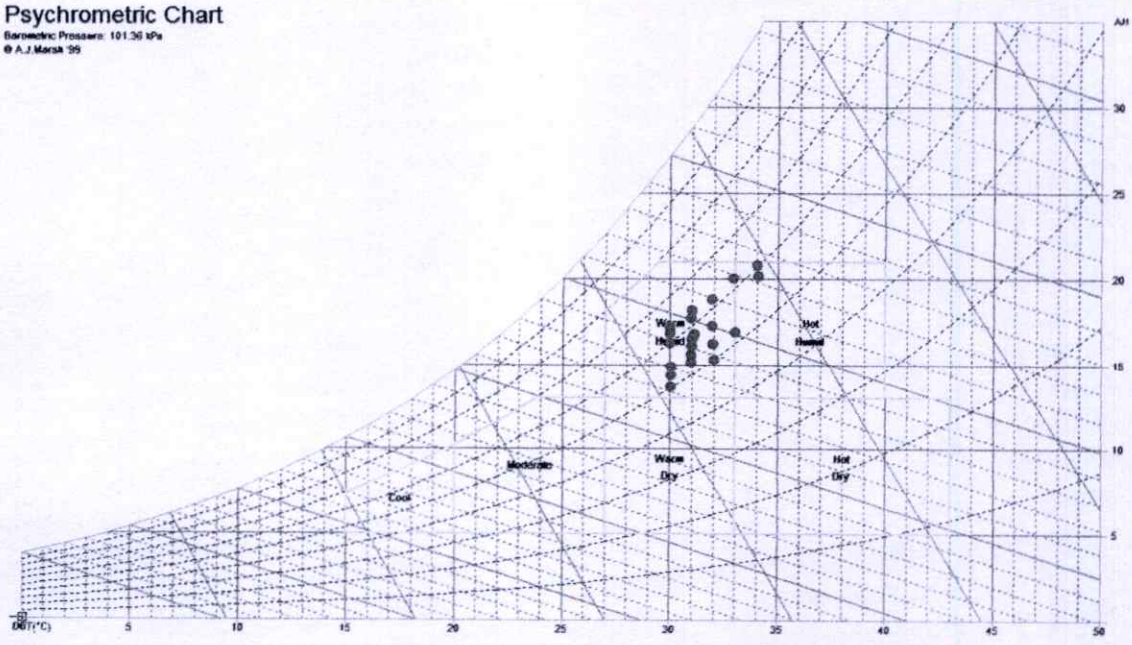
กราฟผลการทดลองชุดที่ 5 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 2 kg บริเวณชั้นที่ 1

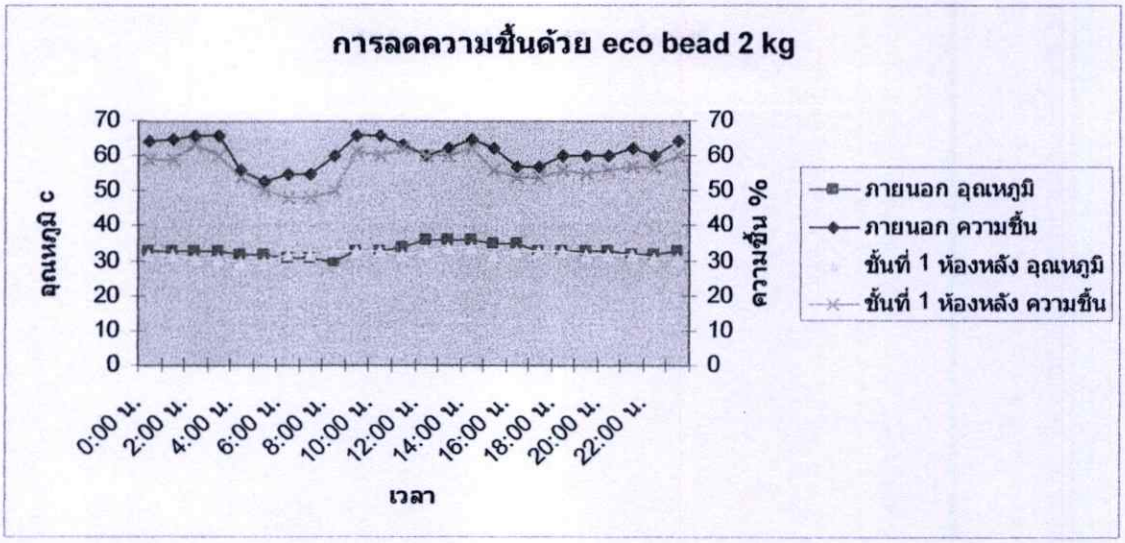
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 5 บริเวณชั้นที่ 1 พบว่ากราฟมีความชันมากในช่วงเริ่มต้น คือ 2.00 – 5.00 น. โดยประมาณ หลังจากนั้นความชื้นในอากาศจะค่อยๆเพิ่มขึ้นและเริ่มที่จะคงที่ แต่ถ้าเทียบกับความชื้นภายนอกแล้วถือว่าลดลงได้เยอะพอสมควร

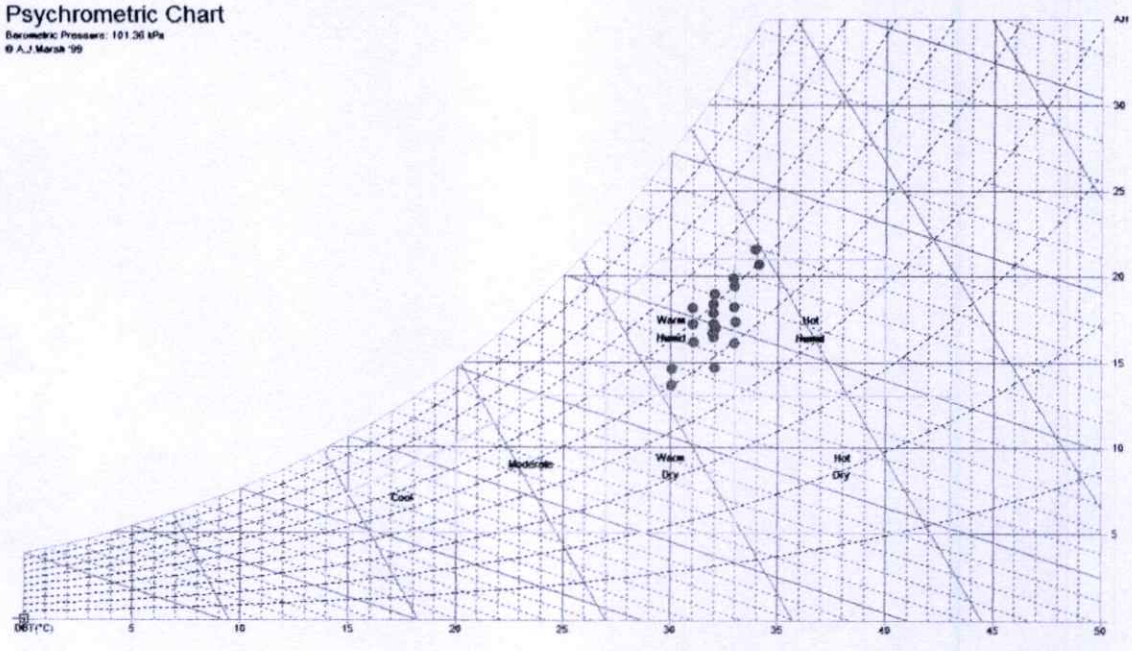



Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Warm Humid
Hot Humid
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Cool
DBT(°C)


การลดความชื้นด้วย eco bead 2 kg
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 1 ห้องทานข้าว อุณหภูมิ
ชั้นที่ 1 ห้องทานข้าว ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Warm Humid
Hot Humid
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Cool
DBT(°C)


การลดความชื้นด้วย eco bead 2 kg
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
70
60
50
40
30
20
10
0
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 1 ห้องหลัง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 1 ห้องหลัง ความชื้น


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
Warm Humid
Hot Humid
Cool
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
DBT(°C)

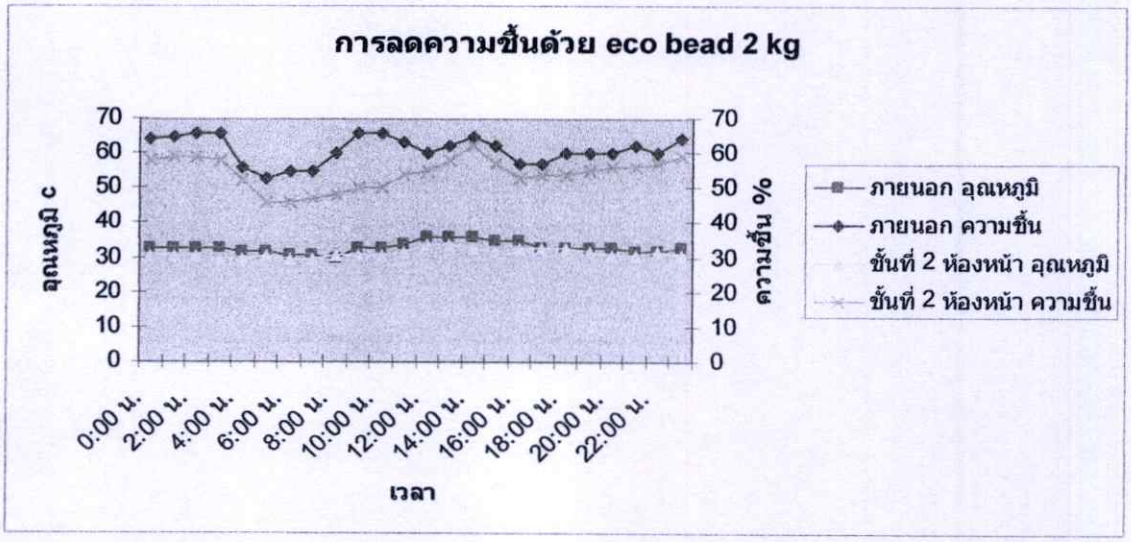
ตารางที่ 5.13 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 5 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 2 kg บริเวณชั้นที่ 1

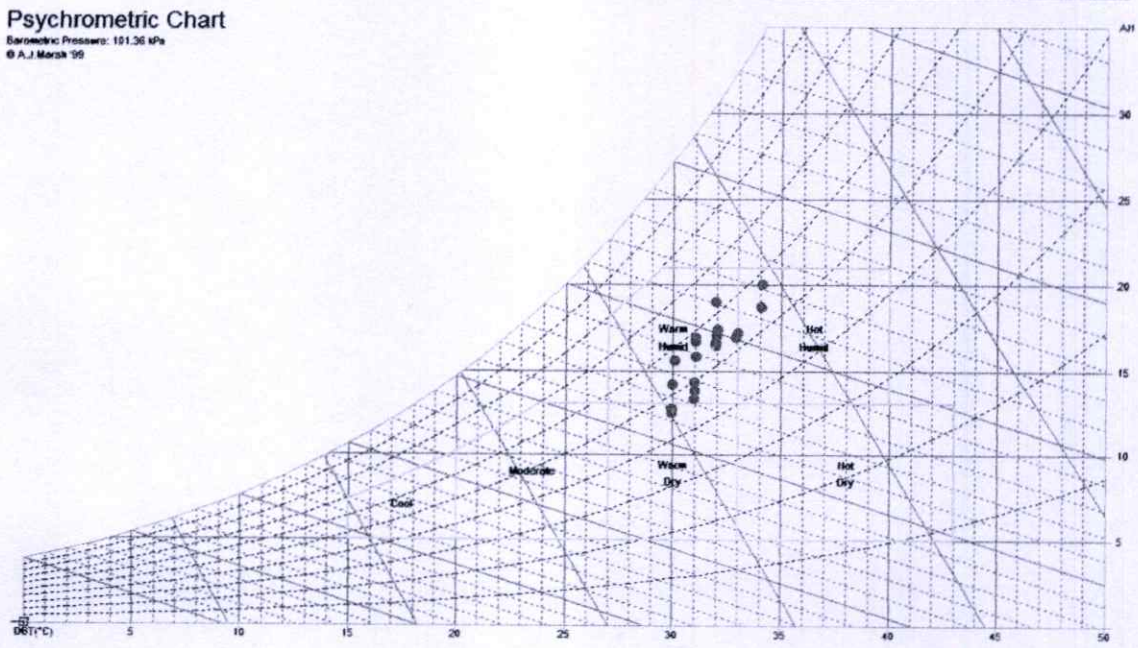
เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 1					
		ห้องนั่งเล่น		ห้องทานข้าว		ห้องครัว	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	64	59	5.00	59	5.00	59	5.00
1:00 น.	65	58	7.00	58	7.00	59	6.00
2:00 น.	66	65	1.00	64	2.00	63	3.00
3:00 น.	66	58	8.00	64	2.00	60	6.00
4:00 น.	56	55	1.00	50	6.00	54	2.00
5:00 น.	53	46	7.00	50	3.00	50	3.00
6:00 น.	55	48	7.00	52	3.00	48	7.00
7:00 น.	55	48	7.00	53	2.00	48	7.00
8:00 น.	60	50	10.00	50	10.00	50	10.00
9:00 น.	66	51	15.00	62	4.00	61	5.00
10:00 น.	66	52	14.00	60	6.00	60	6.00
11:00 น.	63	55	8.00	61	2.00	62	1.00
12:00 น.	60	59	1.00	59	1.00	60	0.00
13:00 น.	62	60	2.00	60	2.00	60	2.00
14:00 น.	65	63	2.00	62	3.00	62	3.00
15:00 น.	62	59	3.00	59	3.00	56	6.00
16:00 น.	57	56	1.00	53	4.00	54	3.00
17:00 น.	57	56	1.00	55	2.00	54	3.00
18:00 น.	60	57	3.00	55	5.00	56	4.00
19:00 น.	60	57	3.00	54	6.00	55	5.00
20:00 น.	60	56	4.00	55	5.00	56	4.00
21:00 น.	62	56	6.00	57	5.00	57	5.00
22:00 น.	60	59	1.00	57	3.00	57	3.00
23:00 น.	64	61	3.00	61	3.00	60	4.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			5.00		3.92		4.29

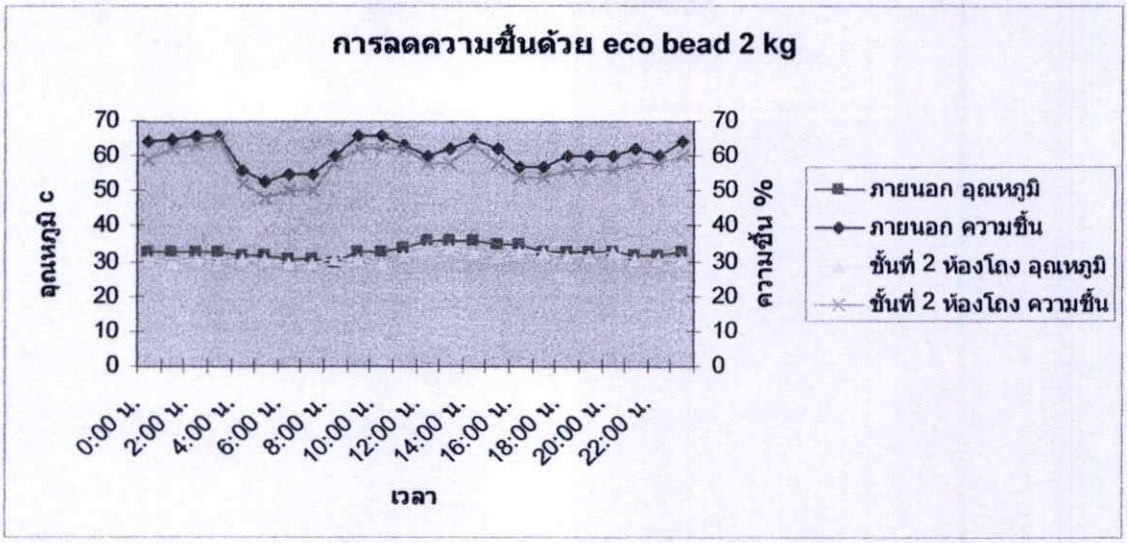
จากตารางที่ 5.13 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 1 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้นโดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 2 Kg. นั้น ความชื้นภายในลดลงจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องนั่งเล่นลดลง 5.00% ห้องรับประทานอาหารลดลง 3.92% ห้องครัวลดลง 4.29%

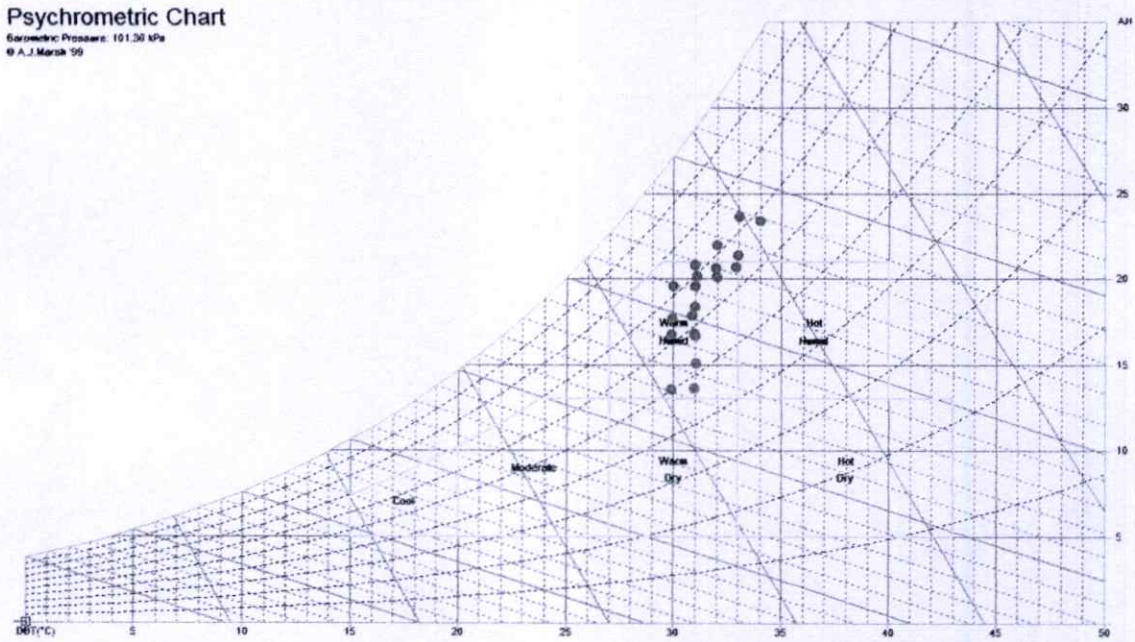
กราฟผลการทดลองชุดที่ 5 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 2 kg บริเวณชั้นที่ 2

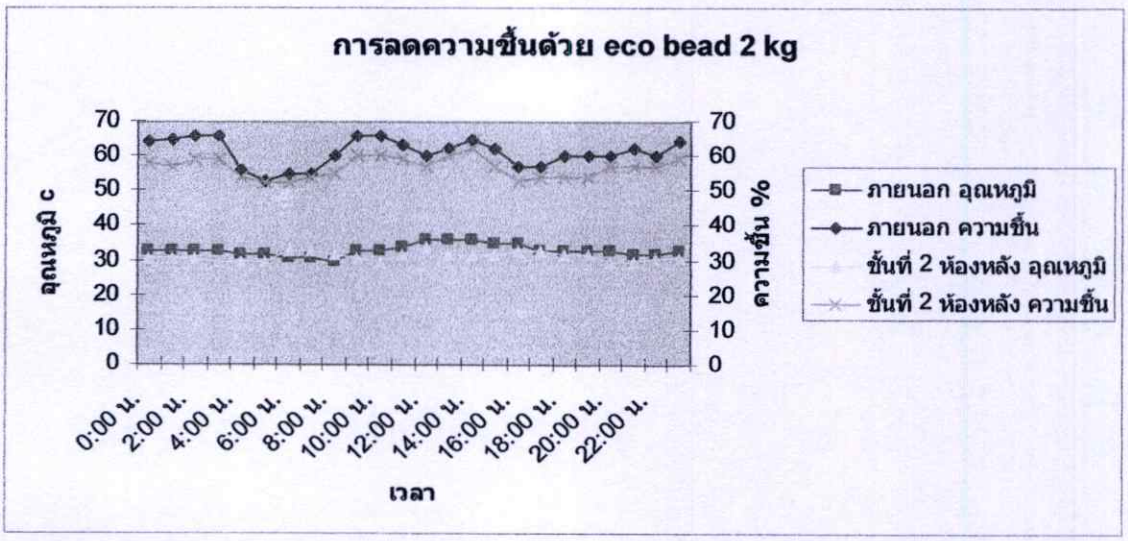
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 5 บริเวณชั้นที่ 2 พบว่ากราฟมีความชันมากซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของสารดูดความชื้น จะเห็นได้ว่าความชื้นลดลงมากกว่าความชื้นภายนอกทุกช่วงเวลาและค่อนข้างมาก และอยู่ในสัดส่วนค่อนข้างที่จะคงที่

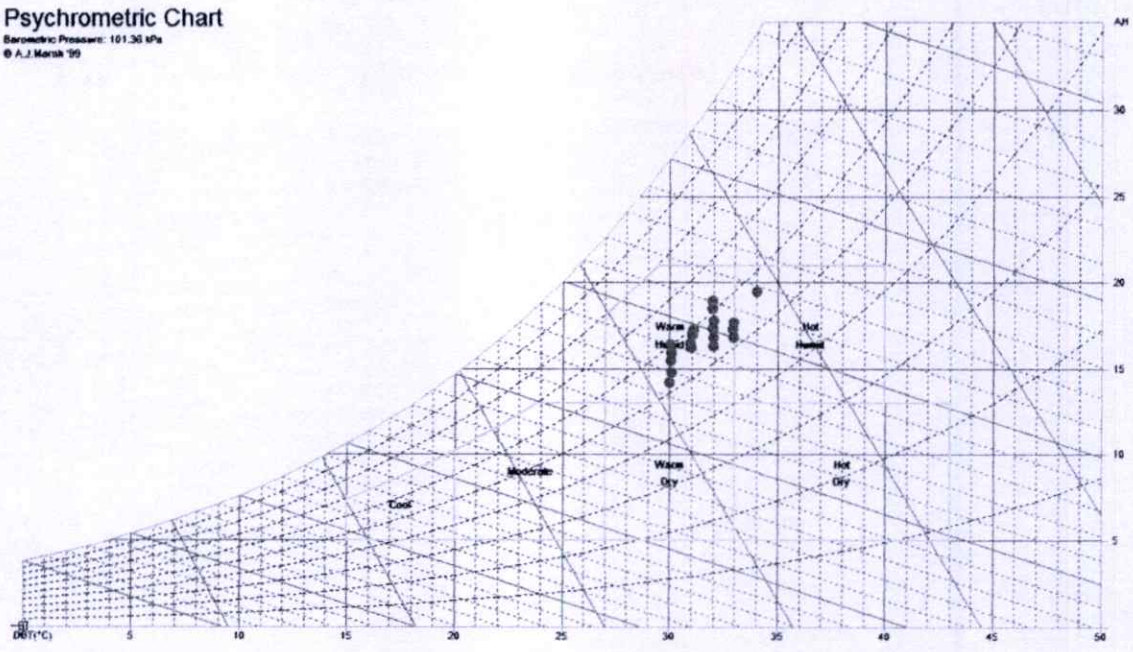





การลดความชื้นด้วย eco bead 2 kg
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 2 ห้องโถง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 2 ห้องโถง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.30 kPa
© A.J.Marsh '99
Cool
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Warm Humid
Hot Humid
DBT(°C)


การลดความชื้นด้วย eco bead 2 kg
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 2 ห้องหลัง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 2 ห้องหลัง ความชื้น
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J.Marsh '99
AH
30
25
20
15
10
5
Warm
Humid
Hot
Humid
Cool
Moderate
Warm
Dry
Hot
Dry
DB(T)(°C)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

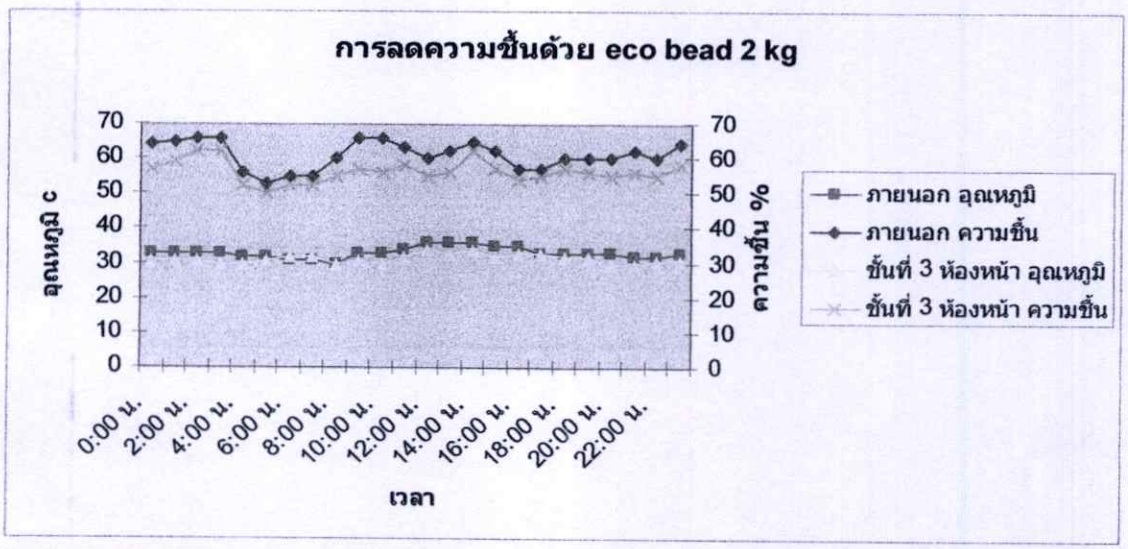
ตารางที่ 5.14 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 5 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 2 kg บริเวณชั้นที่ 2

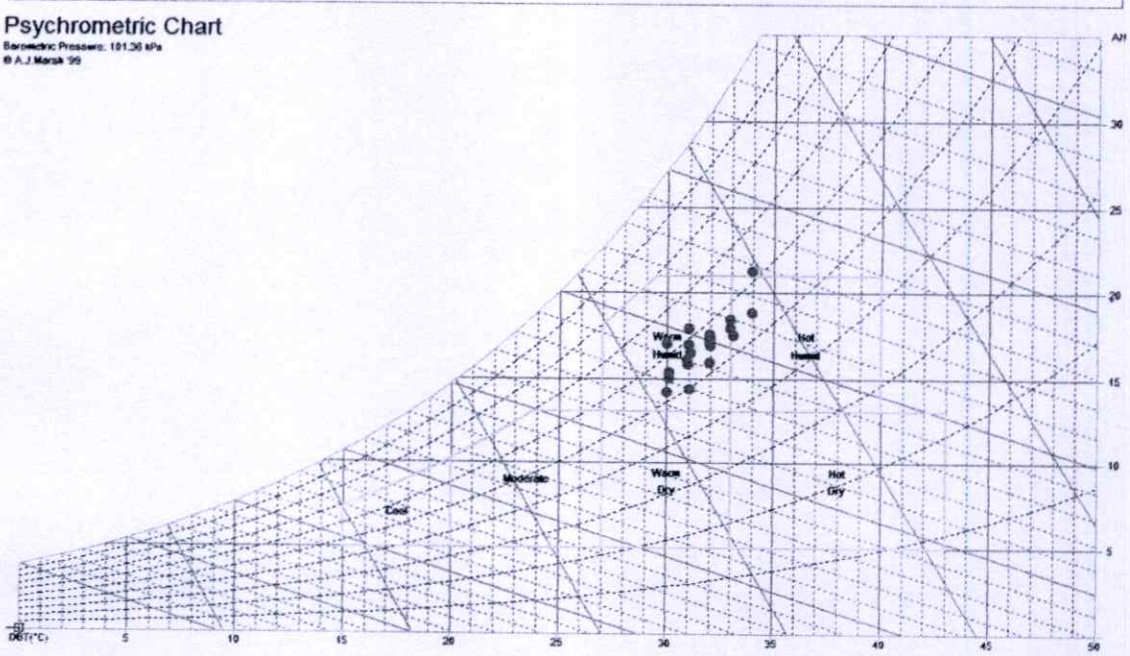
เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 2					
		ห้องพระ		โถงชั้นที่ 2		ห้องเก็บของ	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	64	58	6.00	59	5.00	58	6.00
1:00 น.	65	59	6.00	62	3.00	57	8.00
2:00 น.	66	59	7.00	63	3.00	59	7.00
3:00 น.	66	58	8.00	65	1.00	59	7.00
4:00 น.	56	52	4.00	52	4.00	54	2.00
5:00 น.	53	46	7.00	48	5.00	52	1.00
6:00 น.	55	46	9.00	50	5.00	52	3.00
7:00 น.	55	47	8.00	50	5.00	54	1.00
8:00 น.	60	48	12.00	58	2.00	55	5.00
9:00 น.	66	50	16.00	62	4.00	60	6.00
10:00 น.	66	50	16.00	62	4.00	60	6.00
11:00 น.	63	54	9.00	62	1.00	59	4.00
12:00 น.	60	55	5.00	58	2.00	57	3.00
13:00 น.	62	58	4.00	58	4.00	60	2.00
14:00 น.	65	62	3.00	63	2.00	62	3.00
15:00 น.	62	57	5.00	58	4.00	57	5.00
16:00 น.	57	53	4.00	54	3.00	53	4.00
17:00 น.	57	54	3.00	54	3.00	54	3.00
18:00 น.	60	54	6.00	56	4.00	54	6.00
19:00 น.	60	55	5.00	56	4.00	54	6.00
20:00 น.	60	56	4.00	56	4.00	57	3.00
21:00 น.	62	56	6.00	58	4.00	57	5.00
22:00 น.	60	57	3.00	58	2.00	57	3.00
23:00 น.	64	59	5.00	60	4.00	59	5.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			6.71		3.42		4.33

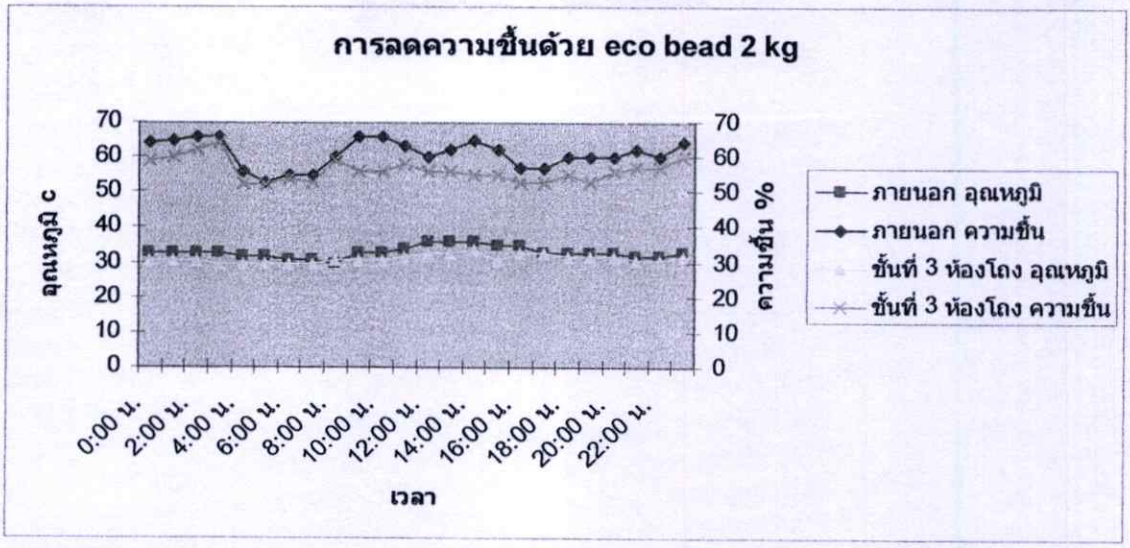
จากตารางที่ 5.14 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 2 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้นโดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 2 Kg. นั้น ความชื้นภายในลดลงจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องพระลดลง 6.71% โถงชั้นที่ 2 ลดลง 3.42% ห้องเก็บของลดลง 4.33%

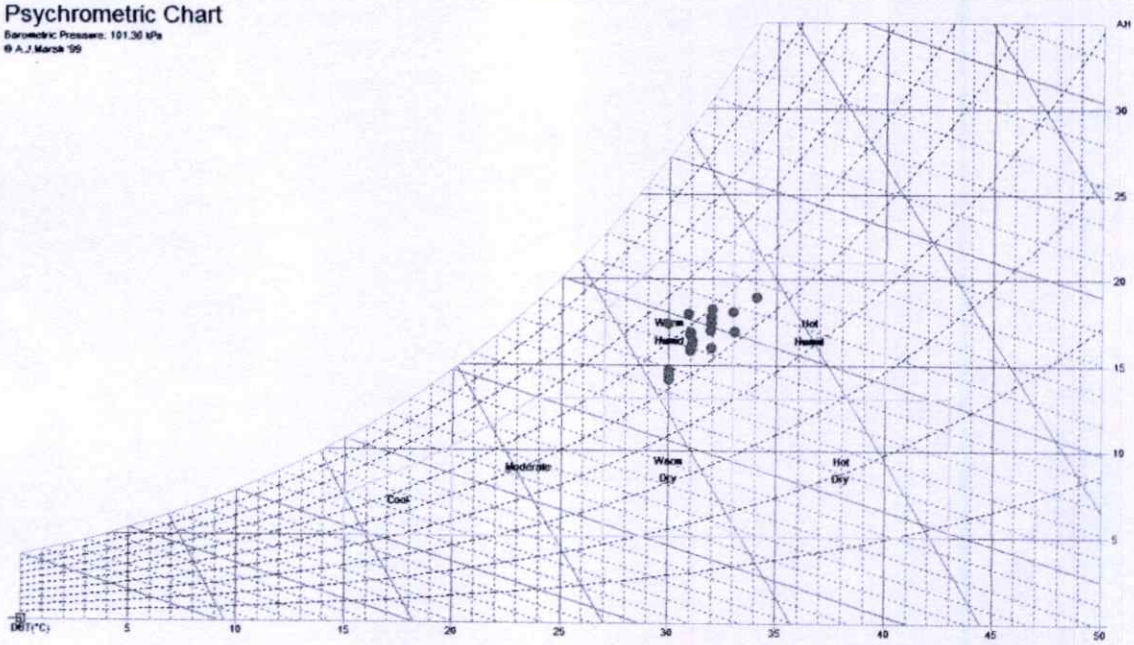
กราฟผลการทดลองชุดที่ 5 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 2 kg บริเวณชั้นที่ 3

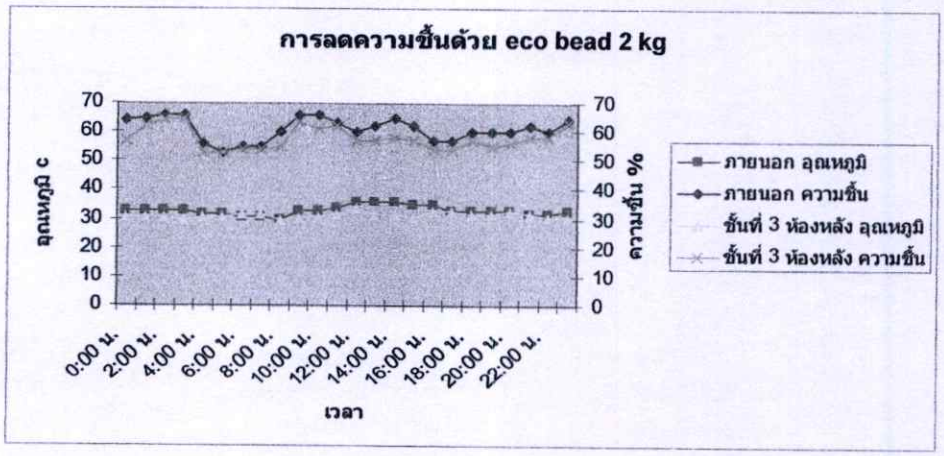
ลักษณะของกราฟของการทดลองชุดที่ 5 บริเวณชั้นที่ 3 พบว่ากราฟมีความชันค่อนข้างคงที่ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของสารดูดความชื้น จะเห็นได้ว่าความชื้นลดลงมากกว่าความชื้นภายนอกทุกช่วงเวลาและค่อนข้างมาก และอยู่ในสัดส่วนค่อนข้างที่จะคงที่

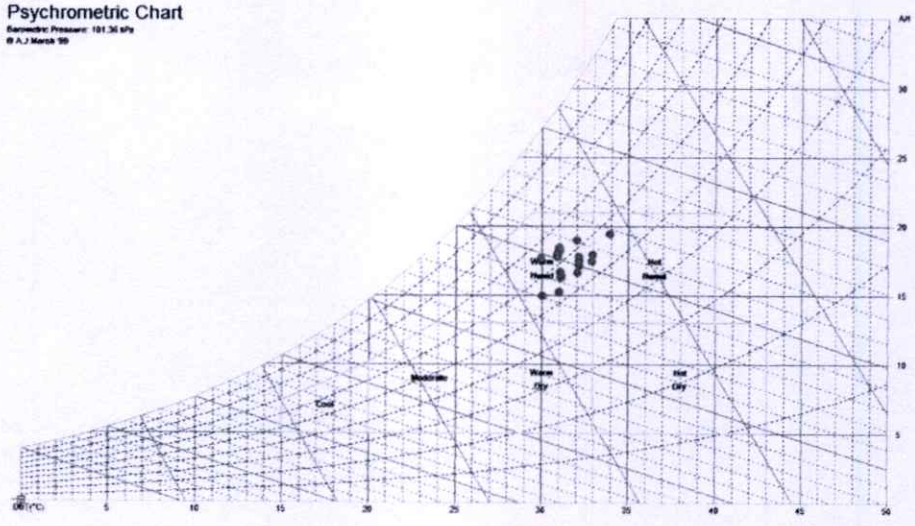





การลดความชื้นด้วย eco bead 2 kg
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
0
10
20
30
40
50
60
70
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 3 ห้องโถง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 3 ห้องโถง ความชื้น


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.30 kPa
© A.J.Marsh '99
Cool
Moderate
Warm Dry
Hot Dry
Warm Humid
Hot Humid
DBT(°C)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50


การลดความชื้นด้วย eco bead 2 kg
อุณหภูมิ c
ความชื้น %
0
10
20
30
40
50
60
70
0:00 น.
2:00 น.
4:00 น.
6:00 น.
8:00 น.
10:00 น.
12:00 น.
14:00 น.
16:00 น.
18:00 น.
20:00 น.
22:00 น.
เวลา
ภายนอก อุณหภูมิ
ภายนอก ความชื้น
ชั้นที่ 3 ห้องหลัง อุณหภูมิ
ชั้นที่ 3 ห้องหลัง ความชื้น


Psychrometric Chart
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© A.J Marsh '99
Cool
Moderate
Warm
Dry
Hot
Dry
Hot
Humid
DB (°C)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
5
10
15
20
25
30

ตารางที่ 5.15 แสดงค่าผลต่างระหว่างความชื้นภายในต่อความชื้นภายนอก จากผลการทดลองชุดที่ 5 การใช้สารดูดความชื้น ECO BEAD 2 kg บริเวณชั้นที่ 3

เวลา	ภายนอก	บริเวณชั้นที่ 3					
		ห้องนอน		โถงชั้นที่ 3		ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า	
	ค่าความชื้น (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)	ค่าความชื้น (%)	ผลต่างความชื้น/ชั่วโมง (%)
0:00 น.	64	57	7.00	59	5.00	57	7.00
1:00 น.	65	59	6.00	60	5.00	62	3.00
2:00 น.	66	62	4.00	62	4.00	64	2.00
3:00 น.	66	62	4.00	64	2.00	65	1.00
4:00 น.	56	52	4.00	52	4.00	53	3.00
5:00 น.	53	50	3.00	52	1.00	53	0.00
6:00 น.	55	52	3.00	54	1.00	54	1.00
7:00 น.	55	52	3.00	53	2.00	54	1.00
8:00 น.	60	55	5.00	59	1.00	55	5.00
9:00 น.	66	57	9.00	56	10.00	63	3.00
10:00 น.	66	56	10.00	56	10.00	61	5.00
11:00 น.	63	58	5.00	58	5.00	62	1.00
12:00 น.	60	55	5.00	56	4.00	57	3.00
13:00 น.	62	56	6.00	56	6.00	57	5.00
14:00 น.	65	62	3.00	55	10.00	58	7.00
15:00 น.	62	57	5.00	55	7.00	57	5.00
16:00 น.	57	54	3.00	53	4.00	54	3.00
17:00 น.	57	55	2.00	53	4.00	54	3.00
18:00 น.	60	57	3.00	55	5.00	57	3.00
19:00 น.	60	56	4.00	53	7.00	55	5.00
20:00 น.	60	55	5.00	56	4.00	56	4.00
21:00 น.	62	56	6.00	57	5.00	58	4.00
22:00 น.	60	55	5.00	57	3.00	58	2.00
23:00 น.	64	58	6.00	60	4.00	63	1.00
ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอก - ความชื้นภายใน (%)			4.83		4.71		3.21

จากตารางที่ 5.15 ได้นำเอาค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละห้องที่บริเวณชั้นที่ 3 มาทำการลบกับค่าความชื้นภายนอกเพื่อหาผลต่างหรือศักยภาพในการลดความชื้นโดยคิดเป็นต่อชั่วโมง เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของความชื้น (%) และจากค่าที่ได้ดังกล่าวแสดงว่าในการทดลองด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 2 Kg. นั้น ความชื้นภายในได้ลดลงจากความชื้นภายนอก ดังนี้ ห้องนอนลดลง 4.83% โถงชั้นที่ 3 ลดลง 4.71% ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าเพิ่มขึ้น 3.21%

จากผลการวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิได้นำมากำหนดลงใน Psychometic Chart ดังแสดงในภาพทำให้ทราบว่าไม่มีค่าอุณหภูมิอยู่ในขอบเขตสบายเลยแต่จะอยู่นอกเขตสบายทั้งหมด ดังนั้นการใช้วิธีการลดความชื้นด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 2 kg. ก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้มีความสบายเพิ่มขึ้น

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 เกณฑ์ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองโดยใช้การเปรียบเทียบค่าผลต่างของการลดความชื้นจากผลการทดลองในบทที่ 5 มาทำการเปรียบเทียบ

1. ใช้การเปรียบเทียบของผลต่างความชื้นโดยนำค่าแต่ละผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกแล้วดูว่าการทดลองแบบใดมีประสิทธิภาพในการลดความชื้นมากที่สุด

2. นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบในแต่ละช่วงเวลาที่มีการใช้งานภายในห้องนั้นเพื่อมาเปรียบเทียบว่าในขณะที่มีการใช้งานภายในห้อง แต่ละการทดลองมีความสามารถในการลดความชื้นได้ดีแค่ไหน

6.2 สรุปผลการทดลอง

การทดลองได้แบ่งบริเวณในการทดลองออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ คือ แบ่งตามชั้นพักอาศัยโดยการทดลองจะนำเอาอากาศภายนอกมาใช้ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพของการลดความชื้นด้วยวิธีต่างๆ และพบว่าอุณหภูมิภายนอกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นภายในเช่นกัน พบว่าในช่วงเวลา

24:00 - 6:00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 20 - 33^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 50 -68%

7:00 - 12:00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 20 - 36^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 37 - 68%

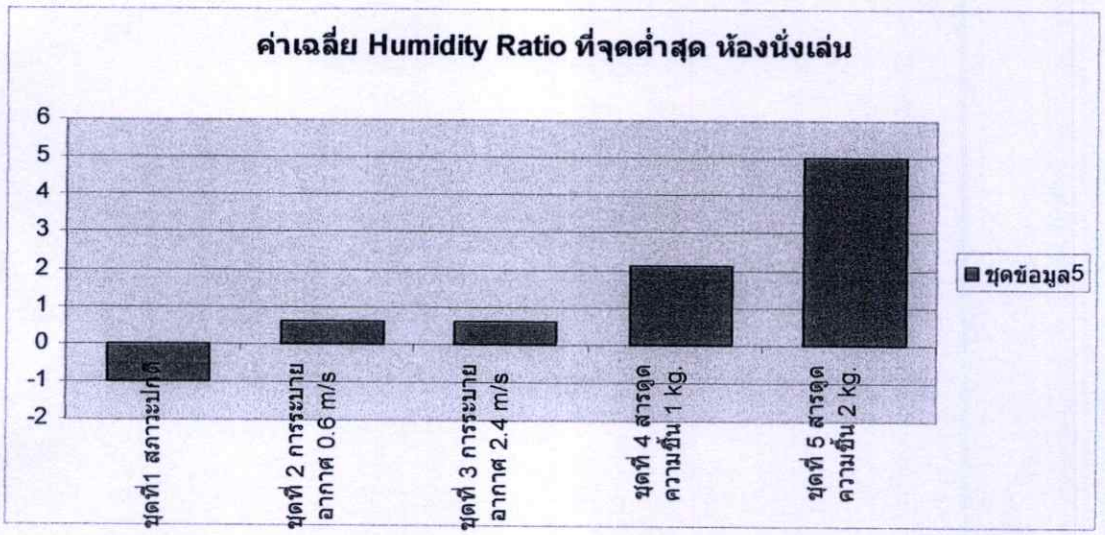
13:00 - 18:00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 28 - 36^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 30 - 62%

19:00 - 23:00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 29 - 33^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 34 - 68%

ซึ่งการเลือกใช้วิธีในการลดความชื้นจึงขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา

ตารางที่ 6.1 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องนั่งเล่น ชั้นที่ 1

การทดลอง	ชุดที่1 สภาวะปกติ	ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s	ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s	ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.	ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.
ค่าเฉลี่ย Humidity Ratio	-1.00	0.58	0.58	2.13	5.00



จากกราฟเปรียบเทียบศักยภาพในการลดความชื้นจากการทดลองทั้งหมด ภายในห้องนั่งเล่น โดยค่า Humidity ratio. พบว่าศักยภาพภาพในการลดความชื้น เรียงจากมากไปน้อยคือ สารดูดความชื้น 2 kg. จะได้ผลดีที่สุด ถัดมาคือสารดูดความชื้น 1 kg. การระบายที่ความเร็วลม 2.4 m/s การระบายที่ความเร็วลม 0.6 m/s และสภาวะปกติ

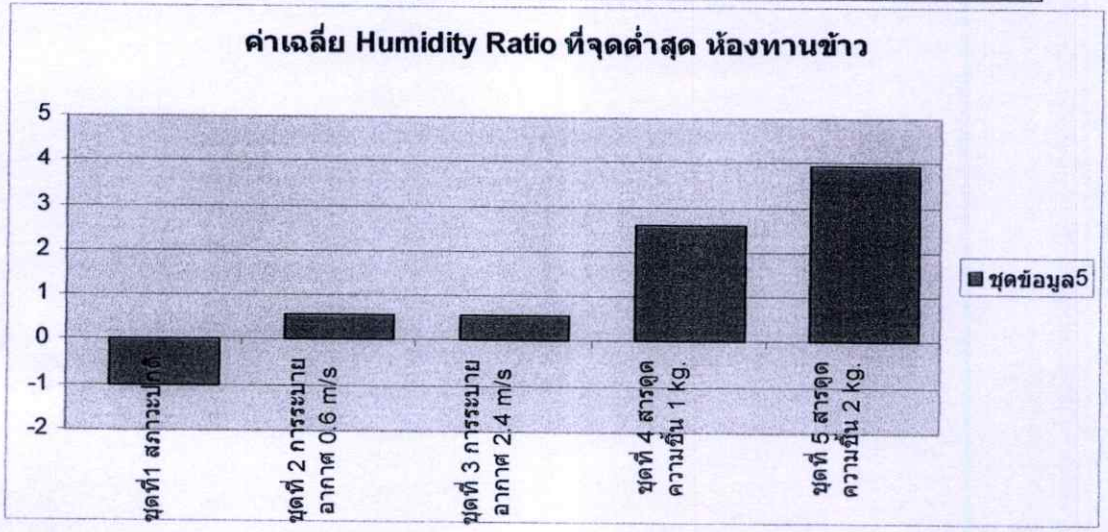
ตารางที่ 6.2 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องนั่งเล่น ชั้นที่ 1

	ชุดที่1 สภาวะปกติ		ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s		ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s		ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.		ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.	
เวลา	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %
9.00	25	53	31	65	29	66	29	61	32	51
10.00	26	48	30	64	28	65	29	61	32	52
11.00	27	44	31	63	29	64	29	60	32	55
12.00	27	43	31	62	29	63	30	59	33	59
13.00	28	39	32	58	30	59	30	59	33	60
14.00	28	38	32	57	30	58	29	64	33	63
15.00	29	35	33	54	31	55	27	60	33	59
16.00	29	32	33	51	31	52	31	57	33	56
17.00	29	29	33	48	31	49	31	57	33	56
18.00	30	28	34	47	32	48	30	58	32	57
19.00	29	34	33	53	31	54	30	58	32	57
20.00	29	41	33	60	31	61	31	55	32	56
21.00	29	39	32	57	30	58	31	56	32	56
ค่าเฉลี่ย	28.08	38.69	32.15	56.85	30.15	57.85	29.77	58.85	32.46	56.69

จากการที่ได้ทำการคำนวณหาขอบเขตของสภาวะสบายของกรุงเทพมหานคร พบว่าช่วงอุณหภูมิในเขตสบาย = 22.33 C° ถึง 25.83 C° และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20 % – 70 % และจากการที่ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของวิธีลดความชื้นจากการทดลองของช่วงเวลาที่ใช้งานภายในห้องนั่งเล่นและได้ Plot ค่าใน Psychometic Chart พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยนั้นไม่ได้อยู่ในขอบเขตสภาวะสบายแต่ความชื้นเฉลี่ยของทุกการทดลองนั้นได้อยู่ในสภาวะสบาย

ตารางที่ 6.3 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องรับประทานอาหารชั้นที่ 1

การทดลอง	ชุดที่1 สภาวะปกติ	ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s	ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s	ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.	ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.
ค่าเฉลี่ย Humidity Ratio	-1.00	0.58	0.58	2.58	3.92



จากกราฟเปรียบเทียบศักยภาพในการลดความชื้นจากการทดลองทั้งหมด ภายในห้องทานข้าว พบว่าศักยภาพในการลด เรียงจากมากไปน้อยคือ สารดูดความชื้น 2 kg จะได้ผลดีที่สุด ถัดมาคือ สารดูดความชื้น 1 kg. การระบายที่ความเร็วลม 2.4 m/s การระบายที่ความเร็วลม 0.6 m/s และสภาวะปกติ

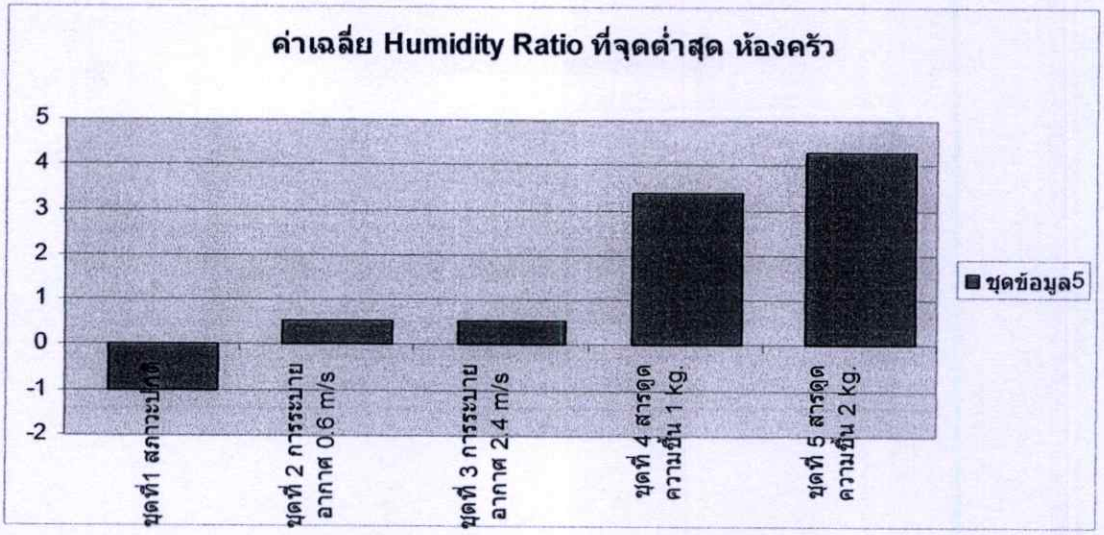
ตารางที่ 6.4 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องรับประทานอาหาร ชั้นที่ 1

	ชุดที่1 สภาวะปกติ		ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s		ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s		ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.		ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.	
เวลา	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %
11.00	27	44	31	63	29	64	30	61	32	61
12.00	27	43	31	62	29	63	32	59	34	59
18.00	30	28	34	47	32	48	29	55	30	55
19.00	29	34	33	53	31	54	29	54	30	54
ค่าเฉลี่ย	28.25	37.25	32.25	56.25	30.25	57.25	30.00	57.25	31.50	57.25

จากการที่ได้ทำการคำนวณหาขอบเขตของสภาวะสบายของกรุงเทพมหานคร พบว่าช่วงอุณหภูมิในเขตสบาย = 22.33 C° ถึง 25.83 C° และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20 % – 70 % และจากการที่ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของวิธีลดความชื้นจากการทดลองของช่วงเวลาที่ใช้งานภายในห้องรับประทานอาหารและได้ Plot ค่าใน Psychometic Chart พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยนั้นไม่ได้อยู่ในขอบเขตสภาวะสบายแต่ความชื้นเฉลี่ยของทุกการทดลองนั้นได้อยู่ในสภาวะสบาย

ตารางที่ 6.5 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องครัวชั้นที่ 1

การทดลอง	**ชุดที่1 สภาวะปกติ**	**ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s**	**ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s**	**ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.**	**ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.**
ค่าเฉลี่ย Humidity Ratio	-1.00	0.54	0.54	3.38	4.29



จากกราฟเปรียบเทียบศักยภาพในการลดความชื้นจากการทดลองทั้งหมด ภายในห้องทานข้าว พบว่าศักยภาพในการลด เรียงจากมากไปน้อยคือ สารดูดความชื้น 2 kg.จะได้ผลดีที่สุด ถัดมาคือสารดูดความชื้น 1 kg. การระบายที่ความเร็วลม 2.4 m/s การระบายที่ความเร็วลม 0.6 m/s และสภาวะปกติ

ตารางที่ 6.6 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องครัว ชั้นที่ 1

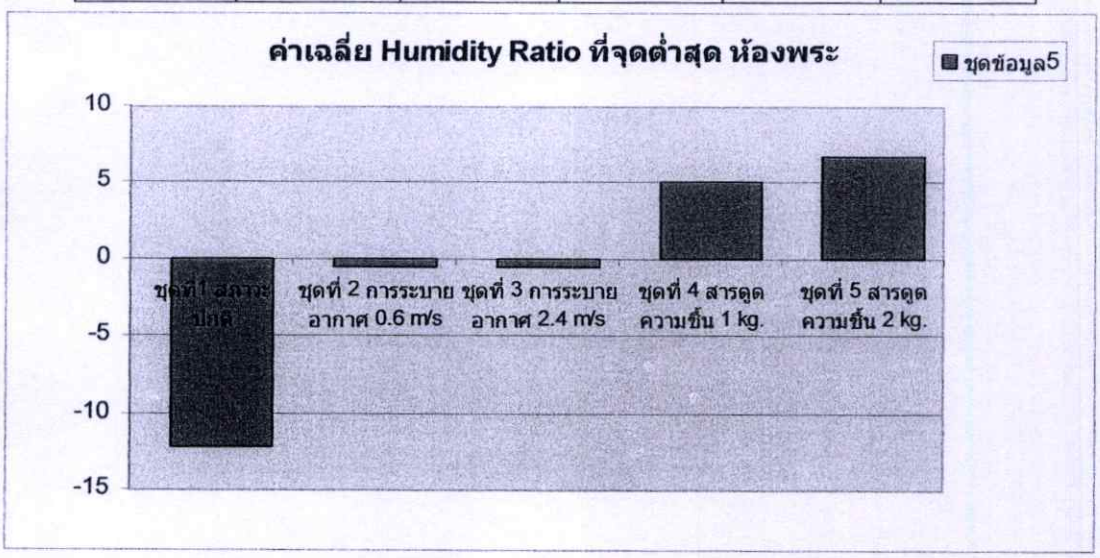
	ชุดที่1 สภาวะปกติ		ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s		ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s		ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.		ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.	
เวลา	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %
12.00	27	43	31	62	29	63	31	57	33	60
20.00	29	41	33	60	31	61	31	56	32	56
ค่าเฉลี่ย	28.00	42.00	32.00	61.00	30.00	62.00	31.00	56.50	32.50	58.00

จากการที่ได้ทำการคำนวณหาขอบเขตของสภาวะสบายของกรุงเทพมหานคร พบว่าช่วงอุณหภูมิในเขตสบาย = 22.33 C° ถึง 25.83 C° และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20 % – 70 % และจากการที่ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของวิธีลดความชื้นจากการทดลองของช่วงเวลาที่ใช้งานภายในห้องครัวและได้ Plot ค่าใน Psychometic Chart พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยนั้นไม่ได้อยู่ในขอบเขตสภาวะสบายแต่ความชื้นเฉลี่ยของทุกการทดลองนั้นได้อยู่ในสภาวะสบาย

วิธีที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้บริเวณชั้นที่ 1 คือวิธีการลดความชื้นด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 2 kg. ซึ่งสามารถลดความชื้นภายในได้โดยประมาณ 3 – 5 % ของความชื้นภายนอก แต่ถ้าดูจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นในช่วงเวลาที่ใช้งานในแต่ละห้องการวิธีการลดความชื้นด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 2 kg. ก็ยังไม่สามารถทำให้อยู่ในขอบเขตสบายได้ แต่เป็นเพียงแค่การทำให้ขยับมาอยู่ในสภาวะอบอุ่นแห้งเท่านั้น

ตารางที่ 6.7 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องพระชั้นที่ 2

การทดลอง	ชุดที่1 สภาวะปกติ	ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s	ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s	ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.	ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.
ค่าเฉลี่ย Humidity Ratio	-12.21	-0.54	-0.54	5.04	6.71



จากกราฟเปรียบเทียบศักยภาพในการลดความชื้นจากการทดลองทั้งหมด ภายในห้องพระชั้นที่ 2 พบว่าศักยภาพในการลดความชื้น เรียงจากมากไปน้อยคือ สารดูดความชื้น 2 kg. จะได้ผลดีที่สุด ถัดมาคือสารดูดความชื้น 1 kg. การระบายที่ความเร็วลม 2.4 m/s การระบายที่ความเร็วลม 0.6 m/s และสภาวะปกติ

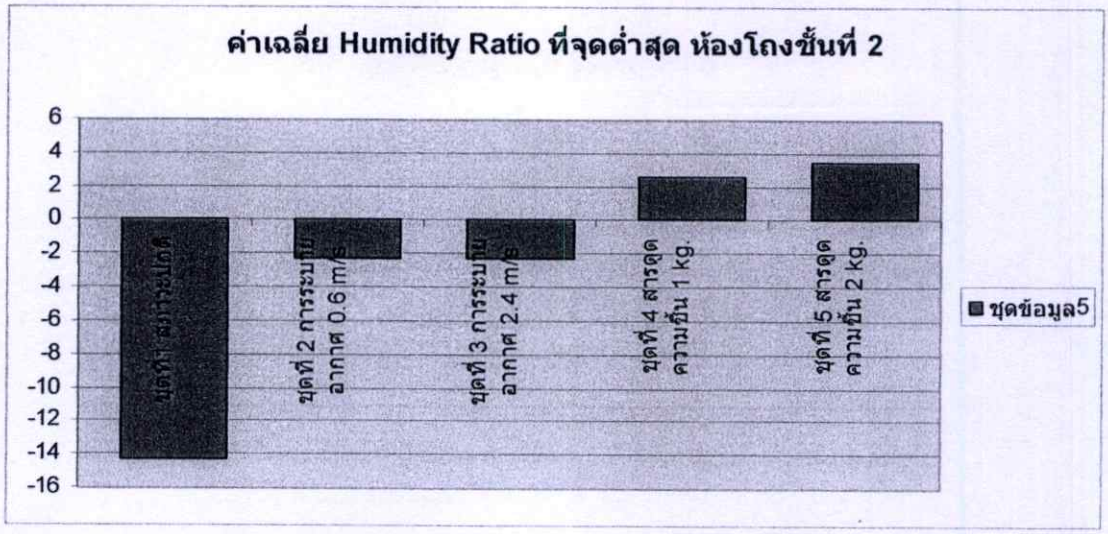
ตารางที่ 6.8 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องพระ ชั้นที่ 2

	ชุดที่1 สภาวะปกติ		ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s		ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s		ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.		ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.	
เวลา	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %
10.00	26	56	31	64	29	65	29	57	31	50
11.00	27	53	31	62	29	63	30	54	32	54
12.00	28	53	32	62	30	63	32	55	34	55
ค่าเฉลี่ย	27.00	54.00	31.33	62.67	29.33	63.67	30.33	55.33	32.33	53.00

จากการที่ได้ทำการคำนวณหาขอบเขตของสภาวะสบายของกรุงเทพมหานคร พบว่าช่วงอุณหภูมิในเขตสบาย = 22.33 C° ถึง 25.83 C° และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20 % – 70 % และจากการที่ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของวิธีลดความชื้นจากการทดลองของช่วงเวลาที่ใช้งานภายในห้องพระและได้ Plot ค่าใน Psychometic Chart พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยนั้นไม่ได้อยู่ในขอบเขตสภาวะสบายแต่ความชื้นเฉลี่ยของทุกการทดลองนั้นได้อยู่ในสภาวะสบาย

ตารางที่ 6.9 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในโถงชั้นที่ 2

การทดลอง	**ชุดที่1 สภาวะปกติ**	**ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s**	**ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s**	**ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.**	**ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.**
ค่าเฉลี่ย Humidity Ratio	-14.33	-2.25	-2.25	2.63	3.42



จากกราฟเปรียบเทียบศักยภาพในการลดความชื้นจากการทดลองทั้งหมด ภายในห้องโถงชั้นที่ 2 พบว่าศักยภาพในการลดความชื้น เรียงจากมากไปน้อยคือ สารดูดความชื้น 2 kg. จะได้ผลดีที่สุด ถัดมาคือสารดูดความชื้น 1 kg. การระบายที่ความเร็วลม 2.4 m/s การระบายที่ความเร็วลม 0.6 m/s และสภาวะปกติ

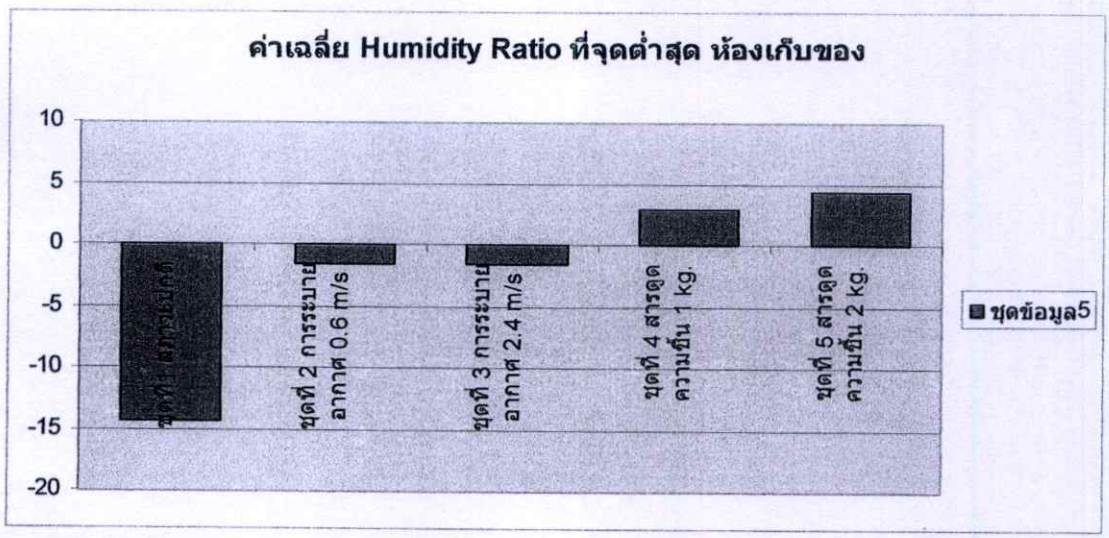
ตารางที่ 6.10 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในโถง ชั้นที่ 2

	ชุดที่1 สภาวะปกติ		ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s		ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s		ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.		ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.	
เวลา	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %
9.00	25	64	31	64	29	65	29	62	31	62
10.00	26	58	31	64	29	65	28	62	30	62
11.00	27	56	31	65	29	66	30	62	32	62
12.00	28	55	32	64	30	65	32	58	34	58
20.00	29	51	33	60	31	61	32	56	33	56
21.00	28	51	32	58	30	59	30	58	31	58
22.00	29	51	31	66	29	67	30	56	31	58
23.00	29	52	31	66	29	67	31	61	31	60
ค่าเฉลี่ย	27.63	54.75	31.50	63.38	29.50	64.38	30.25	59.38	31.63	59.50

จากการที่ได้ทำการคำนวณหาขอบเขตของสภาวะสบายของกรุงเทพมหานคร พบว่าช่วงอุณหภูมิในเขตสบาย = 22.33 C° ถึง 25.83 C° และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20 % – 70 % และจากการที่ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของวิธีลดความชื้นจากการทดลองของช่วงเวลาที่ใช้งานภายในโถงชั้นที่ 2 และได้ Plot ค่าใน Psychometic Chart พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยนั้นไม่ได้อยู่ในขอบเขตสภาวะสบายแต่ความชื้นเฉลี่ยของทุกการทดลองนั้นได้อยู่ในสภาวะสบาย

ตารางที่ 6.11 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องเก็บของชั้นที่ 2

การทดลอง	**ชุดที่1 สภาวะปกติ**	**ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s**	**ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s**	**ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.**	**ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.**
ค่าเฉลี่ย Humidity Ratio	-14.33	-1.63	-1.63	2.88	4.33

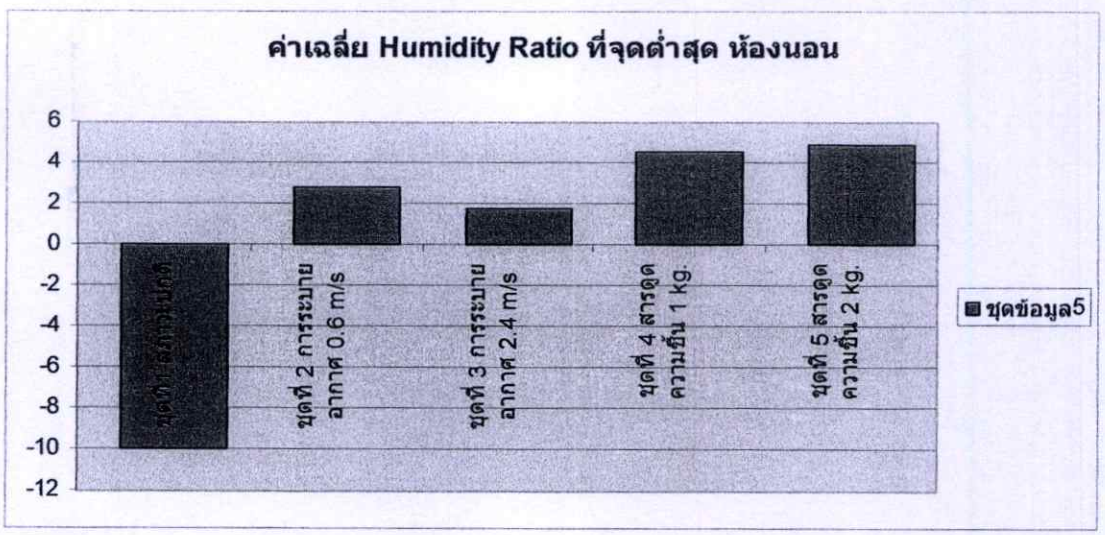


จากกราฟเปรียบเทียบศักยภาพในการลดความชื้นจากการทดลองทั้งหมด ภายในห้องโถงชั้นที่ 2 พบว่าศักยภาพในการลดความชื้น เรียงจากมากไปน้อยคือ สารดูดความชื้น 2 kg. จะได้ผลดีที่สุด ถัดมาคือสารดูดความชื้น 1 kg. การระบายที่ความเร็วลม 2.4 m/s การระบายที่ความเร็วลม 0.6 m/s และสภาวะปกติ

วิธีที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้บริเวณชั้นที่ 2 คือวิธีการลดความชื้นด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 2 kg. ซึ่งสามารถลดความชื้นภายในได้โดยประมาณ 3 – 6.7 % ของความชื้นภายนอก แต่ถ้าดูจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นในช่วงเวลาที่ใช้งานในแต่ละห้องการวิธีการลดความชื้นด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 2 kg. ก็ยังไม่สามารถทำให้อยู่ในขอบเขตสบายได้ แต่เป็นเพียงแค่การทำให้ขยับมาอยู่ในสภาวะอบอุ่นแห้งเท่านั้น

ตารางที่ 6.12 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องนอนชั้นที่ 3

การทดลอง	ชุดที่1 สภาวะปกติ	ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s	ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s	ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.	ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.
ค่าเฉลี่ย Humidity Ratio	-10.00	2.75	1.75	4.50	4.83



จากกราฟเปรียบเทียบศักยภาพในการลดความชื้นจากการทดลองทั้งหมด ภายในห้องนอนชั้นที่ 3 พบว่าศักยภาพในการลดความชื้น เรียงจากมากไปน้อยคือ สารดูดความชื้น 2 kg. จะได้ผลดีที่สุด ถัดมาคือสารดูดความชื้น 1 kg. การระบายที่ความเร็วลม 0.6 m/s การระบายที่ความเร็วลม 2.4 m/s และสภาวะปกติ

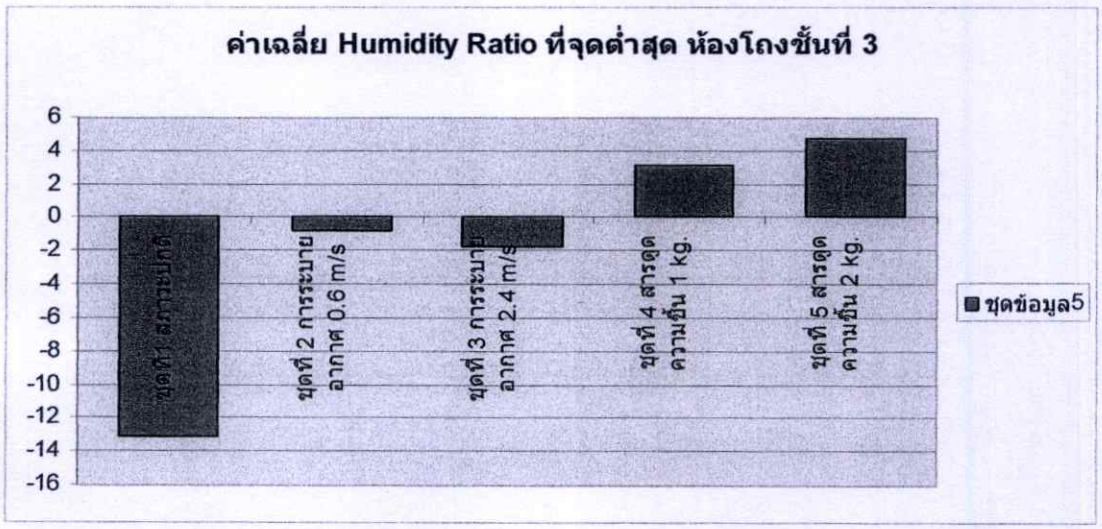
ตารางที่ 6.13 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องนอน ชั้นที่ 3

	ชุดที่1 สภาวะปกติ		ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s		ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s		ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.		ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.	
เวลา	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %
1.00	29	52	30	62	29	64	29	59	31	59
2.00	24	67	30	61	29	63	29	60	31	62
3.00	22	69	29	61	28	63	28	60	30	62
4.00	22	69	29	61	28	63	28	52	30	52
5.00	22	67	30	62	29	64	29	50	31	50
6.00	23	66	30	62	29	64	30	48	32	52
7.00	22	66	29	62	28	64	30	48	32	52
8.00	22	72	29	64	28	66	28	52	30	55
9.00	26	61	30	61	29	63	29	57	31	57
10.00	26	57	30	61	29	63	28	56	30	56
20.00	29	46	32	54	31	56	30	55	30	55
21.00	29	45	31	54	30	56	30	56	30	56
22.00	29	47	30	58	29	60	31	56	31	55
23.00	29	48	30	59	29	61	31	57	31	58
ค่าเฉลี่ย	25.29	59.43	29.93	60.14	28.93	62.14	29.29	54.71	30.71	55.79

จากการที่ได้ทำการคำนวณหาขอบเขตของสภาวะสบายของกรุงเทพมหานคร พบว่าช่วงอุณหภูมิในเขตสบาย = 22.33 C° ถึง 25.83 C° และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20 % – 70 % และจากการที่ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของวิธีลดความชื้นจากการทดลองของช่วงเวลาที่ใช้งานภายในห้องนอนและได้ Plot ค่าใน Psychometic Chart พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยนั้นมีเพียงแค่การทดลองด้วยสภาวะปกติเท่านั้นที่อยู่ในขอบเขตสบายส่วนการทดลองอื่นๆไม่ได้อยู่ในขอบเขตสภาวะสบายแต่ความชื้นเฉลี่ยของทุกการทดลองนั้นได้อยู่ในสภาวะสบาย

ตารางที่ 6.14 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในโถงชั้นที่ 3

การทดลอง	ชุดที่1 สภาวะปกติ	ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s	ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s	ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.	ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.
ค่าเฉลี่ย Humidity Ratio	-13.17	-0.75	-1.75	3.17	4.71



จากกราฟเปรียบเทียบศักยภาพในการลดความชื้นจากการทดลองทั้งหมด ภายในห้องโถงชั้นที่ 3 พบว่าศักยภาพในการลดความชื้น เรียงจากมากไปน้อยคือ สารดูดความชื้น 2 kg. จะได้ผลดีที่สุด ถัดมาคือสารดูดความชื้น 1 kg. การระบายที่ความเร็วลม 0.6 m/s การระบายที่ความเร็วลม 2.4 m/s และสภาวะปกติ

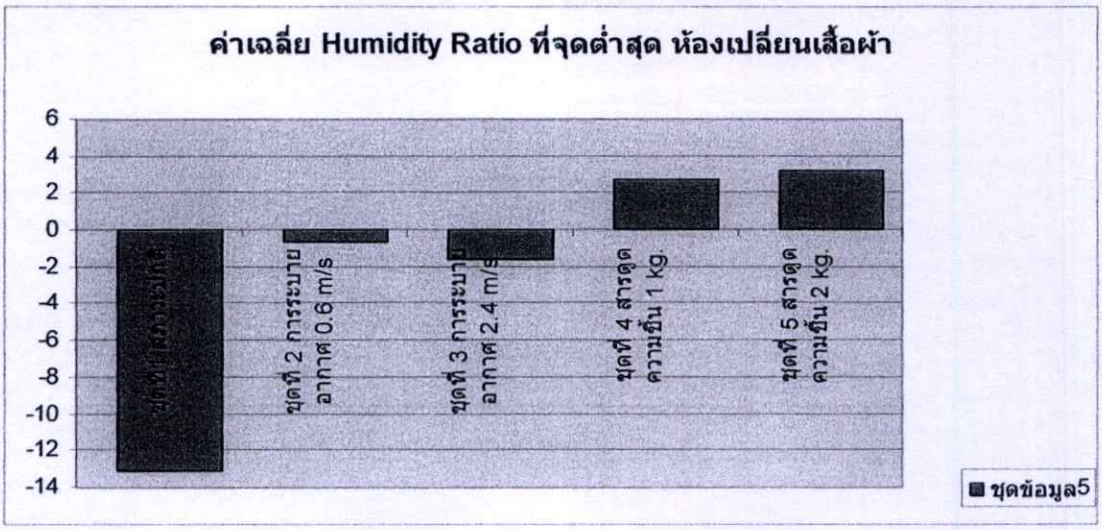
ตารางที่ 6.15 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในโถง ชั้นที่ 3

	ชุดที่1 สภาวะปกติ		ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s		ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s		ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.		ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.	
เวลา	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %
9.00	26	62	31	63	29	65	29	60	31	56
10.00	26	58	31	63	29	65	29	60	31	56
11.00	27	55	31	63	29	65	30	58	32	58
20.00	29	49	33	57	31	59	31	56	32	56
21.00	28	49	32	56	30	58	31	58	31	57
22.00	29	50	31	63	29	65	31	58	31	57
23.00	29	50	31	65	29	67	32	62	32	60
ค่าเฉลี่ย	27.71	53.29	31.43	61.43	29.43	63.43	30.43	58.86	31.43	57.14

จากการที่ได้ทำการคำนวณหาขอบเขตของสภาวะสบายของกรุงเทพมหานคร พบว่าช่วงอุณหภูมิในเขตสบาย = 22.33 C° ถึง 25.83 C° และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20 % – 70 % และจากการที่ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของวิธีลดความชื้นจากการทดลองของช่วงเวลาที่ใช้งานภายในโถงชั้นที่ 3 และได้ Plot ค่าใน Psychometic Chart พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยนั้นไม่ได้อยู่ในขอบเขตสภาวะสบายแต่ความชื้นเฉลี่ยของทุกการทดลองนั้นได้อยู่ในสภาวะสบาย

ตารางที่ 6.16 สรุปประสิทธิภาพในการลดความชื้นภายในห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าชั้นที่ 3

การทดลอง	**ชุดที่1 สภาวะปกติ**	**ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s**	**ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s**	**ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.**	**ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.**
ค่าเฉลี่ย Humidity Ratio	-13.17	-0.63	-1.63	2.75	3.21



จากกราฟเปรียบเทียบศักยภาพในการลดความชื้นจากการทดลองทั้งหมด ภายในห้องพระชั้นที่ 2 พบว่าศักยภาพในการลดความชื้น เรียงจากมากไปน้อยคือ สารดูดความชื้น 2 kg. จะได้ผลดีที่สุด ถัดมาคือสารดูดความชื้น 1 kg. การระบายที่ความเร็วลม 0.6 m/s การระบายที่ความเร็วลม 2.4 m/s และสภาวะปกติ

ตารางที่ 6.17 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า ชั้นที่ 3

	ชุดที่1 สภาวะปกติ		ชุดที่ 2 การระบายอากาศ 0.6 m/s		ชุดที่ 3 การระบายอากาศ 2.4 m/s		ชุดที่ 4 สารดูดความชื้น 1 kg.		ชุดที่ 5 สารดูดความชื้น 2 kg.	
เวลา	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %	อุณหภูมิ C°	ความชื้น %
10.00	26	58	30	63	29	65	29	60	31	61
11.00	27	55	30	63	29	65	30	60	32	62
23.00	29	50	30	64	29	66	30	61	31	63
ค่าเฉลี่ย	27.33	54.33	30.00	63.33	29.00	65.33	29.67	60.33	31.33	62.00

จากการที่ได้ทำการคำนวณหาขอบเขตของสภาวะสบายของกรุงเทพมหานคร พบว่าช่วงอุณหภูมิในเขตสบาย = 22.33 C° ถึง 25.83 C° และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20 % – 70 % และจากการที่ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของวิธีลดความชื้นจากการทดลองของช่วงเวลาที่ใช้งานภายในห้อง

เปลี่ยนเสื้อผ้าและได้ Plot ค่าใน Psychometic Chart พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยนั้นไม่ได้อยู่ในขอบเขตสภาวะสบายแต่ความชื้นเฉลี่ยของทุกการทดลองนั้นได้อยู่ในสภาวะสบาย

วิธีที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้บริเวณชั้นที่ 3 คือวิธีการลดความชื้นด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 2 kg. ซึ่งสามารถลดความชื้นภายในได้โดยประมาณ 3 – 5 % ของความชื้นภายนอก แต่ถ้าดูจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นในช่วงเวลาที่ใช้งานในแต่ละห้องการวิธีการลดความชื้นด้วยสารลดความชื้น ECO BEAD 2 kg. ก็ยังไม่สามารถทำให้อยู่ในขอบเขตสบายได้ แต่เป็นเพียงแค่การทำให้ขยับมาอยู่ในสภาวะอบอุ่นแห้งเท่านั้น แต่บริเวณชั้นที่ 3 การทดลองด้วยวิธีการระบายอากาศนั้นก็ดูเหมือนจะสามารถใช้ได้ผลด้วยเช่นกัน

6.3 สรุปคุณสมบัติและข้อจำกัดของการทดลองในแต่ละกรณี

ในการทดลองพบว่าการระบายอากาศ และสารดูดความชื้นมีประสิทธิภาพในการลดความชื้นได้ดี สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. การระบายอากาศเนื่องจากในช่วงเวลานี้มีอุณหภูมิสูงสุดของวัน อากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นทำให้การระบายอากาศมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่การระบายอากาศในการทดลองนี้ไม่ได้ทำให้ความชื้นในอากาศหายไป เป็นเพียงการเคลื่อนที่อากาศชื้นจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งเท่านั้น การที่จะทำให้ความชื้นหายไปคือการระบายความชื้นออกภายนอกอาคาร

2. สารดูดความชื้น สามารถใช้ได้ในช่วงเวลาสั้นๆ โดยประมาณ 4-5 ชั่วโมงสารดูดความชื้นจะอิ่มตัวต้องนำไปอบหรือตากแห้งตามอุณหภูมิที่กำหนดเพื่อที่จะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

3. ผลที่ได้จากการทดลองนั้นการลดความชื้นเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้สภาพอากาศภายในห้องนั้นอยู่ใน ขอบเขตความสบายได้ แต่ก็ช่วยให้สามารถปรับสภาวะอากาศให้ขยับเข้าใกล้เขตสภาวะอบอุ่นและแห้งได้ ถึงแม้จะยังไม่ช่วยให้เย็นขึ้นแต่ก็ยังช่วยให้มีสภาวะอากาศที่ดีขึ้นกว่าที่จะอยู่ในขอบเขตร้อนชื้น

4. สภาพภูมิอากาศภายนอกมีผลโดยตรงต่อค่าความชื้น คือถ้าสภาพภายนอกมีอุณหภูมิสูงค่าความชื้นภายในก็จะต่ำ และถ้าสภาพภายนอกมีอุณหภูมิต่ำความชื้นภายในก็จะสูง แต่ต้องขึ้นอยู่กับค่าความชื้นภายนอกด้วยเสมอ

6.4 ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการทดลองแม้ว่าการลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้น Eco Bead จะได้ผลดีที่สุด แต่การลดความชื้นเพียงอย่างเดียวก็ยังไม่สามารพทำให้สภาพอากาศอยู่ในภาวะสบายได้ อาจจะต้องใช้วิธีอื่นๆ ร่วมกับการลดความชื้นด้วยสารลดความชื้นด้วย เช่น การระบายอากาศกับสารลดความชื้นเป็นต้น

2. แม้การทดลองด้วยสารลดความชื้น Eco Bead จะทำให้ความชื้นลดได้จริง แต่อุณหภูมิภายในนั้น ไม่ได้ลดลงไปด้วยจึงยังไม่ทำให้ได้ภาวะสบายตามที่ได้คำนวณมา ดังนั้น การใช้เครื่องปรับอากาศอาจจะเป็นวิธีที่ได้ผลดีที่สุดในการที่จะทำให้ทั้งอุณหภูมิและความชื้นอยู่ในภาวะสบายได้ แต่ต้องขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานในการเลือกใช้ เนื่องจากสารดูดความชื้นและพัดลมดูดอากาศนั้นมีราคาที่ถูกกว่าเครื่องปรับอากาศและภาระค่าใช้จ่ายในแต่ละเดือนก็จะน้อยกว่าภาระค่าใช้จ่ายของเครื่องปรับอากาศ

6.5 ข้อจำกัดในการศึกษา

6.4.1 เลือกศึกษาอาคารบ้านแถวที่หันหน้าอาคารไปทางทิศเหนือเท่านั้น

6.4.2 การทดลองการระบายอากาศด้วยความเร็วลมนั้น ได้ทำการทดลองแบบปิดประตูเพื่อที่จะให้เหมือนการใช้งานจริงในชีวิตประจำวัน

6.4.3 เนื่องจากได้ทำการทดลองในเดือน กุมภาพันธ์ เท่านั้น จึงทำให้ค่าจากผลการทดลองนั้นจึงเป็นแค่ช่วงเวลาเท่านั้น ไม่ได้เป็นการจำลองผลตลอดทั้งปี

6.6 อุปสรรคและแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อไป

1. ความคลาดเคลื่อนจากการเก็บข้อมูล เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าคือ humidity meter ซึ่งทำให้ต้องวัดค่าทีละจุดซึ่งต้องใช้เวลาพอประมาณในการเก็บค่า ซึ่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดทั้งอุณหภูมิและความชื้นบ้าง ควรใช้เครื่องมือที่สามารถวัดพร้อมๆกันทุกจุดได้

2. ในการทดลองการลดความชื้นนั้นจำเป็นที่จะต้องนำภูมิอากาศภายนอกอาคารเป็นตัวกำหนด แต่เนื่องจากการทดลองนั้นได้ใช้การจับเวลาตลอดทั้ง 24 ชั่วโมง แต่เนื่องจากอาคารบ้านแถวที่ใช้ทำการทดลองนั้นมีเพียง 1 หลังเท่านั้น จึงทำให้ไม่สามารถทดลองพร้อมๆ กันได้ทุกการทดลอง จึงทำให้สภาพอากาศภายนอกได้เท่ากันจึงทำให้ไม่สามารถหาค่าคงที่ของความชื้นและอุณหภูมิได้ จึงควรที่จะทำการทดลองทุกๆ วิธีในวันและเวลาเดียวกันเพื่อให้มีค่าคงที่ในการเปรียบเทียบ

บรรณานุกรม

1. Heinz R. Trechsel, " **Moisture Control in Buildings** ", ASTM Manual Series: MNL18, Philadelphia, 1994, ASTM Publication Code Number (CPN) 28-018094-10
2. ผศ.ปรีชญา รังสิรักษ์, **"เอกสารคำสอนวิชาภูมิอากาศชั้นสูง (Advanced Climatology)"**, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2535
3. รัชนีวรรณ เจริญวัฒน์ **"หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความเป็นไปได้ในการลดความชื้นในอากาศระบบปรับอากาศเขตร้อนสำหรับประเทศไทย"** สายวิชา เทคโนโลยีพลังงาน วิศวกรรม ศาสตร์มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี
4. มาลินี ศรีสุวรรณ, **"การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิด ที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย"**, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร 2543
5. ฐิติกา แก้วสมวงศ์ **"หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาในการลดความชื้นของอากาศภายในอาคาร"**, สถาปัตยกรรมเขตร้อน สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2550
6. ผศ. ปรีชญา รังสิรักษ์, **"พลังงานแสงอาทิตย์กับอาคาร"**, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2535
7. ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร, **"สร้างสรรค์อาคารสบาย"**, สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์
8. รศ. ตรึงใจ บูรณสมภพ, **"การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย"**, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พระนคร 2514

ภาคผนวก

รายละเอียดพัดลมดูดอากาศ

พัดลม HATARI ฮาตาริ HB-VW20M3(N) ใบพัด 8 นิ้ว พร้อมวงกบติดตั้ง

แรงดันไฟฟ้า 220/50 โวลท์/เฮิร์ตซ์

กำลังไฟฟ้า 33 วัตต์

กระแสไฟฟ้า 0.16 แอมป์

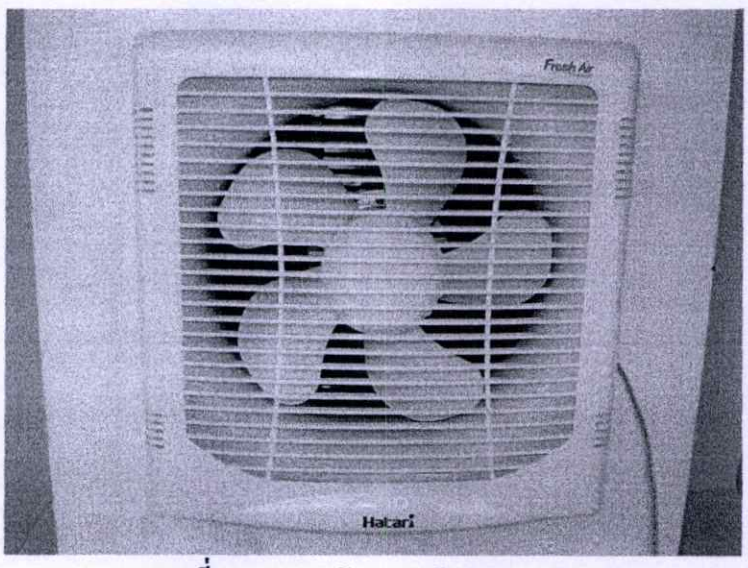
ความเร็วรอบ 1340 รอบ/นาที

อัตราการระบายลม 6.00 ลบ.ม./นาที

ระบบการระบายอากาศ ออก

น้ำหนักบรรจุภัณฑ์/เครื่อง 3.0 กก.

ขนาดบรรจุภัณฑ์/เครื่อง (ก x ย x ส) 38.0x38.0x22.0 ซม.



ภาพที่ ผ.1 แสดงลักษณะพัดลมดูดอากาศ

รายละเอียดสารดูดความชื้น

อีโค่ ดราย เป็นสารดูดความชื้นชนิดเม็ด ที่ผลิตจากดิน แอปต้าพูไดท์ สามารถดูดความชื้นได้มากกว่าดินทุกชนิด และซิลิก้า เจล อีโค่ดรายเม็ดเป็นสาร ที่ผลิตจากธรรมชาติ 100% ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ ผ.1 แสดงส่วนประกอบของสารดูดความชื้น

ส่วนประกอบ							
แร่ธาตุ	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	K2O	TiO2
ปริมาณ(%)	58.69	6.93	6.46	2.15	4.23	5.11	0.71

ตารางที่ ผ.2 แสดงความสามารถในการดูดความชื้น

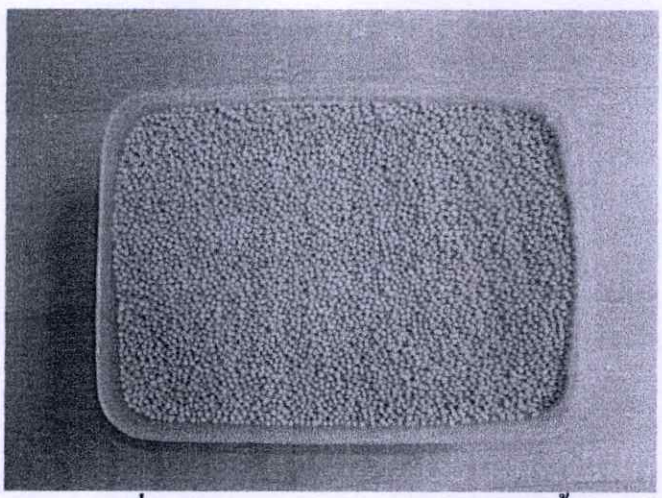
ความสามารถในการดูดความชื้น		
ความชื้นสัมพัทธ์	**ความสามารถในการดูดความชื้น**	**บรรจุภัณฑ์**
90%	57.83%	พลาสติก, กระดาษ, กระดาษเยื่อ, ถุงผ้า ,แบ่งบรรจุ ขนาด 1 - 2,000 กรัม แบบกระสอบ กระสอบละ 25 กิโลกรัม

ข้อมูลทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพ เม็ดสีน้ำตาล , สีเทา ขนาดเม็ด2.0-2.5 mm. ความหนาแน่น (g/cm3) 0.69 ความแข็ง (N/m2) > 30 ความสามารถในการดูดซับ (%) > 28.0 Granularity distribution (%) > 96

ประโยชน์ของ อีโค่ ดราย ชนิดเม็ด

- มีความสามารถในการดูดความชื้นสูง
- สามารถทำงานได้ดีในทุกที่ ที่มีความชื้น ทั้งสูงและต่ำ
- เป็นมิตรกับสภาพแวดล้อม
- ปลอดภัย สามารถกำจัดโดยทิ้งไปในธรรมชาติได้
- สะดวกต่อการใช้งานและจัดเก็บ
- ซองบรรจุแห้งไม่เปียกแฉะแม้ดูดความชื้นแล้ว
- ราคาถูกกว่าสารดูดความชื้นชนิดอื่นๆ



ภาพที่ ผ.2 แสดงลักษณะของสารดูดความชื้น

ตารางที่ ผ.3 แสดงผลจากการวัดอุณหภูมิและความชื้นของการทดลองที่สภาวะอากาศปกติ

เวลา	ภายนอก		ชั้น1						ชั้น2						ชั้น3					
			ห้องนั่งเล่น		ห้องทานข้าว		ห้องหลัง		ห้องหน้า		ห้องโถง		ห้องหลัง		ห้องหน้า		ห้องโถง		ห้องหลัง	
	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
0:00 น.	29	59	29	59	29	59	29	59	29	60	29	61	29	61	29	54	29	57	29	57
1:00 น.	29	54	29	57	29	57	29	57	30	58	29	59	29	59	29	52	29	56	29	56
2:00 น.	23	61	23	67	23	67	23	67	23	68	24	73	24	73	24	67	25	68	25	68
3:00 น.	21	64	21	54	21	54	21	54	21	72	22	75	22	75	22	69	22	71	22	71
4:00 น.	20	61	20	56	20	56	20	56	21	72	21	76	21	76	22	69	22	73	22	73
5:00 น.	20	61	20	57	20	57	20	57	22	72	21	74	21	74	22	67	22	72	22	72
6:00 น.	21	61	21	55	21	55	21	55	22	72	21	66	21	66	23	66	22	70	22	70
7:00 น.	21	68	21	55	21	55	21	55	22	74	21	68	21	68	22	66	22	71	22	71
8:00 น.	20	58	20	60	20	60	20	60	21	72	21	75	21	75	22	72	22	72	22	72
9:00 น.	25	47	25	53	25	53	25	53	25	62	25	64	25	64	26	61	26	62	26	62
10:00 น.	26	42	26	48	26	48	26	48	26	56	26	58	26	58	26	57	26	58	26	58
11:00 น.	27	39	27	44	27	44	27	44	27	53	27	56	27	56	27	53	27	55	27	55
12:00 น.	28	37	27	43	27	43	27	43	28	53	28	55	28	55	28	54	28	55	28	55
13:00 น.	28	32	28	39	28	39	28	39	28	50	28	54	28	54	28	52	28	54	28	54
14:00 น.	28	34	28	38	28	38	28	38	29	53	29	57	29	57	29	50	29	55	29	55
15:00 น.	29	31	29	35	29	35	29	35	30	51	29	54	29	54	30	49	30	53	30	53
16:00 น.	29	30	29	32	29	32	29	32	29	50	29	55	29	55	29	48	29	54	29	54
17:00 น.	29	26	29	29	29	29	29	29	29	45	29	49	29	49	30	46	30	50	30	50
18:00 น.	30	26	30	28	30	28	30	28	30	41	30	46	30	46	30	42	30	48	30	48
19:00 น.	29	34	29	34	29	34	29	34	29	47	29	49	29	49	29	45	29	49	29	49
20:00 น.	29	36	29	41	29	41	29	41	29	49	29	51	29	51	29	46	29	49	29	49
21:00 น.	28	37	29	39	29	39	29	39	28	48	28	51	28	51	29	45	28	49	28	49
22:00 น.	29	39	29	40	29	40	29	40	29	49	29	51	29	51	29	47	29	50	29	50
23:00 น.	29	48	29	46	29	46	29	46	29	51	29	52	29	52	29	48	29	50	29	50

ตารางที่ ผ.4 แสดงผลจากการวัดอุณหภูมิและความชื้นของการทดลองการระบายอากาศที่ความเร็วลม 0.6 m/s

เวลา	ภายนอก		ชั้น1						ชั้น2						ชั้น3					
			ห้องนั่งเล่น		ห้องทานข้าว		ห้องหลัง		ห้องหน้า		ห้องโถง		ห้องหลัง		ห้องหน้า		ห้องโถง		ห้องหลัง	
	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
0:00 น.	31	67	31	66	31	67	31	67	31	66	31	67	36	61	30	61	31	66	30	66
1:00 น.	31	68	31	68	31	68	31	68	31	67	31	68	30	68	30	62	31	67	30	67
2:00 น.	31	68	31	68	31	68	31	68	31	67	31	68	30	68	30	61	31	67	30	67
3:00 น.	30	66	30	67	30	67	30	67	30	66	30	67	29	67	29	61	30	65	29	65
4:00 น.	30	66	30	66	30	66	30	66	30	66	30	67	29	67	29	61	30	65	29	65
5:00 น.	30	65	30	65	30	65	30	65	31	66	30	65	29	65	30	62	30	64	29	64
6:00 น.	30	65	31	65	30	65	30	65	30	67	30	66	29	66	30	62	30	63	29	62
7:00 น.	30	66	30	65	30	65	30	65	30	66	30	65	29	65	29	62	30	63	29	62
8:00 น.	31	65	31	66	30	65	30	65	31	67	31	67	30	65	29	64	31	66	30	65
9:00 น.	31	65	31	65	31	65	31	65	31	64	31	64	30	64	30	61	31	63	30	63
10:00 น.	31	64	30	64	31	64	31	64	31	64	31	64	30	66	30	61	31	63	30	63
11:00 น.	31	63	31	63	31	63	31	63	31	62	31	65	30	65	30	61	31	63	30	63
12:00 น.	32	61	31	62	31	62	31	62	32	62	32	64	31	64	31	62	32	63	31	63
13:00 น.	32	56	32	58	32	58	32	58	32	59	32	63	31	63	31	60	32	62	31	62
14:00 น.	32	58	32	57	32	57	32	57	33	62	33	66	32	66	32	58	33	63	32	63
15:00 น.	33	55	33	54	33	54	33	54	34	60	33	63	32	63	33	57	34	61	33	61
16:00 น.	33	54	33	51	33	51	33	51	33	59	33	64	32	64	32	56	33	62	32	62
17:00 น.	33	50	33	48	33	48	33	48	33	54	33	58	32	58	33	54	34	58	33	58
18:00 น.	34	50	34	47	34	47	34	47	34	50	34	55	33	55	33	50	34	56	33	56
19:00 น.	33	58	33	53	33	53	33	53	33	56	33	58	32	58	32	53	33	57	32	57
20:00 น.	33	60	33	60	33	60	33	60	33	58	33	60	32	60	32	54	33	57	32	57
21:00 น.	32	59	32	57	32	57	32	57	32	57	32	58	35	60	31	54	32	56	31	56
22:00 น.	31	65	31	65	31	65	31	65	31	64	31	66	36	61	30	58	31	63	30	64
23:00 น.	31	66	31	66	28	66	28	67	31	64	31	66	36	60	30	59	31	65	30	64

ตารางที่ ผ.5 แสดงผลจากการวัดอุณหภูมิและความชื้นของการทดลองการระบายอากาศที่ความเร็วลม 2.4 m/s

เวลา	ภายนอก		ชั้น1						ชั้น2						ชั้น3					
			ห้องนั่งเล่น		ห้องทานข้าว		ห้องหลัง		ห้องหน้า		ห้องโถง		ห้องหลัง		ห้องหน้า		ห้องโถง		ห้องหลัง	
	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
0:00 น.	29	68	29	67	29	68	29	68	29	67	29	68	35	62	29	63	29	68	29	68
1:00 น.	29	69	29	69	29	69	29	69	29	68	29	69	29	69	29	64	29	69	29	69
2:00 น.	29	69	29	69	29	69	29	69	29	68	29	69	29	69	29	63	29	69	29	69
3:00 น.	28	67	28	68	28	68	28	68	28	67	28	68	28	68	28	63	28	67	28	67
4:00 น.	28	67	28	67	28	67	28	67	28	67	28	68	28	68	28	63	28	67	28	67
5:00 น.	28	66	28	66	28	66	28	66	29	67	28	66	28	66	29	64	28	66	28	66
6:00 น.	28	66	29	66	28	66	28	66	28	68	28	67	28	67	29	64	28	65	28	64
7:00 น.	28	67	28	66	28	66	28	66	28	67	28	66	28	66	28	64	28	65	28	64
8:00 น.	29	66	29	67	28	66	28	66	29	68	29	68	29	66	28	66	29	68	29	67
9:00 น.	29	66	29	66	29	66	29	66	29	65	29	65	29	65	29	63	29	65	29	65
10:00 น.	29	65	28	65	29	65	29	65	29	65	29	65	29	67	29	63	29	65	29	65
11:00 น.	29	64	29	64	29	64	29	64	29	63	29	66	29	66	29	63	29	65	29	65
12:00 น.	30	62	29	63	29	63	29	63	30	63	30	65	30	65	30	64	30	65	30	65
13:00 น.	30	57	30	59	30	59	30	59	30	60	30	64	30	64	30	62	30	64	30	64
14:00 น.	30	59	30	58	30	58	30	58	31	63	31	67	31	67	31	60	31	65	31	65
15:00 น.	31	56	31	55	31	55	31	55	32	61	31	64	31	64	32	59	32	63	32	63
16:00 น.	31	55	31	52	31	52	31	52	31	60	31	65	31	65	31	58	31	64	31	64
17:00 น.	31	51	31	49	31	49	31	49	31	55	31	59	31	59	32	56	32	60	32	60
18:00 น.	32	51	32	48	32	48	32	48	32	51	32	56	32	56	32	52	32	58	32	58
19:00 น.	31	59	31	54	31	54	31	54	31	57	31	59	31	59	31	55	31	59	31	59
20:00 น.	31	61	31	61	31	61	31	61	31	59	31	61	31	61	31	56	31	59	31	59
21:00 น.	30	60	30	58	30	58	30	58	30	58	30	59	34	61	30	56	30	58	30	58
22:00 น.	29	66	29	66	29	66	29	66	29	65	29	67	35	62	29	60	29	65	29	66
23:00 น.	29	67	29	67	26	67	26	68	29	65	29	67	35	61	29	61	29	67	29	66

ตารางที่ ผ.6 แสดงผลจากการวัดอุณหภูมิและความชื้นของการทดลองสารลดความชื้น ECO BEAD 1 kg.

เวลา	ภายนอก		ชั้น1						ชั้น2						ชั้น3					
			ห้องนั่งเล่น		ห้องทานข้าว		ห้องหลัง		ห้องหน้า		ห้องโถง		ห้องหลัง		ห้องหน้า		ห้องโถง		ห้องหลัง	
	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
0:00 น.	30	61	30	60	29	59	30	59	29	58	29	59	29	58	29	57	29	59	29	57
1:00 น.	30	62	30	59	29	58	30	59	29	59	28	62	29	60	29	59	29	60	29	62
2:00 น.	30	63	29	63	29	62	29	63	29	59	29	63	29	60	29	60	29	63	29	62
3:00 น.	30	63	30	59	28	62	29	60	28	58	28	60	28	60	28	60	28	63	28	64
4:00 น.	29	53	30	56	30	54	28	54	28	52	29	52	28	54	28	52	28	53	29	54
5:00 น.	29	50	30	47	30	50	28	48	29	46	29	48	28	52	29	50	28	52	29	53
6:00 น.	28	52	30	49	31	52	30	48	28	48	28	50	31	52	30	48	28	52	30	53
7:00 น.	28	52	29	49	30	53	30	48	28	47	28	50	31	54	30	48	28	53	30	54
8:00 น.	27	57	29	57	28	55	31	56	29	48	29	58	30	55	28	52	29	55	28	54
9:00 น.	30	63	29	61	28	62	31	61	29	58	29	62	29	60	29	57	29	60	29	62
10:00 น.	30	63	29	61	28	60	31	60	29	57	28	62	28	60	28	56	29	60	29	60
11:00 น.	31	60	29	60	30	61	30	59	30	54	30	62	30	59	30	55	30	58	30	60
12:00 น.	33	57	30	59	32	59	31	57	32	55	32	58	32	57	32	55	31	56	32	57
13:00 น.	33	59	30	59	32	60	32	57	32	55	32	58	30	60	31	56	31	56	30	56
14:00 น.	32	61	29	64	31	62	32	61	31	60	31	60	30	62	32	60	32	57	30	58
15:00 น.	31	62	27	60	28	59	29	56	30	57	30	58	30	57	30	57	29	55	29	57
16:00 น.	31	62	31	57	30	53	31	54	31	53	31	54	31	53	31	54	31	53	31	54
17:00 น.	31	62	31	57	30	55	31	54	31	54	31	54	31	54	31	55	31	53	31	53
18:00 น.	31	62	30	58	29	55	30	56	31	54	30	56	30	54	30	57	30	55	30	55
19:00 น.	31	62	30	58	29	54	30	55	30	55	30	56	30	54	30	56	30	53	30	53
20:00 น.	32	62	31	55	31	55	31	56	31	56	32	56	30	57	30	55	31	56	32	55
21:00 น.	32	64	31	56	31	55	31	57	31	57	30	58	30	58	30	56	31	58	31	57
22:00 น.	33	62	30	59	32	58	30	57	30	57	30	56	31	59	31	56	31	58	30	59
23:00 น.	30	62	30	62	31	61	30	60	30	58	31	61	31	58	31	57	32	62	30	61

ตารางที่ ผ.7 แสดงผลจากการวัดอุณหภูมิและความชื้นของการทดลองสารลดความชื้น ECO BEAD 2 kg.

เวลา	ภายนอก		ชั้น1						ชั้น2						ชั้น3					
			ห้องนั่งเล่น		ห้องทานข้าว		ห้องหลัง		ห้องหน้า		ห้องโถง		ห้องหลัง		ห้องหน้า		ห้องโถง		ห้องหลัง	
	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
0:00 น.	33	64	33	59	31	59	32	59	31	58	31	59	31	58	31	57	31	59	31	57
1:00 น.	33	65	33	58	31	58	32	59	31	59	30	62	31	57	31	59	31	60	31	62
2:00 น.	33	66	32	65	31	64	31	63	31	59	31	63	31	59	31	62	31	62	31	64
3:00 น.	33	66	33	58	30	64	31	60	30	58	30	65	30	59	30	62	30	64	30	65
4:00 น.	32	56	33	55	32	50	30	54	30	52	31	52	30	54	30	52	30	52	31	53
5:00 น.	32	53	33	46	32	50	30	50	31	46	31	48	30	52	31	50	30	52	31	53
6:00 น.	31	55	33	48	33	52	32	48	30	46	30	50	33	52	32	52	30	54	32	54
7:00 น.	31	55	32	48	32	53	32	48	30	47	30	50	33	54	32	52	30	53	32	54
8:00 น.	30	60	32	50	30	50	33	50	31	48	31	58	32	55	30	55	31	59	30	55
9:00 น.	33	66	32	51	30	62	33	61	31	50	31	62	31	60	31	57	31	56	31	63
10:00 น.	33	66	32	52	30	60	33	60	31	50	30	62	30	60	30	56	31	56	31	61
11:00 น.	34	63	32	55	32	61	32	62	32	54	32	62	32	59	32	58	32	58	32	62
12:00 น.	36	60	33	59	34	59	33	60	34	55	34	58	34	57	34	55	33	56	34	57
13:00 น.	36	62	33	60	34	60	34	60	34	58	34	58	32	60	33	56	33	56	32	57
14:00 น.	36	65	33	63	33	62	34	62	33	62	33	63	32	62	34	62	34	55	32	58
15:00 น.	35	62	33	59	31	59	32	56	32	57	32	58	32	57	32	57	31	55	31	57
16:00 น.	35	57	33	56	31	53	33	54	33	53	33	54	33	53	33	54	33	53	33	54
17:00 น.	33	57	33	56	31	55	33	54	33	54	33	54	33	54	33	55	33	53	33	54
18:00 น.	33	60	32	57	30	55	33	56	33	54	32	56	32	54	32	57	32	55	32	57
19:00 น.	33	60	32	57	30	54	32	55	32	55	32	56	32	54	32	56	32	53	32	55
20:00 น.	33	60	32	56	31	55	32	56	31	56	33	56	30	57	30	55	32	56	33	56
21:00 น.	32	62	32	56	31	57	32	57	31	56	31	58	30	57	30	56	31	57	32	58
22:00 น.	32	60	32	59	32	57	31	57	32	57	31	58	31	57	31	55	31	57	31	58
23:00 น.	33	64	32	61	31	61	31	60	31	59	31	60	31	59	31	58	32	60	31	63

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายอรรณพ สัจจพงษ์
วัน/เดือน/ปีเกิด	วันพฤหัสบดีที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลศรีนครินทร์จังหวัดขอนแก่น
การศึกษาระดับปริญญาตรี	ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต จากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2547
การศึกษาระดับปริญญาโท	ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
หมายเลขโทรศัพท์	08-1873-5422
E-mail address	annop_sp@yahoo.co.th