บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (Heat Transfer)

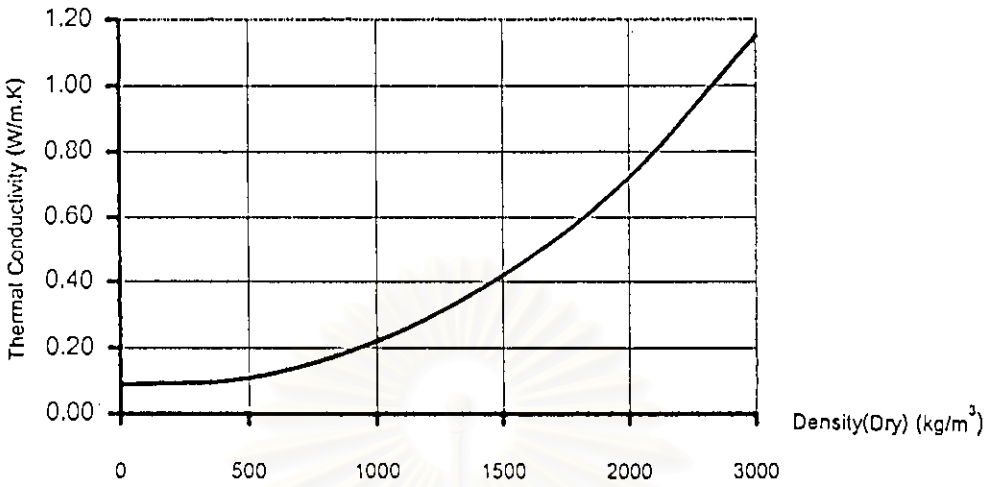
ในการวิจัยนี้ นอกจากการศึกษาถึงลักษณะเฉพาะของวัสดุตกแต่งภายในชนิดต่างๆแล้วนั้น จำเป็นต้องรู้พื้นฐานในเรื่องของการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารเพื่อให้เกิดความเข้าใจและทราบถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดความร้อนภายในอาคาร

โดยปกติแล้วความร้อนจะถ่ายเทจากที่ที่ร้อนกว่าไปสู่ที่ที่เย็นกว่าเสมอ สำหรับประเทศไทยซึ่งมีอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยสูงประมาณ 90°F มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณ60% ซึ่งจัดว่าสูงกว่าขอบเขตของสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) ดังนั้นภายในอาคารจึงต้องมีการปรับอากาศให้มีอุณหภูมิเหลือประมาณ 72 - 79°F จึงเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร ความร้อนที่สูงกว่าภายนอกจึงพยายามถ่ายเทเข้ามาภายในอาคาร ไม่ว่าจะเป็นวิธีการนำความร้อน(Conduction) การพาความร้อน(Convection) หรือการแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

1. การนำความร้อน (Thermal Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดข้างเคียงกัน ที่เป็นทั้งโมเลกุลที่อยู่ในสสารเดียวกัน หรือระหว่างสสาร 2 ชนิดที่สัมผัสกันโดยตรง เช่น โมเลกุลของอากาศที่สัมผัสกับสสารที่มีอุณหภูมิสูง การนำความร้อนเกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลที่มีอุณหภูมิสูงกว่าสั่นสะเทือน เกิดการถ่ายเทพลังงานไปยังโมเลกุลที่เย็นกว่า ในส่วนของตัวกลางจะไม่มีปฏิกิริยาใดๆ วัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีก็จะเป็นตัวนำความร้อนที่ดีได้เช่นกัน (William T. Meyer, 1983, pp.10) นอกจากนี้แล้วค่าการนำความร้อนของวัสดุจะเพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กันกับค่าความหนาแน่นของวัสดุด้วย ดังรูป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของการนำความร้อนในวัสดุกับความหนาแน่นของวัสดุ



ที่มา : Narenda K. Bansal, Gerd Hauser andGernot Minke, Passive Building Design A Handbook of Natural Climatic Control, (1994), pp.38

ตารางที่ 2.1 Thermophysical Properties of Common Building Materials

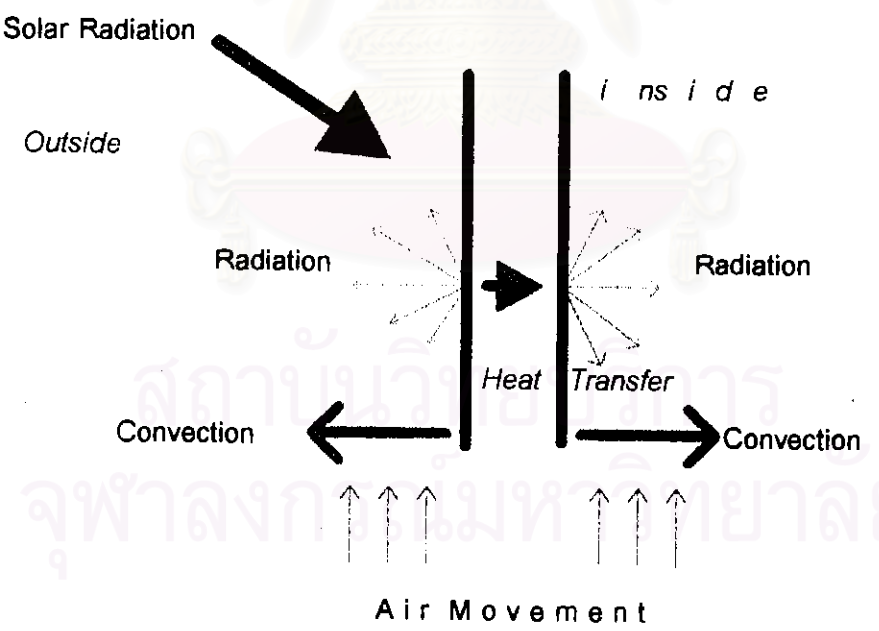
Material	Density (kg/m^3)	Thermal Conductivity (W/mK)	Specific Heat Capacity (Wh/kgK)
Aluminium	2700	165	0.25
Construction steel	7850	60	0.13
Normal concrete	2400	2.1	0.24
Foam concrete	400-800	0.14-0.27	0.24
Solid brick	1200-2000	0.50-0.96	0.24
Lime/sand stone	1000-2000	0.5-1.3	0.24
Glass	2480	0.8	0.19-0.26
Earth	1450-2040	0.5-2.6	0.24
Wood	600-800	0.13-0.20	0.66
Polystyrene hard foam	10-30	0.03-0.04	0.42
Mineralwood	8-500	0.03-0.05	0.24
Water	1000	0.60	1.2

ที่มา : Narenda K. Bansal, Gerd Hauser andGernot Minke, Passive Building Design A Handbook of Natural Climatic Control, (1994), pp.39

2. การพาความร้อน(Thermal Convection) เกิดขึ้นเมื่อมีของไหลซึ่งได้แก่ กาซหรือของเหลว เข้ามาเกี่ยวข้อง ของไหลเมื่อถูกทำให้เกิดความร้อน (เพิ่มพลังงานความร้อนเพิ่มเข้าไปในของไหล) ของไหลที่บรรจุความร้อนถูกทำให้เคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ตัวกลางที่มีความร้อนจะเคลื่อนที่ไหลเวียนไป เป็นผลเนื่องมาจากแรงธรรมชาติ หรือแรงจากเครื่องกล โมเลกุลที่มีอุณหภูมิสูงจะลอยตัวสูงขึ้น ส่วนโมเลกุลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะตกลงมายังเบื้องล่าง ทำให้เกิดการไหลเวียนความร้อนขึ้น

3. การแผ่รังสีความร้อน (Thermal Radiation) เป็นการเดินทางโดยตรงของพลังงานผ่านที่ว่าง ดังนั้นการถ่ายเทรังสีความร้อนจึงไม่มีตัวกลาง พลังงานรังสีเดินทางจากแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่าในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Waves) ไปสู่ด้านที่เย็นกว่าและถูกดูดซึมเข้าไป เมื่อมีวัตถุที่มีความร้อนไม่เท่ากันหันเข้าสู่กัน ด้านที่ร้อนกว่าจะแผ่รังสีไปสู่อีกด้านที่เย็นกว่า ด้านที่เย็นกว่าจึงได้รับพลังงานความร้อน พลังงานรังสีสามารถที่จะทำให้สะท้อนโดยวัสดุสกัดกั้น เช่น อลูมินั่ม วัสดุส่วนใหญ่จะมีการดูดซึมและสะท้อนรังสีในระดับต่างๆกัน

รูปที่ 2.2 แสดงการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารโดยผ่านผนัง



ที่มาจาก : M. Santamouris and D. Asimakopoulos, Passive Cooling of Buildings, (1996), pp.186

นอกจากนี้แสงแดดที่ตกกระทบผนังอาคารยังแปรเปลี่ยนจากรังสีคลื่นสั้น ซึ่งกลายเป็นความร้อนที่สะสมอยู่ที่ผนังอาคารอีกส่วนหนึ่งด้วย ผนังอาคารจึงมีบทบาทสำคัญในการควบคุมปริมาณความร้อนที่แตกต่างกันระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ถ้าหากผนังใดๆสามารถดูดซับความร้อนได้มาก และถ่ายเทให้ภายในอาคารได้มาก ในการทำงานของระบบปรับอากาศก็จะสิ้นเปลืองมากขึ้นเพื่อทำการลดความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารนี้ ในเรื่องของระบบและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงาน ความร้อนที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งแยกตามชนิดของแหล่งกำเนิดได้เป็น 2 แหล่งคือ

ก. แหล่งภายนอกอาคาร (Heat Gain from External Sources) เป็นแหล่งความร้อนที่ใหญ่ที่สุด จะมาจากการแผ่ความร้อนของดวงอาทิตย์ และการนำความร้อนผ่านผนังอาคาร นอกจากนี้ยังมีปัจจัยภายนอกอื่น ที่มีผลในทางเพิ่มหรือลดอุณหภูมิแก่ผนัง ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่ ความเร็วลม (Wind Speed), ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity), การแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับสภาพแวดล้อมโดยรอบ (MRT:Mean Radiant Temperature)

ข. แหล่งภายในอาคาร (Heat Gain from Internal Sources) คือความร้อนจากผู้อยู่อาศัย แสงสว่างและเครื่องใช้อุปกรณ์ต่างๆรวมไปถึงวัสดุตกแต่งภายในอาคารด้วย

หากทำการเปรียบเทียบวัสดุต่างชนิดกัน แต่มีขนาดเท่ากัน และจัดให้อยู่ในสภาวะเดียวกัน จะเห็นว่าปริมาณความร้อนที่แตกต่างกันจะมีผลมาจากค่า U ของวัสดุที่แตกต่างกัน แต่จากที่ได้ทราบแล้วว่าในสภาวะการใช้งานจริง มีปัจจัยภายนอกอีกหลายตัวที่มีผลในการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิได้ ดังนั้นในการวิจัย จึงต้องทำการทดสอบวัสดุในสภาพที่ใช้งานจริง ทั้งนี้เพื่อความถูกต้อง เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ดังที่ได้ทราบกันแล้วว่าภาระการปรับอากาศขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อน (Q) โดยที่หากความร้อนผ่านเข้าผนังมาก ค่าปริมาณความร้อนที่จะต้องใช้ก็จะต้องแปรผันสูงตาม ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารซึ่งเป็นตัวแปรภายนอกซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ แสงอาทิตย์, ลม, ความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมโดยรอบ, สภาพท้องฟ้าความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

ผลรวมของอิทธิพลของปัจจัยภายนอกคือ ปริมาณความร้อนที่ตกกระทบผิวด้านนอกของผนัง ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของผนัง ซึ่งสามารถวัดได้จากอุณหภูมิผิวภายในของผนัง ดังนั้นหากผิวผนังด้านในของอาคารมีอุณหภูมิสูงก็ย่อมต้องใช้พลังงานจำนวนมากในการลดความร้อนของผนังนั้นเอง เปรียบเทียบกับการวิจัยครั้งนี้

หากทราบถึงตัวแปรซึ่งเป็นปัจจัยภายในที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อนของวัสดุตกแต่งภายในอาคารแล้วก็จะสามารถหาแนวทางควบคุมตัวแปรเหล่านั้นเพื่อช่วยลดปริมาณความร้อนภายในให้แก่อาคารได้

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการปรับอากาศ

การปรับอากาศคือการกระทำต่ออากาศเพื่อที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศให้เป็นไปตามความต้องการของร่างกาย ณ สภาวะนั้นๆและพร้อมๆกันไปต้องการควบคุมความบริสุทธ์และการเคลื่อนไหวของอากาศด้วย[1]

2.2.1 ภาระความร้อน (Heat Load)

ภาระความร้อนมักจะแบ่งเป็นประเภทตามสถานที่ที่ได้รับความร้อน[2]คือ ภาระความร้อนห้อง (Room Heat Load) และภาระความร้อนอุปกรณ์ (Apparatus Heat Load)

ก. ภาระความร้อนของห้อง (Room Heat Load) เช่นความร้อนสัมผัสแฝง*Hs* และความร้อนแฝงH_L ในรูปที่ 2.3 เป็นปริมาณความร้อนที่เกิดจากเครื่องทำความเย็นเพื่อที่จะให้ได้อุณหภูมิภายในห้องตามต้องการ

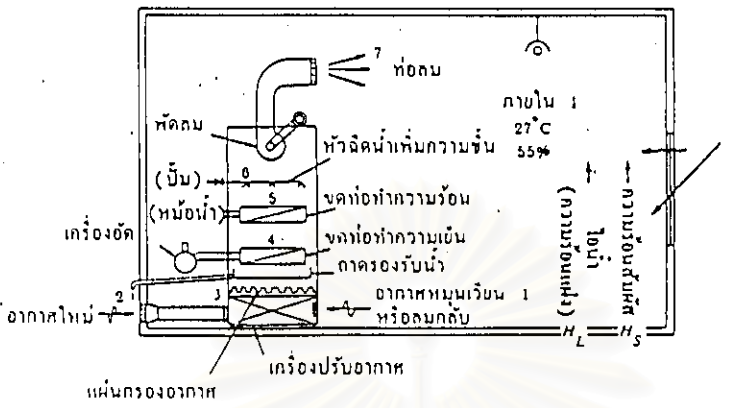
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[1] ไพบูลย์ พังลพฤกษ์ และ เฮอิโซ ไรโต, การปรับอากาศ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม (กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ดวงกมล), หน้า 1.

[2] เรื่องเดียวกันหน้า 21

รูปที่ 2.3 แสดงภาระความร้อนของกระบวนการปรับอากาศ



ที่มาจาก : ไพบูลย์ หังสพฤกษ์ และ เฮอิโซ ไซโต, การปรับอากาศ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม, (2538) หน้า14.

ภาระความร้อนห้อง มีแหล่งความร้อนที่เข้ามา 2 แหล่งคือ

1) ความร้อนที่เข้ามาภายในห้องจากภายนอก (ภาระความร้อนภายนอก)

2) ความร้อนที่ผลิตขึ้นภายในห้อง (ภาระความร้อนภายใน)

ข. ภาระความร้อนของอุปกรณ์ (Apparatus Heat Load) คือปริมาณความร้อนที่เครื่องปรับอากาศได้รับ เพื่อที่จะให้อากาศที่เป่าออกไปจากเครื่องปรับอากาศมีอุณหภูมิและความชื้นตามที่กำหนด ดังรูปที่ 2.4

ภาระความร้อนห้อง และภาระความร้อนอุปกรณ์ มักจะแบ่งแยกออกเป็นความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง ความร้อนแฝงเป็นความร้อนของการระเหยของน้ำมีค่าเท่ากับปริมาณน้ำที่ระเหย (kg/h) x 597.3 (kcal/kg)

2.2.1.1 การคำนวณภาระความร้อน (Heat Load Calculation and Estimation)

การคำนวณภาระความร้อนอาจแบ่งออกได้ตามจุดประสงค์ 2 วิธี[3]

ก) การคำนวณภาระความร้อนสูงสุด (Peak Heat Load Calculation) เพื่อกำหนดขนาดของเครื่องปรับอากาศ

ข) การคำนวณภาระความร้อนเทอม (Term Heat Load Calculation)

---

[3] เรื่องเดียวกัน หน้า 31

ในกรณีการคำนวณภาระความร้อนสูงสุด ให้สมมติว่าภาวะที่ไม่พึงประสงค์มากที่สุด ความร้อนที่ไหลข้าไปในห้องปรับอากาศ เรียกว่า ความร้อนเพิ่ม (Heat Gain) ซึ่งการคำนวณภาระความร้อนเกือบทั้งหมดเป็นความร้อนเพิ่ม แต่ในบางครั้งภาระความร้อนที่ใช้จะต้องมีการแก้ไขค่าความร้อนเพิ่ม เช่น

1) การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านหน้าต่างเข้ามาในห้องทำให้พื้นและวัตถุอื่นๆร้อนขึ้น แล้วถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศภายในห้อง นั่นหมายความว่า ความร้อนเพิ่มจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์มีช่วงที่ช้า ก่อนที่จะมาเป็นภาระความร้อน มีผลให้ภาระความร้อนเบื้องต้น (Primary Load) น้อยลงไปกว่าค่าที่คาดหมายไว้ก่อน

2) การคำนวณความร้อนเพิ่มมาตรฐาน เป็นการคำนวณเมื่ออุณหภูมิภายในห้องคงที่ ที่ภาวะอุณหภูมิและความชื้นที่แน่นอนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แต่จริงๆ แล้ว ความร้อนจะถูกเก็บไว้ในพื้นและวัตถุอื่นๆ ในระหว่างวันหยุดเมื่อเครื่องปรับอากาศไม่ทำงาน ฉนั้นความร้อนดังกล่าว จึงควรนำไปรวมเข้ากับค่าการคำนวณความร้อนเพิ่มมาตรฐานด้วย

การคำนวณในข้อ 1 และ 2 เรียกว่า การคำนวณภาระความร้อนสะสม (Storage Heat Load Calculation)

2.2.2 ภาระการทำความเย็น(Cooling Load)ของห้องปรับอากาศ

ห้องปรับอากาศได้รับความร้อนจากแหล่งต่างๆหลายแหล่งด้วยกันคือ

2.2.2.1 Cooling Load จากแหล่งกำเนิดความร้อนภายนอกห้องปรับอากาศ ได้แก่

ก. Cooling Load อันเนื่องจากความร้อนผ่านหลังคาและผนัง

ข. Cooling Load อันเนื่องจากความร้อนผ่านผนังด้านใน เพดานและพื้นห้อง

ค. Cooling Load อันเนื่องจากแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านกระจก

2.3.2 Cooling Load จากแหล่งกำเนิดความร้อนภายในห้องปรับอากาศ ได้แก่

ก. Cooling Load อันเนื่องจากความร้อนของดวงไฟแสงสว่าง

ข. Cooling Load อันเนื่องจากความร้อนจากตัวคน

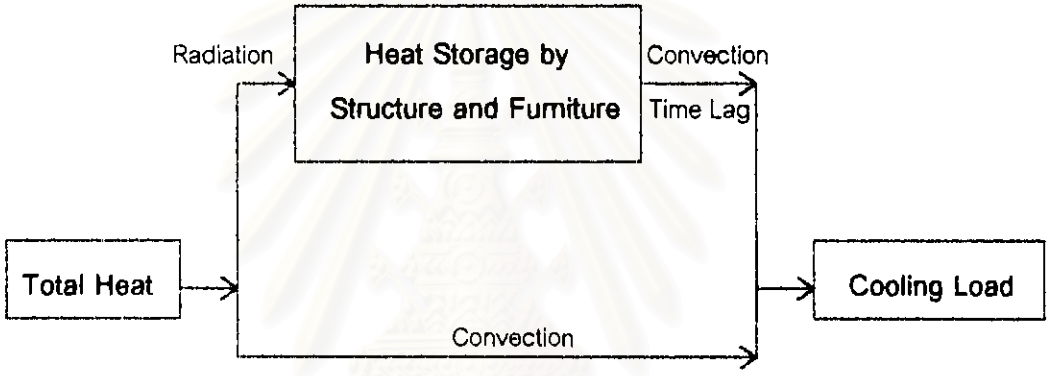
ค. Cooling Load อันเนื่องจากความร้อนของเครื่องมือเครื่องใช้

ง. Cooling Load อันเนื่องจากความร้อนของเครื่องจักรที่ให้กำลังงาน

จ. Cooling Load อันเนื่องจากอากาศภายนอกผ่านเข้ามาในห้อง

ความร้อนที่ได้รับทั้งหมด คืออัตราความร้อนของห้องที่ได้รับจากทุกแหล่งดังกล่าวข้างต้น ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง และเพียงบางส่วนของความร้อนทั้งหมดนี้เท่านั้นที่สามารถทำให้อุณหภูมิภายในห้องร้อนขึ้นทันที ความร้อนในส่วนที่เหลือจะถูกวัสดุซึ่งเป็นส่วนประกอบของห้องเก็บสะสมความร้อนเอาไว้ ดังนั้นความร้อนสุทธิที่อากาศในห้องได้รับจึงน้อยกว่าความร้อนที่ห้องได้รับทั้งหมด เรียกผลบวกของความร้อนสุทธิที่ห้องได้รับจากแหล่งต่างๆแต่ละแหล่งว่าความร้อนที่ห้องได้รับก็คือ Cooling Load ของห้องนั่นเอง[1] ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 แผนภาพแสดงความร้อนที่ห้องได้รับทั้งหมด และความร้อนที่ถูกสะสมไว้ภายในห้อง



ที่มาจาก : สุรพล พฤกษพานิช, การปรับอากาศ , (กรุงเทพมหานคร : ฟิสิกส์เซนเตอร์การพิมพ์), หน้า 97

ในการคำนวณ Cooling Load จำเป็นต้องคำนึงถึงความสามารถในการสะสมความร้อนของอาคารด้วย* เพราะการสะสมความร้อนของอาคารจะทำให้ความร้อนที่ห้องได้รับทั้งหมด ถูกส่วนประกอบของอาคารสะสมไว้บางส่วน ส่วนที่เหลือจึงจะสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องสูงขึ้นได้ทันที ความร้อนส่วนที่ถูกสะสมไว้นั้นจะถูกหน่วงเวลาไว้ระยะหนึ่ง จนกระทั่งอุณหภูมิส่วนประกอบของอาคารสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง จึงจะทำให้อุณหภูมิอากาศในห้องสูงขึ้นได้ ปกติช่วงเวลาดังกล่าวมักยาวนานพอ ซึ่งส่วนประกอบของอาคารจึงมักคายความร้อนออกมาหลังจากที่ห้องผ่านช่วงเวลาที่ที่มี Load สูงสุดแล้ว ดังนั้น Cooling Load ของห้องจึงต่ำกว่าที่ควร

---

[1] สุรพล พฤกษพานิช, การปรับอากาศ , (กรุงเทพมหานคร : ฟิสิกส์เซนเตอร์ การพิมพ์), หน้า 96

* หมายถึงความสามารถที่ส่วนประกอบของอาคารดูดและสะสมความร้อนเอาไว้

2.2.2.1 Cooling Load จากแหล่งกำเนิดความร้อนภายนอกห้องปรับอากาศ

ก. *Cooling Load อันเนื่องจากความร้อนผ่านหลังคาและผนัง* ประกอบด้วย 2 ส่วน

1. เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างด้านนอก และด้านในของหลังคา หรือผนัง

2. เกิดจากรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนพื้นผิว

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.)ได้รวมเอาความร้อนทั้ง2 ส่วนเข้าด้วยกัน โดยใช้หลักการของ Sol-air temperature อุณหภูมิของอากาศภายนอกซึ่งหากไม่มีการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนใด ๆ แล้ว จะทำให้อัตราการส่งผ่านความร้อนผ่านผิววัตถุเท่ากับสภาพความเป็นจริง ซึ่งเกิดจากการตกกระทบของรังสีจากดวงอาทิตย์ การแลกเปลี่ยนรังสีกับท้องฟ้าและสิ่งต่างๆ โดยรอบรวมทั้งการนำความร้อนจากอากาศภายนอกด้วย เพื่อให้สะดวกในการคำนวณโดยใช้สูตร

$$Q = U * A * \Delta T$$

แต่โดยที่หลังคาและกำแพงที่ทำจากวัสดุต่างชนิดมี Storage Function ต่างกันด้วย ASHRAE จึงได้ทำการแก้ไขค่า Sol-air temperature โดยการใช้ Transfer Function Method เพื่อให้ได้ค่า ΔT สำหรับการคำนวณ Cooling Load ที่แท้จริงของวัสดุต่าง ๆ กัน อุณหภูมินี้ เรียกว่า Cooling Load Temperature Difference (CLTD) หรืออีกนัยหนึ่ง[5] คือค่าความต่างอุณหภูมิของ Cooling Load ซึ่งได้รวมอิทธิพลการสะสมความร้อนของส่วนประกอบของอาคารไว้ด้วย

ข. *Cooling Load อันเกิดจากความร้อนผ่านผนังภายใน, เพดาน, พื้น*

หากห้องที่มีการปรับอากาศตั้งอยู่ติดกับห้องอื่นๆที่มีอุณหภูมิสูงกว่าแล้ว ความร้อนจะสามารถ ถ่ายเทผ่านผนังภายในเพดานและพื้นเข้ามา ซึ่งสามารถจะคำนวณได้จากสูตร

$$Q = U * A * (Tb-Ti)$$

โดยที่

Q = ปริมาณความร้อน (Btu/h)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง หรือเพดาน ($Btu.h/ft^2.{}^oF$)

A = พื้นที่ของผนัง หรือพื้น เพดาน ที่มีการส่งผ่านความร้อน (ft^2)

---

[5] สุรพล พฤกษพานิช, การปรับอากาศ , (กรุงเทพมหานคร : ฟิสิกส์เซนเตอร์ การพิมพ์), หน้า 98

Tb = อุณหภูมิ เฉลี่ยของห้องข้างเคียง (^{o}F)

Ti = อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ (^{o}F)

โดยที่อุณหภูมิ Tb ควรวัดจากสถานที่จริง หากไม่สามารถกระทำได้ให้ถือเอาตัวเลขประมาณ[6] ดังนี้

ก. ถ้าห้องข้างเคียงเป็นครัว หรือห้องBoiler ค่าTbจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 15-50^{o}F

ข. ถ้าห้องข้างเคียงไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อน ค่าTbจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 5^{o}Fค่าTbจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 15-50^{o}F

ค. ถ้าพื้นวางอยู่บนดินหรือมีห้องใต้ดินที่ไม่มีการระบายอากาศ ค่าTb = Ti

2.2.2.2 Cooling Load จากแหล่งความร้อนภายในห้องปรับอากาศ

ก. *Cooling Load* ***อันเนื่องมาจากความร้อนของดวงไฟแสงสว่าง*** มักเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่สำคัญที่สุด สามารถคำนวณได้จากสูตร

Q = 3.413 * (จำนวน Watt ของดวงไฟทั้งหมด) * Use Factor * Allowance Factor

โดยที่

3.413 = ตัวแปลงหน่วยจาก 1 Watt = 3.413 Btu/h โดยจำนวน Watt ของดวงไฟทั้งหมดสามารถหาได้จากแบบไฟฟ้าของอาคาร

Use Factor คือ อัตราส่วนจำนวน Watt ของดวงไฟที่เปิดใช้งานจริงต่อจำนวน Watt ของดวงไฟที่ติดตั้งทั้งหมด โดยทั่วไปมักมีค่า เท่ากับ 1.0

Allowance Factor คือ ตัวคูณสำหรับความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ ที่ใช้งานควบคู่กับดวงไฟ เช่น Ballast ของหลอด Fluorescent ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.20

ดวงไฟทุกชนิดจะให้ความร้อนส่วนหนึ่งออกมาในรูปของการแผ่รังสี หลังจากที่วัสดุต่างๆ ภายในห้องได้ดูดกลืนรังสีเหล่านี้ไว้จนมีอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง ซึ่งมี

---

[6] ทวี เวชพฤติ, การคำนวนภาระของอาคาร Cooling load calculation, (2529) หน้า 8.

ลักษณะคล้ายกับCooling Loadกับความร้อนที่ส่งผ่านกำแพง หลังคาดังนั้นในการคำนวณ Cooling Load จึงต้องใช้ตัวคูณ Cooling Load Factor เช่นกัน แต่เนื่องจากอาคารทั่วไปมักหยุดการปรับอากาศพร้อมกับดับไฟทุกดวงหลังเลิกงาน หากดูรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงไฟส่วนที่ดูดกลืนโดยวัสดุภายในห้อง แม้จะไม่กลายเป็น Cooling Load ในวันแรก แต่จะกลายเป็น Cooling Load ในวันถัดไป ในการคำนวณจึงถือว่า CLF = 1.0 และหากมีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยพิจารณาค่า CLF ตามตารางที่ ผ1.1-ผ1.2 (ดูในภาคผนวก ก.)

ข. *Cooling Load อันเนื่องมาจากความร้อนของตัวคน*

ความร้อนของตัวคนขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ทำ และลักษณะเสื้อผ้าที่สวมใส่ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

ก. ความร้อนแฝง อันเนื่องมาจากการระเหยของเหงื่อ จะกลายเป็น Cooling Load ทันที

ข. ความร้อนสัมผัส เนื่องจากอุณหภูมิในร่างกายคนสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศประมาณ 70% ของความร้อนส่วนนี้จะเป็นการแผ่รังสี ซึ่งจะไม่กลายเป็น Cooling Load จนกว่าเวลาจะผ่านพ้นไปแล้วหลายชั่วโมง โดยทั่วไปสำหรับเครื่องปรับอากาศมิได้เดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมง CLF จะเท่ากับ 1 เนื่องจากความร้อนที่ถูกดูดกลืนโดยวัสดุต่าง ๆ ภายในอาคารในวันแรกจะกลายเป็น Cooling load ในวันถัดไป[7] และสามารถหาความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่ได้รับจากคนได้จากสมการ[8]

$$Q_S = q_S\, n(CLF)$$

$$Q_L = q_L\, n$$

โดยที่

Q_S, Q_L = ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่ได้รับ (Btu)

q_S, q_L = ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่ได้รับต่อคน

n = จำนวนคน

CLF = Cooling Load Factor สำหรับคน

---

[7] ทวี เวชพฤติ, การคำนวนภาระของอาคาร Cooling load calculation, (2529) หน้า 10.

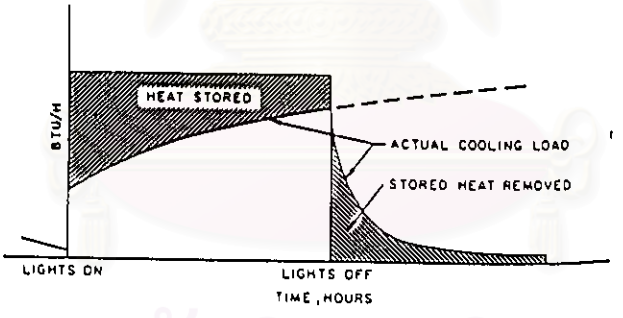
[8] สุรพล พฤกษพานิช, การปรับอากาศ, (กรุงเทพมหานคร : ฟิสิกส์เซนเตอร์ การพิมพ์), หน้า 117

ค. *Cooling Load อันเนื่องมาจากความร้อนของเครื่องมือเครื่องใช้*

อาคารสำนักงานทั่วไป เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้ความร้อนมักได้แก่ เครื่องคำนวณ เครื่องพิมพ์ดีดไฟฟ้า เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ความร้อนจากอุปกรณ์เหล่านี้มักมีค่าน้อยมากประมาณ 3-4 Btu/ft^2 สำหรับแผนกบัญชีหรือแผนกจัดซื้อหากมีจอภาพคอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลด้วยก็อาจสูงถึง 15 Btu/ft^2 ความร้อนที่เกิดจาก Mainframe หรือ Mini Computer ควรสอบถามข้อมูลจากผู้ขายเครื่อง หรือ อาจประมาณคร่าว ๆ ว่าประมาณ 75-175 Btu/ft^2

ความร้อนจากอุปกรณ์เครื่องใช้ในการทำครัว และการเตรียมอาหารนั้น อาจดูได้จากตารางที่ ผ1.3 ของภาคผนวก ก. ซึ่งจะเห็นได้ว่า Hoodและติดตั้งพัดลมที่มีประสิทธิภาพทธิภาพในการดูดอากาศออกแล้ว ความร้อนที่ออกจากตัวอุปกรณ์จะลดน้อยลงมาก เหลือเพียงความร้อนสัมผัสที่เกิดจากการแผ่รังสีเพียงอย่างเดียว ในกรณีที่ระบบทำความเย็นทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ต้องคิดค่า CLF อันเนื่องจาก Time Lag ของการแผ่รังสีตามตารางที่ ผ1.4 ของภาคผนวก ก.

รูปที่ 2.5 แสดงผลของ Thermal Storage ในการเกิด Cooling Load ของอุปกรณ์ไฟฟ้า



ที่มาจาก : American Sosiety of Heating, Refrigeranting and Air-Conditioning Engineering, Inc., (ASHRAE Handbook Fundamentals SI Edition, 1993) pp.26.42

ง. *Cooling Load อันเนื่องมาจากอากาศภายนอกเข้ามาภายในห้อง*

อากาศภายนอกซึ่งร้อนและชื้น สามารถเข้ามาภายในห้องที่มีการปรับอากาศได้ 2 วิธี คือ

ก) Infiltration

ข) Ventilation

ก) Cooling Load อันเนื่องมาจาก Infiltration คือ การแทรกซึมของอากาศภายนอกเข้ามาตามรอยแตกของขอบหน้าต่างหรือตามการเปิดเข้า-ออกของประตู จะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดและความยาวของรอยแตก ตลอดจนความดันอันเนื่องจากความเร็วของลมที่ปะทะอาคาร ในกรณีที่เป็นอาคารสูงหลายชั้น อาจเกิดจาก Reverse Chimney Effect โดยอากาศภายนอกรั่วเข้ามาที่ชั้นบน บนอาคารผ่านช่อง Shaft ต่าง ๆ ลงสู่ชั้นล่างแล้วไหลลงสู่ภายนอกทางประตู ปรากฏการณ์นี้เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร อากาศที่รั่วเข้ามานี้จะกลายเป็น Cooling Load ในทันที

ข) Cooling Load อันเนื่องมาจาก Ventilation คือ การนำอากาศภายนอกส่วนหนึ่งเข้ามาแทนที่อากาศภายในห้องโดยผ่านทางคอล์ยทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ เพื่อลดกลิ่นอันเกิดจากตัวตน วัสดุ หรือ ขบวนการบางอย่างที่เกิดขึ้นภายในห้อง เนื่องจากการทำงานของระบบปรับอากาศ จะนำอากาศภายในห้องมาทำความเย็น เพื่อใช้งานหมุนเวียนตลอดเวลา จึงอาจเกิดการสะสมของกลิ่นต่าง ๆ จนทำให้ห้องเหม็นอับ หรือในบางครั้งกลิ่นเหล่านั้นอาจทำลายสุขภาพของคนที่อยู่ภายในห้องได้ ปริมาณอากาศที่นำเข้ามา สำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็นจากระบบระบายอากาศ ควรตรวจสอบว่าห้องนั้นมีการระบายอากาศด้วยวิธีใด และมีอัตราเท่าใด (ค่า CFM ที่จะใช้ในการคำนวณ) ไม่ว่าอากาศภายนอกจะเข้าสู่ห้องปรับอากาศโดยวิธีใดข้างต้น ย่อมกลายเป็นภาระของเครื่องปรับอากาศทั้งสิ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.3 **หลักการของความสบาย** (Principle of comfortability)

โดยธรรมชาติหากมนุษย์ต้องอยู่ภายในห้องที่ถูกปิดมิดชิดโดยไม่มีการไหลเวียนของอากาศในช่วงเวลาหนึ่ง มนุษย์จะมีความรู้สึกไม่สบายและอึดอัด เกี่ยวกับข้อสังเกตุนี้ Lavoisier นักเคมีได้อธิบายเมื่อปี ค.ศ.1777 ว่า การเพิ่มความหนาแน่นของก๊าซ CO_2 ในห้องจากการหายใจของคน ทำให้คนรู้สึกอึดอัด ในขณะที่ Max Von Pattenkofer นักสุขศาสตร์ มีความเห็นแตกต่างไป โดยได้เสนอทฤษฎีของเขาในปีค.ศ.1858 ว่า คนหายในสารที่เป็นพิษออกมาเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของก๊าซ CO_2 ในปีค.ศ.1905 นักสุขศาสตร์ชื่อ Frugge ได้เสนอทฤษฎีที่ยังคงใช้ได้นานอยู่จนถึงปัจจุบันว่าร่างกายของคนอาจเปรียบเทียบได้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่จะต้องถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการทำงาน ถ้าความร้อนนี้ไม่สามารถระบายออกไปจากร่างกายได้เนื่องจากอุณหภูมิโดยรอบที่สูง ก็จะมีผลทำให้รู้สึกอึดอัดไม่สบาย[12]

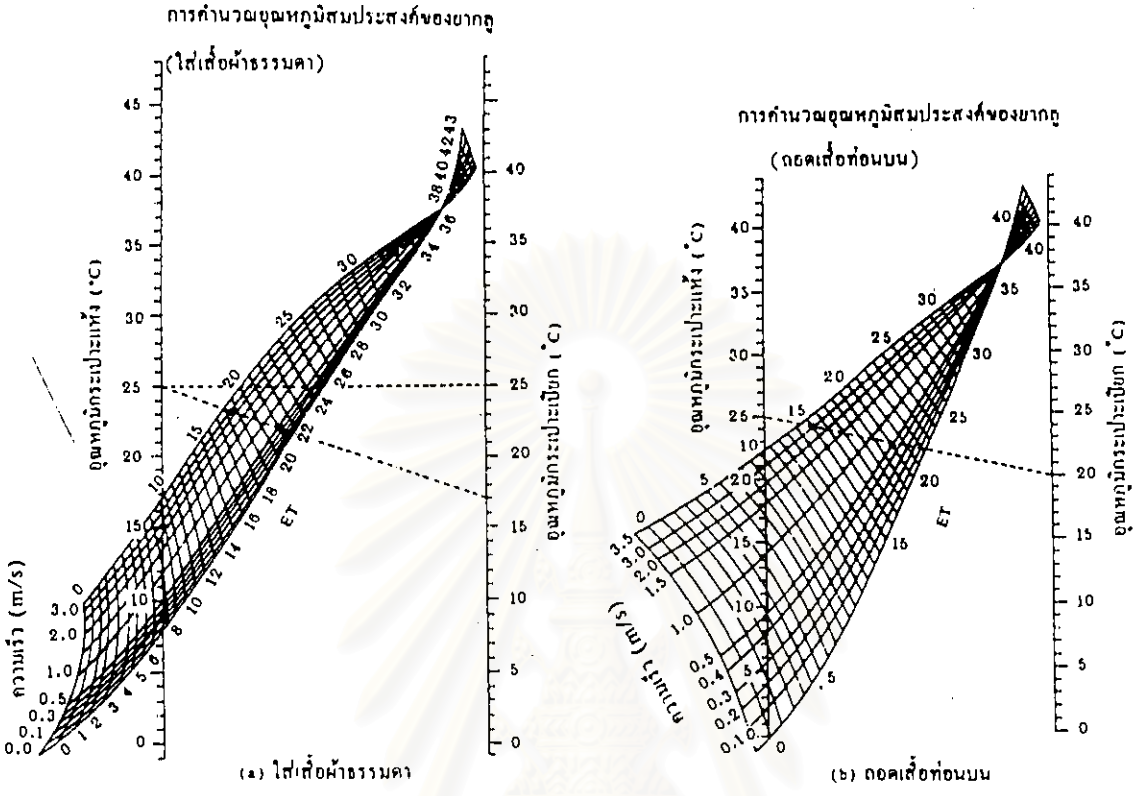
ในปี ค.ศ. 1923 ได้มีการทดลองขึ้นโดย Yaglou และผู้ช่วยเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิและความชื้นต่อความรู้สึกสบาย โดยได้สร้างห้องที่สามารถควบคุมภาวะอากาศได้ขึ้นมา 2 ห้อง เพื่อใช้ทดลองหาภาวะของอากาศที่คนจะรู้สึกสบาย ในห้องแรกอากาศนิ่งและมีความชื้น 100% Yaglou ปรับหาค่าอุณหภูมิความชื้น และการเคลื่อนไหวของอากาศในห้องที่สองตามที่คนเข้ามาจากห้องแรก ตัดสินว่าภาวะบรรยากาศทั้งสองห้องให้ความรู้สึกอบอุ่นกับเขาเท่าเทียมกัน ดูรูปที่ 2.7 ค่านี้เรียกว่า อุณหภูมิประสงค์ (Effective Temperature : E.T.) ตามความเป็นจริงแล้ว การเคลื่อนไหวของอากาศภายในห้องมีน้อยมาก จนกระทั่งสามารถที่จะกำหนดจุด E.T. โดยใช้เฉพาะค่าของอุณหภูมิและความชื้น ดังในรูปที่ 2.8

---

[12] ไพบูลย์ หังสพฤกษ์ และ เฮอิโซ ไชโต, การปรับอากาศ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม (กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ดวงกมล), หน้า 4.

พอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2. **G**แสดงค่าอุณหภูมิสมประสงค์ (Effective Temperature)



ที่มาจาก : ไพบูลย์ หังสพฤกษ์ และ เฮอิโซ ไซโต, <u>การปรับอากาศ</u> ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม, หน้า 5.

หลังจากการทดลองของ Yaglou แล้ว Koch และผู้ช่วยของเขาก็ได้ศึกษาถึงความรู้สึกของคนซึ่งทำงานเป็นเวลานาน อยู่ในสำนักงานปรับอากาศ ได้รายงานว่าความชื้นไม่ได้มีผลต่อความรู้สึกต่ออุณหภูมิดังที่รายงานโดยYaglou ค่าของKoch ได้ลงไว้ในกราฟที่แสดงในรูปที่ 2. นี้ สมาคมวิศวกรการปรับอากาศ การทำความเย็นและการทำความร้อนแห่งสหรัฐอเมริกา ที่เรียกชื่อย่อว่า ASHRAE ((American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers) นำมาใช้จนกระทั่งถึงปีค.ศ.1970 โดยใช้ชื่อว่าแผนภูมิความสบายของ ASHVE* (ASHVE comfort chart) ในปัจจุบัน เส้นกลางในแผนภูมิความสบายของ Yaglou นั้นใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่คนกำลังมีเหงื่อไหลแล้วเข้าไปในห้องปรับอากาศรู้สึก แม้ที่อุณหภูมิสูงคนก็อาจรู้สึกเย็นได้เช่นกัน เพราะการระเหยของเหงื่อจากผิวกายและเสื้อผ้าของเขาในขณะนั้น ส่วนเส้นของ Koch เป็นเส้นที่แสดง

* ASHVE เป็นชื่อเก่าของ ASHRAE

ลักษณะของความรู้สึกต่ออุณหภูมิของคนที่ได้อยู่ในห้องปรับอากาศเป็นเวลายาวนาน ในกรณีนี้บุคคลจะไม่รู้สึกในการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้น ค่าภาวะของอากาศที่นิยมใช้กันทั่วไปในการปรับอากาศเพื่อความสบาย เป็นดังนี้

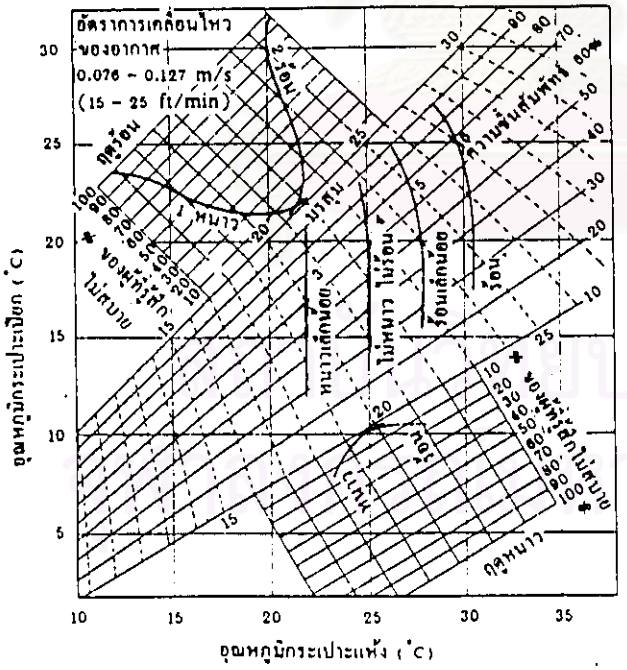
สำหรับการปรับอากาศในฤดูร้อน หรือในเมืองร้อน เป้าหมายค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (DB) และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) คือ

DB = 27°C RH = 50-55% สำรับอาคารและบ้านอยู่อาศัยโดยทั่วไป

DB = 26°C RH = 50-55% สำหรับอาคารสูง และอาคารที่ได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีค่อนข้างมาก

แต่ทั้งนี้ค่าของDBอาจจะต้องลดมากกว่านี้เพื่อให้รู้สึกสบาย ซึ่งเป็นผลมาจากการที่อุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุโดยรอบผู้อยู่อาศัย มีค่าสูงกว่า DB ภายในห้องมากกว่าปกติ และมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิผิวกายของคนด้วย โดยจะทำให้เกิดการแผ่รังสีความร้อนมาที่ตัวคน จึงทำให้ต้องมีการลดอุณหภูมิลงไปมากกว่าค่าที่กำหนด ในลักษณะของการเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนดังกล่าวนี้ถูกเรียกว่าความร้อนจากการแผ่รังสี หรือ Mean radiant temperature (MRT)

รูปที่ 2.7 แสดงค่าอุณหภูมิสมประสงค์สำหรับอากาศนิ่ง



ความรู้สึกไม่สบาย : ฤดูร้อน 2% ที่ 21.7°C ET
ฤดูหนาว 2.3% ที่ 20°C ET
1. 2. แผนภูมิความสบายเดิมของ ASHVE
3. 4. 5. 6. ค่าการทดลองของคอซ

ที่มาจาก : ไพบูลย์ หังสพฤกษ์ และ เฮอิโซ ไซโต, การปรับอากาศ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม, หน้า 6.

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้น

อากาศเกือบทั้งหมดประกอบไปด้วยความชื้นต่างๆ และเมื่ออากาศมีปริมาณไอทั้งหมดจนถึงจุดสมดุลย์ที่เรียกว่าอิ่มตัว จำนวนไอน้ำที่เกิดขึ้นจริงที่อากาศสามารถมีได้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของของผสมที่อุณหภูมิต่ำ จำนวนความชื้นที่ต้องการมีปริมาณน้อยมากสำหรับอากาศอิ่มตัว ส่วนที่อุณหภูมิสูง จำนวนความชื้นที่ต้องการมีมากก่อนที่จะถึงจุดอิ่มตัว ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอากาศอยู่ที่สภาวะต่ำกว่าจุดอิ่มตัว การระเหยของน้ำในอากาศเหนือมหาสมุทร ของผสมไอน้ำกับอากาศจำนวนมากจะถูกลมพัดพาไปเป็นระยะทางหลายพันกิโลเมตร ซึ่งจะทำให้อากาศไม่อิ่มตัว และเมื่ออุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วจะทำให้ความสามารถของอากาศในการรับปริมาณไอน้ำลดลง ทำให้สภาวะอิ่มตัวเกิดขึ้นได้ง่าย นอกจากนี้ในการลดอุณหภูมิหภูมิจะทำให้เกิดผลของการควบแน่นของไอน้ำ และปริมาณน้ำเกิดได้เร็วขึ้น

ปริมาณความชื้นในอากาศคือ[10] ความชื้น (Humidity) มีความหมายอยู่ 2 ความหมายคือ ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

ความชื้นจำเพาะ เป็นน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริง(ปอนด์) ของอากาศแห้ง สามารถแสดงได้ทั้งหน่วยปอนด์ของไอน้ำต่อปอนด์ของอากาศแห้ง และgrainของไอน้ำต่อปอนด์ของอากาศแห้ง

ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นการวัดระดับของการอิ่มตัวของอากาศที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (DB) ซึ่งแสดงเป็นเปอร์เซนต์ของการอิ่มตัว โดยที่100% ของความชื้นสัมพัทธ์แสดงถึงอาการอิ่มตัวและ 0% ของความชื้นสัมพัทธ์แสดงถึงอากาศแห้งอย่างสมบูรณ์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (RH)เป็นค่าของอัตราส่วนความดันของไอน้ำที่เกิดขึ้นจริงต่อด้วยความดันร่วมของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งใดๆ

2.3.1 ความชื้นกับการใช้พลังงาน

ความชื้นจัดเป็นตัวแปรสำคัญประการหนึ่งในการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานในอาคาร หากนำอากาศภายนอกมาปรับสภาพให้อยู่ในเขตสบาย (Comfort Zone) ภายในห้องปรับอากาศจะต้องใช้พลังงานมากในการรีดความชื้น (Latent Load) และทำความเย็นให้กับอาคาร (Sensible Load) และเมื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ โดยเมื่อเปิดประตูหรือหน้าต่างให้อากาศภายนอกเข้ามาปรับสภาพให้อยู่ในระดับที่ต้องการภายในอาคารโดยใช้ระบบปรับอากาศ พบว่าพลังงานส่วนใหญ่

---

[10] อัครเดช สินธุภัค, การปรับอากาศ, หน้า77

ใช้ในการรีดความชื้นมากกว่าการทำความเย็นให้อากาศภายในหลายเท่า โดยมีปริมาณพลังงานรวมที่ใช้ในเวลากลางวันและกลางคืนไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องมาจากอิทธิพลธิพลของความชื้นที่สะสมอยู่ภายในอาคารและวัสดุตกแต่งภายในต่างๆ ด้วยเหตุนี้การประหยัดพลังงานภายในอาคารจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงความชื้นที่เข้ามาจากภายนอกอาคาร ซึ่งสามารถเข้ามาได้หลายทางคือ

2.3.1.1 ความชื้นที่ซึมผ่านผนังอาคาร

ส่วนใหญ่มักพบกับผนังก่ออิฐฉาบปูน ซึ่งมีความสามารถในการป้องกันความชื้นได้ไม่ดีเท่าที่ควร กล่าวคือ เมื่อผนังภายนอกอาคารเปียก ความชื้นจากผนังภายนอกจะค่อย ๆ ซึมผ่านและเข้าสู่ภายในอาคารในสภาพของไอน้ำ

2.3.1.2 ความชื้นที่รั่วซึมผ่านขอบประตู หน้าต่างและช่องเปิด

ในการก่อสร้างอาคารทั่วไปพบว่า มักจะมีช่องว่าง รูรั่ว หรือรอยแยกที่อยู่ระหว่างขอบประตูหน้าต่าง กับส่วนประกอบของอาคารค่อนข้างมาก อันมีสาเหตุมาจากความผิดพลาดในการก่อสร้าง เมื่อมีความแตกต่างของแรงดันอากาศจึงทำให้อากาศรั่วซึมผ่านผนังและรอยแยกต่างๆ เข้ามาภายในอาคารเป็นจำนวนมาก ซึ่งพบว่าพลังงานที่สูญเสียไปในการรีดความชื้นและความร้อนมากกว่าครึ่งหนึ่งของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการปรับอากาศ

2.3.1.3 ความชื้นจากการเปิด-ปิด ประตู หน้าต่าง

การเปิดประตูหน้าต่างเพื่อรับลม ตลอดจนการเปิดเข้า-ออกจากตัวบ้าน ในขณะที่ภายนอกมีลมแรงพบว่า ต้องสูญเสียพลังงานในการรีดความชื้นจากการยอมให้อากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารเป็นปริมาณมาก

2.3.1.4 ความชื้นจากการสะสมของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

ในกรณีที่เป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนพบว่า เมื่อเปิดบ้านทิ้งไว้เป็นเวลานาน ความชื้นจากภายนอกจะสะสมอยู่ภายในเนื้อวัสดุต่างๆภายในบ้าน เช่น ผนัง พื้น หรือวัสดุภายในอื่นๆ ซึ่งต้องใช้พลังงานเป็นจำนวนมากเพื่อรีดความชื้นจากวัสดุเหล่านั้น

2.3.1.5 ความชื้นที่สะสมในเครื่องเรือนและวัสดุตกแต่งภายใน

การใช้วัสดุตกแต่งภายในอาคารตลอดจนเครื่องเรือนเช่น พรม, ผ้าม่าน, ผ้าบุ อีกทั้งอุปกรณ์ที่มีค่าการดูดซับความชื้นสูงพบว่า เมื่อเปิดบ้านทิ้งไว้ความชื้นจะสะสมอยู่ภายในวัสดุเหล่านี้เป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยมีความชื้นสูง ถ้าเปิดหน้าต่างทิ้งไว้เป็นเวลานาน ระดับความร้อนภายในและภายนอกบ้านจะใกล้เคียงกัน ทำให้เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศต้องใช้พลังงานมากในการรีดความชื้นออกจากวัสดุตกแต่งภายในเหล่านั้น

ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น เป็นอิทธิพลของความชื้นจากภายนอกที่มีต่อการใช้พลังงานในอาคารอย่างมาก ซึ่งคนทั่วไปมักมองข้ามสิ่งเหล่านี้อย่างรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ความชื้นภายในอาคารจึงจัดเป็นเรื่องที่ควรทำการศึกษาค้นคว้าต่อไปเพื่อหาแนวทางในการควบคุมซึ่งส่งผลไปถึงการประหยัดพลังงานในอาคารให้มากที่สุด

การคำนวณโหลดทำความเย็นเกี่ยวข้องกับความร้อนที่ได้รับ 2 ชนิด

1) ความร้อนสัมผัส ซึ่งเคลื่อนที่เข้ามาหรือเกิดจากภายในพื้นที่จะเป็นสาเหตุทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นภายในเท่านั้น

2) ความร้อนแฝง ซึ่งอยู่ในรูปของไอน้ำโดยที่ถึงแม้ว่าจะไม่เป็นสาเหตุให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่ก็สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของอากาศในพื้นที่ ซึ่งเป็นผลให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น

ความร้อนสัมผัสที่ได้รับภายในพื้นที่รวมถึงสิ่งต่อไปนี้

1) การถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้างอาคาร ทำให้เกิดผลของการนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสี

2) ความร้อนสัมผัสที่นำเข้ามากับอากาศภายนอก ซึ่งทำให้เกิดการระบายอากาศ

3) ความร้อนสัมผัสที่เกิดขึ้นโดยผู้อาศัยภายในอาคาร

4) ความร้อนสัมผัสที่เกิดขึ้นในพื้นที่โดยแสงแดด เครื่องจักร มอเตอร์ และอื่น ๆ

5)ความร้อนสัมผัสที่ออกมาจากวัสดุหรือผลิตภัณฑ์เข้ามาบริเวณพื้นที่

ความร้อนแฝง (ไอน้ำ) ที่ได้รับ สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ความร้อนแฝงจากอากาศภายนอก (ทั้งที่มาจากการระบายอากาศและที่เข้ามายังพื้นที่)

2. ความร้อนแฝงจากผู้อาศัยภายในอาคาร

3. ความร้อนแฝงจากกการทำอาหาร น้ำร้อน หรือกระบวนการการระเหยอื่น ๆ ภายในพื้นที่

4. ความร้อนแฝงจากผลิตภัณฑ์หรือวัสดุที่เกิดในพื้นที่ (หมายเหตุ : ถึงแม้ว่าโหลดความร้อนแฝงจะเพิ่มขึ้น โดยการระเหยจากผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้น แต่ว่าโหลดทั้งหมดจะไม่เพิ่มขึ้น เพราะว่าขบวนการการระเหยเป็นขบวนการอะไดบาติค โดยความร้อนแฝงได้รับสมบูรณ์ทั้งหมดที่การจ่ายให้ของความร้อนสัมผัส)

ปัจจุบันนี้การควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้นมีแนวโน้มเป็นไปอย่างถูกต้องมากขึ้น ไม่เพียงแต่จะให้การปรับอากาศทำงานได้ดีขึ้น แต่ต้องการสภาวะอากาศที่สมบูรณ์มากขึ้นด้วย ในทำนองเดียวกัน โหลดการปรับอากาศที่มีความยุ่งยากต้องการที่จะได้การวิเคราะห์อย่างถูกต้องภายในอาคาร และการคำนวณอย่างละเอียดในชนิดของโหลด ความถูกต้องในการประเมินค่าการทำความร้อนและความเย็นต้องมีรายละเอียดของข้อมูล ลักษณะของอาคารและตัวประกอบต่าง ๆ ของโหลด ดังนั้นควรระลึกไว้เสมอว่าการคำนวณโหลดเป็นเพียงการคำนวณให้มีความถูกต้องเท่ากับข้อมูลซึ่งใช้เป็นฐานรายละเอียดการสำรวจของอาคารหรือการออกแบบจะรวมเข้าด้วยกันเพื่อการหาค่าของข้อมูลที่หามาได้อย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นวิธีที่สำคัญในการคำนวณโหลดต่าง ๆ เช่น สำหรับที่อยู่อาศัย ทางการค้า หรือทางอุตสาหกรรม

ในการวิเคราะห์โหลดปรับอากาศนั้นไม่สามารถทำได้แค่เพียงหาโหลดทั้งหมด ซึ่งโหลดทั้งหมดต้องแบ่งออกเป็นความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงโหลดภายนอกและโหลดภายใน เพื่อที่จะหาปริมาณอากาศที่เหมาะสม โดยการวิเคราะห์Psycrometric Chartและเลือกเครื่องทำความเย็นและเครื่องลดความชื้นที่เหมาะสม

2.4 มวลสารและน้ำหนัก (Mass and Weight)

เนื่องจากการวิจัยนี้มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับเรื่องของมวลสารและน้ำหนักของวัตถุ จึงได้ศึกษาข้อมูลและรายละเอียดซึ่งมีความสัมพันธ์กับเรื่องของมวลสารและน้ำหนักของวัตถุพอสังเขปดังนี้

มวลสาร (Mass) และน้ำหนัก (Weight) ของวัตถุโดยมากคิดว่าเป็นสิ่งเดียวกัน สาเหตุเนื่องจากอัตราส่วนระหว่างมวลสาร หรือปริมาตรของเนื้อสาร (Quantity of Matter) กับน้ำหนัก (Weight) ของวัตถุทุกชนิดที่อยู่ในสถานที่เดียวกันจะมีค่าเท่ากัน แต่จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่ามีแรงกระทำซึ่งกันและกันระหว่างโลกกับวัตถุทั้งมวลที่อยู่บนโลก ซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้วัตถุที่ลอยขึ้นบนอากาศกลับตกลงสู่โลกอีก เรียกว่า "น้ำหนักของวัตถุ" แสดงให้เห็นว่า มวลสารและน้ำหนักมีความแตกต่างกัน

มวลสารของวัตถุ คือ เนื้อของวัตถุซึ่งรวมอัดแน่นกันอยู่ในวัตถุนั้นโดยที่มวลสารย่อมมีค่าคงที่ ไม่ว่าจะนำวัตถุนั้นไว้ ณ ที่ใดก็ตาม

น้ำหนักของวัตถุ คือ แรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อมวลสารของวัตถุนั้น

น้ำหนักของวัตถุ สามารถเปลี่ยนค่าได้โดยขึ้นอยู่กับสถานที่อยู่ของวัตถุนั้นๆ ทั้งนี้เพราะแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุย่อมมีความสัมพันธ์กับระยะทางระหว่างจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุและจุดศูนย์กลางของโลก หากระยะทางระหว่างจุดทั้งสองมีค่าน้อยลงแรงดึงดูดของโลกที่มีต่อวัตถุก็มีค่ามากขึ้น เช่น หากชั่งถ่านหินก้อนหนึ่งที่ระดับน้ำทะเล มีน้ำหนักเท่ากับ 2,000 kg. แต่ถ้าชั่งบนยอดภูเขาที่สูงมากๆ อาจชั่งน้ำหนักได้เท่ากับ 1,999.50 kg. แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักของวัตถุบนผิวโลก จะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

การชั่งน้ำหนักของวัตถุส่วนใหญ่จะเป็นการชั่งในอากาศ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของวัตถุกับแรงลอยตัว (Buoyancy) ของอากาศก็เหมือนกับหลักการชั่งวัตถุในของเหลว

สมมุติว่ามีวัตถุ2ชนิดที่มีมวลสารเท่ากันแต่มีปริมาตรต่างกันเช่น มวลสารของขนนก 1กิโลกรัมและมวลสารของตะกั่ว1กิโลกรัมนำมาชั่งบนเครื่องชั่งในอากาศจะได้น้ำหนักไม่เท่ากัน สาเหตุเนื่องจากจำนวนอากาศที่ถูกแทนที่โดยวัตถุทั้งสองสิ่งนี้มีปริมาตรไม่เท่ากัน โดยที่น้ำหนักของตะกั่วที่ปรากฏจะมากกว่าน้ำหนักของขนนก เพราะปริมาตรที่แทนที่อากาศของตะกั่วน้อยกว่าปริมาตรที่แทนที่อากาศของขนนก ซึ่งในการหาความแตกต่างของน้ำหนักของวัตถุ ทั้งสองนี้ ต้องใช้เครื่องชั่งที่มีความรู้สึกไวมาก (Most Sensitive Balance) ทั้งนี้เพราะผลต่างของน้ำหนักของการชั่งวัตถุทั้งสอง จะเท่ากับผลต่างของน้ำหนักของอากาศที่ถูกแทนที่ด้วยมวลของวัตถุทั้งสองนั้น

2.5 อิทธิพลของมวลสารต่อการสะสมความร้อน

นอกจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์ที่มีผลโดยตรงต่อการสะสมความร้อนให้แก่อาคารแล้ว มวลสาร(Thermal Mass) ของวัสดุถือเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้วัสดุนั้นๆเกิดการสะสมความร้อน โดยที่วัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการเก็บความร้อน และหน่วงเหนี่ยวการถ่ายเทความร้อนของวัสดุได้มากน้อยต่างกัน ในการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจริงจึงทำได้ยาก ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากอิทธิพลต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนในอาคารจริงซึ่งมาจากหลายองค์ประกอบด้วยกัน ดังนี้[11]

---

[11] สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล, "ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตสาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537), หน้า 7-10

2.5.1 การแลกเปลี่ยนความร้อนของผิวผนังกับสภาพแวดล้อม (Long Wave Radiation Heat Exchange) เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผนังกับผิววัสดุอื่น ๆ ก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้น โดยเฉพาะในรูปของการแผ่รังสี

2.5.2 การถ่ายเทความร้อนของผนังให้กับอากาศโดยตรง โดยการพาความร้อน (Surface Condition) การถ่ายเทความร้อนของผนังด้วยวิธีนี้ ขึ้นอยู่กับความเร็วที่ลมพัดผ่าน และลักษณะของพื้นผิว อิทธิพลของ Surface Condition ที่มีต่อปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนัง จะมีค่าน้อยมาก ในกรณีที่ผนังนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ อิทธิพลนี้จะมีค่ามากขึ้นในกรณีที่ผนังนั้นๆมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูง

2.5.3 ความสามารถในการดูดกลืนและกระจายพลังงานความร้อนของผนัง (Surface Absorption) และ Surface Emission) โดยปกติแล้ว หากเป็นสีของผนังธรรมดาหรือสีผิวของวัสดุตามธรรมชาติ ค่า Surface Emission จะค่อนข้างสูง คือประมาณ 0.8 - 0.9 เป็นส่วนใหญ่ นอกเสียจากว่าเป็นสีเคลือบผิวพิเศษ (Selective Coating) อาจจะมีค่าการดูดความร้อนต่ำแต่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนสูง จะทำให้ผิวผนังเย็นกว่าปกติ สำหรับค่าการดูดกลืนความร้อน (Surface Absorption) ส่วนมากจะแปรตามความเข้มของสีผิว คือ เข้มมากก็จะดูดกลืนความร้อนสูง

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์และค่าการเปล่งรังสีความร้อนของวัสดุสีขาวและโลหะมันวาว

	a (Solar)	e (Terrestrial)
White Painted Surface	0.1 - 0.3	0.8 - 0.9
Bright Materials	0.1 - 0.3	0.05 - 0.2

ที่มา : Danald, and Watson ,Climatic Design : Energy - Efficient Building Principle and Practice, (1983), pp.79

จากตารางแสดงให้เห็นว่า พื้นผิววัสดุทั้งสองมีค่าการรับรังสีดวงอาทิตย์เท่ากัน แต่พื้นผิวที่ทาสีขาวจะมีค่าการเปล่งรังสีมากกว่า ทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าโลหะมันวาว ส่วนโลหะมันวาวเหมาะที่

จะใช้เป็นฉนวนกันความร้อนจากการแผ่รังสี เนื่องจากการสะท้อนรังสีส่วนใหญ่ที่ตกกระทบถึงแม้จะมีบางส่วนที่ถูกดูด กลืนไว้แต่จะเปล่งรังสีความร้อนออกมาในปริมาณน้อย

สีของวัสดุอาจใช้เป็นตัวบอกค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของวัสดุได้ ค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์จะลดลงและค่าการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นเมื่อวัสดุมีสีอ่อนลง แต่ทั้งนี้สีของวัสดุนี้ไม่อาจใช้แสดงพฤติกรรมการดูดกลืนและสะท้อนรังสีความร้อนซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาว เช่น วัสดุที่มีสีดำมีค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์สูงมาก ในขณะที่สีขาวมีค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ต่ำแต่วัสดุทั้งสองสีมีค่าการเปล่งรังสีความร้อน ซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาวใกล้เคียงกัน พบว่าเมื่อวัสดุสีดำได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์จะร้อนมากกว่าวัสดุสีขาว แต่แล้วจะเย็นลงเท่ากันในตอนกลางคืนโดยการแผ่รังสีผ่านท้องฟ้า

2.5.4 <u>ความจุความร้อน</u> (Thermal Heat Capacity) ค่าความจุความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุ 1 หน่วยปริมาตร หรือพื้นที่ผิว 1 หน่วยพื้นที่ มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1° มีหน่วยเป็น Kcal / m^3 วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูงจะกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนช้าลง ซึ่งจะมีผลทำให้อุณหภูมิที่ผิววัสดุมีค่าความร้อนแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

ก. ค่า Specific Heat Capacity ของวัสดุ

ข. มวลสารของวัสดุ

ค. ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของวัสดุและอุณหภูมิโดยรอบ

2.6 <u>งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องอิทธิพลของวัสดุตกแต่งภายในต่อการสะสมความร้อนและความชื้นภายในอาคาร มีผู้ทำการศึกษาวิจัยโดยตรงน้อยมาก โดยมากเป็นการศึกษาค้นคว้าเรื่องของมวลสารต่อการสะสมความร้อน ซึ่งจัดเป็นเรื่องที่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งนี้ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร มวลสาร (Mass) ของวัสดุตกแต่งภายในถือเป็นปัจจัยประการสำคัญ ที่ต้องนำมาพิจารณาและศึกษาถึงความสัมพันธ์ว่ามีมากน้อยเพียงใดซึ่งจากการศึกษาเรื่องผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (สินีรัตน์, 2536) พบว่า

1. ผนังมวลสารมากจะสะสมและสูญเสียความร้อนในอัตราที่ช้ากว่าผนังมวลสารน้อยที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) เท่ากัน

2. ผนังที่มีมวลสารมากก็จะมีค่าหน่วงเหนี่ยวเวลา (Time Lag) มาก โดยที่ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีอุณหภูมิภายในขึ้นสูงสุดหลังจากอุณหภูมิอากาศภายนอกขึ้นสูงสุดแล้ว 2-3 ช.ม. ขึ้นอยู่กับความหนาของผนัง และอุณหภูมิภายในจะสูงกว่า (ร้อนกว่า) อุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นเวลานานหลายชั่วโมง ถึงแม้อุณหภูมิอากาศภายนอกจะลดลงจนไม่ร้อนแล้วก็ตาม อุณหภูมิภายในของผนังอิฐฉาบปูนก็ยังร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอีกหลายชั่วโมง เนื่องจากความจุความร้อนของมวลสาร อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับผนังโฟมซึ่งมีมวลสารน้อย ผลการทดสอบที่ได้แทบจะไม่มีค่าหน่วงเหนี่ยวเวลา เนื่องจากพฤติกรรมของอุณหภูมิภายในของผนังโฟม จะขึ้นสูงและลงที่ต่ำตามอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดเวลา นั่นคือ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกลดลง อุณหภูมิภายในของโฟมก็ลงตามนอกจากนั้นในช่วงกลางคืน อุณหภูมิภายในของโฟมลงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงรังสีคลื่นยาวกับท้องฟ้า (Longwave Radiation Heat Exchange)

นอกจากการสะสมความร้อนของมวลสาร (Thermal Mass) ของวัสดุแล้ว ความชื้น(Moisture) ที่สะสมอยู่ภายในอาคารก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เพิ่มภาระให้แก่ระบบปรับอากาศ จากการศึกษาเรื่องระบบลดความชื้นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (ปิยะวัติ, เสกสรรค์, อารักษ์,2536) เป็นการศึกษาและสร้างระบบลดความชื้นขนาดเล็ก โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ช่วยในการปฏิบัติงานเพื่อลดความชื้นภายในอาคาร ซึ่งพบว่าในเวลากลางคืนมีความชื้นในบรรยากาศสูงซึ่งมีผลอย่างมากต่อการเก็บรักษาพืชผลบางชนิดทำให้ไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน และมักเกิดความเสียหายขึ้นได้ง่าย จึงหาวิธีเพื่อลดความชื้นภายในอาคารขึ้น โดยใช้ระบบลดความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งระบบลดความชื้นนี้สามารถใช้ได้กับห้องเย็นแบบธรรมชาติ โดยปกติจะมีความชื้นภายในอาคารสูง เพื่อลดความชื้นในห้องลงให้เหมาะสมกับการเก็บพืชผลบางอย่าง ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับหลักการของห้องระบบ Passive Cooling เพื่อทำเป็นระบบปรับอากาศได้ในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย