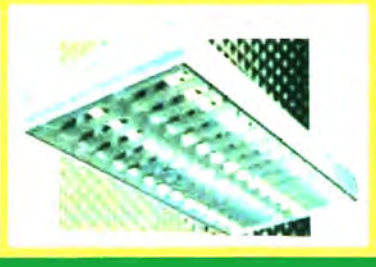
กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน

การใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน



ห้องสมุด
2830
8 เม.ย. 45
รัฐสภา

การใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

สิ่งพิมพ์รัฐบาล
สมบัติห้องสมุดรัฐสภา

สารบัญ

คำนำ 7

บทนำ 8

ข้อพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุในส่วนต่างๆ ของอาคาร 10

วัสดุมุงหลังคา 11

วัสดุผนัง 16

วัสดุฝ้าเพดาน 22

วัสดุพื้น 22

วัสดุตกแต่งภายใน 27

ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณสมบัติของกรอบอาคาร 30

ค่าความต้านทานความร้อนของกรอบอาคาร 30

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (OTTV และ RTTV) 38

ปัญหาของการใช้วัสดุในเมืองไทย 43

การก่อสร้างและการลงทุน 42

ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อม 44

การประหยัดพลังงาน 44

อิทธิพลของมวลสารของวัสดุต่อการถ่ายเทความร้อน 45

การควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคารที่มีผลต่อการเลือกใช้วัสดุ 47

อาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ 48

อาคารที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ 48

การพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ภายในอาคาร 50

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 50

ระบบปรับอากาศ 55

อิทธิพลของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง 58

คำศัพท์และคำนิยามที่ควรทราบ 69

เอกสารอ้างอิง 71

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1	ตัวอย่างการใช้แป้นเกล็ดหรือกระเบื้องไม้ในส่วนหลังคา	13
ภาพที่ 2	ลักษณะของหลังคากระเบื้องคอนกรีตหรือกระเบื้องซีแพคโมเนีย	13
ภาพที่ 3	ลักษณะของหลังคาโลหะ	14
ภาพที่ 4	ลักษณะของหลังคาชิงเกิล	15
ภาพที่ 5	ลักษณะของผนังก่ออิฐฉาบปูน	17
ภาพที่ 6	ลักษณะของการใช้ผนังไม้เป็นผนังภายนอกอาคาร	18
ภาพที่ 7	แสดงองค์ประกอบของผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS)	19
ภาพที่ 8	วิธีการก่อสร้างผนังอาคารด้วยคอนกรีตมวลเบา	20
ภาพที่ 9	ตัวอย่างการใช้ผนังยิปซัมเป็นผนังภายในอาคาร	21
ภาพที่ 10	ตัวอย่างการใช้ยิปซัมเป็นฝ้าเพดานของอาคาร	22
ภาพที่ 11	ลักษณะของวัสดุพื้นอาคารประเภทหิน	23
ภาพที่ 12	ลักษณะของวัสดุพื้นอาคารประเภทไม้	24
ภาพที่ 13	ลักษณะของวัสดุพื้นอาคารประเภทกระเบื้อง	25
ภาพที่ 14	ลักษณะของวัสดุพื้นอาคารประเภทกระเบื้องยาง	25
ภาพที่ 15	ลักษณะของพรมเส้นใยธรรมชาติ ชนิดพรมขนแกะ	26
ภาพที่ 16	ลักษณะของพรมเส้นใยสังเคราะห์ ชนิดพรมอะคริลิค	27
ภาพที่ 17	ตัวอย่างการใช้วัสดุประเภทสิ่งทอตกแต่งภายในอาคาร	29

สารบัญภาพ

ภาพที่ 18	วัสดุประเภทกระดาษเป็นวัสดุที่พบมากภายในอาคาร	29
ภาพที่ 19	แหล่งที่มาของความร้อนภายในอาคาร	30
ภาพที่ 20	แสดงความหมายของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ของใยแก้วอัด	33
ภาพที่ 21	แสดงการคำนวณค่าความนำความร้อน (C) และค่าความต้านทานความร้อน (R-Value) ของใยแก้วอัดหนา (Δx) 10 เซนติเมตร	33
ภาพที่ 22	แสดงความหมายของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ของคอนกรีต	34
ภาพที่ 23	แสดงการคำนวณค่าความนำความร้อน (C) และค่าความต้านทานความร้อน (R-Value) ของคอนกรีต หนา (Δx) 10 เซนติเมตร	34
ภาพที่ 24	แสดงลักษณะผนังสำหรับการคำนวณค่าความต้านทานความร้อน ตัวอย่างที่ 1	35
ภาพที่ 25	แสดงลักษณะผนังสำหรับการคำนวณค่าความต้านทานความร้อน ตัวอย่างที่ 2	36
ภาพที่ 26	แสดงลักษณะผนังสำหรับการคำนวณค่าความต้านทานความร้อน ตัวอย่างที่ 3	37
ภาพที่ 27	การเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดไส้และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ชนิดบัลลาสต์ภายใน โดยที่มีฟลักซ์การส่องสว่างใกล้เคียงกัน	54
ภาพที่ 28	การเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดไส้และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ชนิดบัลลาสต์ภายนอก หรือหลอดตะเกียบโดยที่มีฟลักซ์การส่องสว่างใกล้เคียงกัน	54
ภาพที่ 29	ลักษณะฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ของเครื่องปรับอากาศ	55
ภาพที่ 30	แสดงลักษณะผนังทึบและผนังโปร่งแสง สำหรับตัวอย่างที่ 1	60
ภาพที่ 31	แสดงลักษณะผนังทึบและผนังโปร่งแสง สำหรับตัวอย่างที่ 2	62
ภาพที่ 32	แสดงลักษณะผนังทึบและผนังโปร่งแสง สำหรับตัวอย่างที่ 3	64
ภาพที่ 33	แสดงลักษณะผนังทึบและผนังโปร่งแสง สำหรับตัวอย่างที่ 4	66

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 1	แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ต่างๆ	39
แผนภูมิที่ 2	แสดงค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับผนังอาคารที่ทำมุมเอียงกับพื้นในทิศทางต่างๆ หน่วยเป็นวัตต์ต่อตาราง	40
แผนภูมิที่ 3	แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของหลังคาที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ต่างๆ	41
แผนภูมิที่ 4	แสดงค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับหลังคาอาคารที่ทำมุมเอียงกับพื้นในทิศทางต่างๆ หน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร	42
แผนภูมิที่ 5	แสดงอิทธิพลของมวลสารที่ทำให้เกิดการหน่วงความร้อนและ Decrement Factor	46
แผนภูมิที่ 6	แสดงระดับความสว่างสำหรับงานแต่ละประเภท เป็นลักซ์หรือลูเมนต่อตารางเมตร	52
แผนภูมิที่ 7	แสดงค่าประสิทธิภาพแสงโดยเฉลี่ยของแหล่งกำเนิดแสงสว่างชนิดต่างๆ	53
แผนภูมิที่ 8-11	แสดงอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (WWR) กับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) ในทิศต่างๆ สำหรับตัวอย่างที่ 1	61
แผนภูมิที่ 12-15	แสดงอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (WWR) กับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) ในทิศต่างๆ สำหรับตัวอย่างที่ 2	63
แผนภูมิที่ 16-19	แสดงอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (WWR) กับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) ในทิศต่างๆ สำหรับตัวอย่างที่ 3	65
แผนภูมิที่ 20-23	แสดงอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (WWR) กับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) ในทิศต่างๆ สำหรับตัวอย่างที่ 4	67

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	แสดงค่ามาตรฐานกำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดจำแนกตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน	51
ตารางที่ 2	แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ	56
ตารางที่ 3	แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ	56
ตารางที่ 4	แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อเดือน เมื่อใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน หรือ 12.66 เมกะจูลต่อชั่วโมง (12,000 บีทียูต่อชั่วโมง) ตามมาตรฐาน โดยแยกตามฉลากประหยัดไฟ	57

คำนำ

จากสถานการณ์การใช้พลังงานในปัจจุบันของประเทศไทยซึ่งนับวันจะมีความต้องการสูงขึ้นเป็นลำดับ เนื่องจากความเจริญเติบโตของประเทศ ซึ่งได้มีการพัฒนาเศรษฐกิจในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธุรกิจเอกชนทั้งในภาคอุตสาหกรรมการผลิต และการบริการต่างๆ ทำให้เกิดมีอาคารและโรงงานทั้งขนาดใหญ่และเล็กมากมายทั้งในส่วนกลางและภูมิภาคซึ่งอาคารและโรงงานเหล่านี้มีความต้องการใช้พลังงานมาก ทั้งในส่วนของระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบการผลิต และอื่นๆ เนื่องจากรูปแบบของอาคารและโรงงานในปัจจุบัน มักจะออกแบบโดยคำนึงถึงความสวยงามและประโยชน์ใช้สอยมากกว่าจะคำนึงถึงเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการรณรงค์ส่งเสริมให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในทุกระดับอย่างจริงจัง โดยได้มีการกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานต่างๆ ตั้งแต่การออกแบบ เพื่อให้เป็นอาคารและโรงงานที่สามารถอนุรักษ์พลังงานได้ โดยใช้เทคนิค เทคโนโลยีและวัสดุอุปกรณ์ที่ทันสมัยเท่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้อาคารและโรงงานต่างๆ ทั้งของรัฐและเอกชนที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต มีรูปแบบของอาคารอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งจะสามารถลดความต้องการใช้พลังงานลงได้เป็นอย่างมาก นอกจากนั้นยังสามารถลดการนำเข้าพลังงานในรูปแบบต่างๆ สามารถประหยัดเงินตราต่างประเทศได้เป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังช่วยลดภาระการผลิตพลังงานของประเทศได้อีกด้วย

ดังนั้น กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน จึงได้ดำเนินการจัดทำเอกสารเผยแพร่การอนุรักษ์พลังงานในรูปแบบต่างๆ ออกมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน เรื่องการใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานนี้เป็นเอกสารอีกเรื่องหนึ่งที่ให้ความรู้เรื่องการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการออกแบบอาคารให้มีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน หวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานเรื่องการใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน จะเป็นการช่วยให้งานด้านการอนุรักษ์พลังงานของประเทศประสบความสำเร็จ ทั้งนี้เพื่ออนาคตของประเทศชาติสืบไป

(นายอิทธิ พิชเยนทรโยธิน)
อธิบดีกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

บทนำ

ในอดีตประเทศไทยอุดมสมบูรณ์ไปด้วยป่าไม้ และพืชพันธุ์ธรรมชาติต่างๆ อีกทั้งมีจำนวนและความหนาแน่นของประชากรค่อนข้างต่ำ บ้านเรือนหรือที่อยู่อาศัยก็ไม่ค่อยแออัดอย่างเช่นที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน สภาพแวดล้อมดังกล่าวทำให้อาคารทรงไทยมีหลังคาสูง ใต้ถุนสูงและมีระบบการกันแดด โดยการยื่นชายคาออกไปเพื่อกันแดดให้กับผนังอาคารทั้งในส่วนที่เป็นผนังทึบและหน้าต่าง ประกอบกับการมีต้นไม้ช่วยบดบังแสงแดดให้กับอาคาร ทำให้ผนังของอาคารไม่ต้องประสบกับปัญหาการถูกแดดเผาตลอดทั้งวัน ความร้อนที่ผนังได้รับมีเฉพาะในส่วนของรังสีสะท้อน (Diffuse Radiation) จากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีปริมาณความร้อนประมาณ 10-15% ของรังสีอาทิตย์ทั้งหมดเท่านั้น

เมื่อความหนาแน่นของประชากรและที่อยู่อาศัยมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเช่นในปัจจุบัน (โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล) ที่ดินและค่าก่อสร้างมีราคาแพงขึ้น ทำให้เนื้อที่ที่ใช้ปลูกสร้างอาคารมีน้อยลง การที่จะสร้างอาคารให้มีส่วนยื่นออกมากันแดด หรือสร้างสภาพแวดล้อมให้ร่มรื่นด้วยต้นไม้แบบอาคารในอดีตเป็นสิ่งที่ทำได้ยากมาก อีกประการหนึ่งเป็นเพราะสภาพเศรษฐกิจทำให้การลงทุนทำหลังคาที่มีส่วนยื่นออกมาจากแนวอาคารมากๆ แบบสมัยก่อนกลายเป็นการลงทุนที่สูงมาก เพราะบางครั้งเนื้อที่เฉพาะส่วนหลังคาที่ยื่นออกมาจากแนวอาคารอาจมากเกือบเท่ากับส่วนพื้นที่ใช้สอยของอาคารนั้นเลยทีเดียว เนื่องจากความจำเป็นดังกล่าวจึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้บ้านพักอาศัยและอาคารในยุคหลังมีชายคา หรือส่วนยื่นกันแดดค่อนข้างสั้น (หรือไม่มีเลย) ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้ผิวอาคารได้รับแสงแดดโดยตรงตลอดทั้งวัน เป็นผลให้ภายในอาคารร้อนมากกว่าปกติ เพราะผนังอาคารเป็นตัวดูดกลืนความร้อนเอาไว้แล้วส่งผ่านเข้าไปภายในอาคาร จนทำให้ต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อปรับสภาพภายในอาคารซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานอย่างหนึ่งดังนั้นน่าจะถึงเวลาแล้วที่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงวัสดุก่อสร้างให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน โดยการหันมาเลือกใช้วัสดุที่มีการกันความร้อนดีกว่าระบบก่ออิฐฉาบปูนแบบเก่าหรือ มิฉะนั้นก็ต้องปรับปรุงผนังก่ออิฐฉาบปูนแบบเดิมให้มีค่าความต้านทานความร้อนดีขึ้น

เมื่อค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานเริ่มมีบทบาทต่อระบบเศรษฐกิจมากขึ้น (ค่าไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ) การก่อสร้างอาคารและการเลือกใช้วัสดุที่ไม่ได้คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน ย่อมจะก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่รุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาคารสูงที่ยากต่อการทำระบบกันแดด (Shading Device System) ยิ่งทำให้การเลือกวัสดุที่ใช้เป็นผนังอาคารมีความสำคัญมาก จนบางครั้งความผิดพลาดในการตัดสินใจของผู้ออกแบบ อาจทำให้เกิดความเสียหายแก่เจ้าของกิจการได้

การก่อสร้างอาคารเท่าที่เป็นมาในอดีตนั้น มีวัสดุให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ค่อนข้างจำกัด ทำให้อาคารจำนวนมากในบ้านเราก่อสร้างด้วยวัสดุเหมือนๆ กัน เช่น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังก่ออิฐฉาบปูน แต่ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีและวิทยาการเจริญก้าวหน้าไปจากเดิมอย่างมาก มีการพัฒนาค้นคว้าวัสดุแปลกใหม่เพิ่มขึ้น เพื่อตอบสนองการใช้งานในการออกแบบและการก่อสร้าง ข้อจำกัดเดิมของผู้ออกแบบในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างลดน้อยลง มีวัสดุก่อสร้างทั้งเก่าและใหม่ให้เลือกใช้ได้อย่างอิสระเพื่อสนองต่อความคิดสร้างสรรรูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่หลากหลาย จนบ่อยครั้งที่ผู้ออกแบบมุ่งเน้นแต่การเลือกใช้วัสดุเพื่อความสวยงามแปลกตาของอาคารจนลืมพิจารณาถึงความเหมาะสมของวัสดุนั้นในด้านอื่นๆ เช่น ความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ การประหยัดพลังงาน การบำรุงรักษา ฯลฯ จนทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานหรือปัญหาต่อสภาพแวดล้อม

ระบบและอุปกรณ์ภายในอาคารเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ระบบโครงสร้างอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ตลอดจนการเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ภายในอาคารล้วนมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันและมีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร ระบบและอุปกรณ์ที่ดีและมีประสิทธิภาพจะช่วยเอื้ออำนวยให้การใช้พลังงานภายในอาคารมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติและเทคนิคในการเลือกใช้วัสดุในส่วนต่างๆ ของอาคาร ตลอดจนการเลือกระบบและอุปกรณ์ภายในอาคารที่สอดคล้องกัน เพื่อวัตถุประสงค์ให้มีการใช้พลังงานภายในอาคารน้อยที่สุดเป็นหลัก

ข้อพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุในส่วนต่างๆ ของอาคาร

ส่วนของอาคาร อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

ประเภทที่ 1 คือส่วนที่เป็นเปลือกของอาคาร (Building Envelope) ซึ่งได้แก่ ผนังภายนอกอาคาร พื้นและหลังคา

ประเภทที่ 2 คือส่วนของอาคารที่อยู่ภายใน มิได้สัมผัสกับอากาศภายนอกอาคารโดยตรง ซึ่งได้แก่ ผนังภายในอาคาร เพดาน พื้นระหว่างชั้นและวัสดุตกแต่งภายในอาคาร

การเลือกใช้วัสดุสำหรับส่วนต่างๆ ของอาคารจะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ซึ่งแตกต่างกันออกไป นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของวัสดุในด้านต่างๆ ประกอบกันด้วย เช่น ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านการก่อสร้าง ด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ข้อพิจารณาโดยทั่วไป สำหรับการเลือกใช้วัสดุในแต่ละส่วนของอาคารมีดังนี้

- การตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ในการใช้งาน
- มีความสวยงาม หาง่าย
- ทนทาน ดูแลรักษาง่าย
- มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง
- ราคาถูก ค่าบำรุงรักษาต่ำ
- ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

ข้อพิจารณาอีกข้อหนึ่งที่มักจะถูกมองข้ามไปในการเลือกใช้วัสดุได้แก่ คุณสมบัติที่เอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวอาจแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันของวัสดุ เช่น การเลือกวัสดุมุงหลังคาเพื่อการประหยัดพลังงานจะต้องพิจารณาคุณสมบัติการป้องกันความร้อนและความชื้นเป็นสำคัญ เนื่องจากเป็นส่วนของอาคารที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนของรังสีอาทิตย์และความชื้นจากอากาศโดยตรง แต่หากเป็นวัสดุพื้นชั้นล่างของอาคารที่สัมผัสดินการเลือกวัสดุจะต้องเลือกวัสดุที่มีการนำความร้อนและมีความสามารถในการป้องกันความชื้นได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากพื้นดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศมาก

โดยเฉพาะในระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับพื้นดินมีความชื้นสะสมอยู่สูง ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวจะช่วยนำความเย็นจากพื้นดินเข้ามาภายในอาคาร ทำให้อากาศภายในอาคารเย็นลงได้ วัสดุในส่วนอื่นๆ ของอาคารที่มีหน้าที่และลักษณะการใช้งานแตกต่างกันออกไป การพิจารณาเลือกใช้วัสดุก็จะแตกต่างกันด้วย ผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงคุณสมบัติของวัสดุ ลักษณะการใช้งาน ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของวัสดุกับลักษณะการใช้งานวัสดุเป็นอย่างดี ทั้งนี้เพื่อให้การใช้งานวัสดุในแต่ละส่วนของอาคารเกิดประสิทธิภาพและมีความคุ้มค่าสูงสุด ข้อพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุในส่วนต่างๆ ของอาคารมีดังนี้

วัสดุมุงหลังคา

ในการเลือกวัสดุมุงหลังคานั้น ในเบื้องต้นจะต้องเข้าใจถึงความต้องการและหน้าที่หลักของวัสดุมุงหลังคา คือ

การกันรั่ว หน้าที่หลักของหลังคาที่สำคัญคือ การกันรั่วได้ 100% เนื่องจากเป็นส่วนที่ต้องทำหน้าที่ในการป้องกันน้ำฝน น้ำค้างและความชื้นจากอากาศไม่ให้ผ่านเข้ามาภายในอาคาร

การกันความร้อน เนื่องจากหลังคาเป็นส่วนที่ต้องรับความร้อนจากรังสีอาทิตย์โดยตรงในเวลากลางวัน คุณสมบัติการกันความร้อนจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา โดยเฉพาะการใช้งานในเขตร้อน ซึ่งมีอุณหภูมิสูงมากในเวลากลางวัน

ความแข็งแรงทนทาน บ้านพักอาศัยที่มีระบบหลังคาแบบที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบันมักจะมีปัญหา และเกิดความเสียหายจากการหลุดร่อนปลิวของกระเบื้องมุงหลังคา เมื่อมีลมมาปะทะแรงๆ เนื่องจากหลังคาไม่สามารถรับแรงลมได้

ความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม เนื่องจากวัสดุมุงหลังคาเป็นวัสดุที่ต้องสัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารตลอดเวลา ดังนั้นจึงมิอาจหลีกเลี่ยงผลกระทบที่เกิดจากสภาพแวดล้อมได้ การเลือกวัสดุที่มีความเหมาะสมและสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี จะทำให้วัสดุมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงและมีอายุการใช้งานยาวนาน ไม่ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคารบ่อยๆ

ความสวยงาม วัสดุมุงหลังคาจัดเป็นวัสดุในส่วนของกรอบอาคารนอกจากมีความสวยงามแล้ว ยังแสดงออกถึงรสนิยมของผู้เป็นเจ้าของด้วย จึงเป็นข้อพิจารณาที่มิอาจละเลยได้ การพิจารณาเลือกใช้วัสดุมุงหลังคาเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน ต้องมีข้อพิจารณาเพิ่มเติมเกี่ยวกับมวลสาร (Mass) ของวัสดุมุงหลังคา และค่าความต้านทานความร้อน (Thermal Resistance: R-Value) ดังนี้

- ควรเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อย เพื่อให้มีการดูดกลืนและสะสมความร้อนต่ำ ทำให้การถ่ายเทความร้อนจากวัสดุมุงหลังคาเข้ามายังภายในอาคารลดลง
- ควรเป็นวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง เพื่อให้สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคารได้ดี

เมื่อความร้อนผ่านเข้ามาภายในอาคารน้อย ภายในอาคารก็จะเย็นสบายโดยไม่ต้องใช้พัดลม หรือเครื่องปรับอากาศเข้ามาช่วย หากต้องการปรับอากาศให้สบายมากยิ่งขึ้น พลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศก็จะน้อย เนื่องจากมีความร้อนซึ่งเป็นภาระการทำความเย็นภายในอาคารไม่มากนัก

วัสดุมุงหลังคาในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดมีคุณสมบัติและคุณภาพแตกต่างกันออกไป การเลือกใช้วัสดุมุงหลังคาได้อย่างเหมาะสม จำเป็นที่จะต้องทราบคุณสมบัติของวัสดุมุงหลังคาอย่างดี ตัวอย่างวัสดุมุงหลังคาที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ แป้นเกล็ด กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน หลังคาโลหะ และหลังคาชิงเกิล ซึ่งจะกล่าวถึงคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุชนิดต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ดังนี้

แป้นเกล็ด เป็นกระเบื้องไม้ที่นิยมใช้สำหรับมุงหลังคาในอดีต เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก ปัจจุบันไม่นิยมใช้อีกแล้วเพราะไม้หายาก มุงยาก ประกอบกับไม่ค่อยมีการผลิตมากนัก กระเบื้องไม้จึงมีราคาแพงขึ้น ข้อดีของกระเบื้องไม้คือ มีความสวยงามและกลมกลืนกับสภาพธรรมชาติ การใช้งานส่วนใหญ่จึงมักพบในอาคารที่อยู่ท่ามกลางสภาพธรรมชาติ เช่น โรงแรมหรือรีสอร์ท เป็นต้น คุณสมบัติของวัสดุประเภทไม้จะมีการดูดซับความชื้นค่อนข้างสูง ดังนั้นหากใช้ไม้มุงหลังคาจึงควรเคลือบผิวด้วยวัสดุอื่นที่มีค่าการกันความชื้นที่ดีกว่าหรือติดตั้งร่วมกับวัสดุฉนวนกันความชื้นชนิดอื่น เนื่องจากไม้มีค่าความเป็นฉนวนประมาณ 1/4 เท่า ของฉนวนใยแก้วที่มีความหนาเท่ากัน ดังนั้น เมื่อซ้อนชั้นแป้นเกล็ดหลายชั้นก็จะมีค่าความเป็นฉนวนในระดับหนึ่ง

ภาพที่ 1 *ตัวอย่างการใช้แป้นเกล็ดหรือกระเบื้องไม้ในส่วนหลังคาซึ่งมีความสวยงามกลมกลืนกับสภาพแวดล้อม วัสดุประเภทไม้มีความเป็นฉนวนกันความร้อนได้ในระดับหนึ่ง แต่มีข้อเสียคือหายากและมีค่าการดูดซับความชื้นสูง*

กระเบื้องคอนกรีต หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า กระเบื้องโมเนีย เป็นวัสดุที่นิยมใช้กันมากสำหรับบ้านพักอาศัย โดยเฉพาะบ้านจัดสรร กระเบื้องคอนกรีตผลิตจากคอนกรีตอัดให้เป็นรูปลักษณะกระเบื้อง มีขนาด ลวดลายและสีสันต่างๆ ให้เลือกใช้ได้มากมายตามความต้องการ กระเบื้องคอนกรีตมีความแข็งแรง ทนทาน แต่มีน้ำหนักมาก (ประมาณ 4.4 กิโลกรัมต่อ 1 แผ่น) ดังนั้นโครงหลังคาจึงต้องสร้างให้มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักได้ และเนื่องจากกระเบื้องคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก จึงมีการดูดกลืนความร้อนสูง ดังนั้นการใช้งานกระเบื้องคอนกรีต ควรมีการติดตั้งฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคาร จึงจะเป็นการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพที่ 2 *ลักษณะของหลังคากระเบื้องคอนกรีตหรือกระเบื้องซีแพคโมเนีย ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน มีความแข็งแรงทนทาน และมีลวดลายสีสันมากมายให้เลือกใช้ได้ตามความต้องการ แต่มีข้อเสียคือ มวลสารมากทำให้มีการดูดกลืนความร้อนสูง จึงควรใช้ควบคู่กับการติดตั้งฉนวนกันความร้อน*

กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า กระเบื้องลอน หรือกระเบื้องลอนลูกฟูก ทำจากปูนซีเมนต์ผสมแอสเบสทอส (Asbestos) นำมาอัดเป็นแผ่น มีทั้งชนิดลอนเล็กและลอนใหญ่ นิยมใช้สำหรับบ้านพักอาศัยระดับราคาปานกลาง และอาคารที่มีพื้นที่หลังคามากๆ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โกดังเก็บสินค้า เป็นต้น เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีราคาถูกมากเมื่อเทียบกับกระเบื้องคอนกรีต หลังคาโลหะและหลังคาซิงเกิล ข้อดีของการใช้กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน คือ มีน้ำหนักเบา ทำให้ไม่สะสมความร้อนและมีความเป็นฉนวนค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับกระเบื้องคอนกรีต แต่ข้อเสียของกระเบื้องใยหินคือ เปราะ แตกหักง่ายและมีการดูดซับความชื้นสูง

หลังคาโลหะ (Metal Sheet) โลหะเป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในส่วนของหลังคา เนื่องจากคุณสมบัติด้านความแข็งแรง ทนทาน สามารถป้องกันความชื้นได้ 100% หลังคาโลหะส่วนใหญ่จะเป็นระบบหลังคาซึ่งประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด เพื่อทำหน้าที่ต่างๆ กัน โลหะที่นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุมุงหลังคาได้แก่ เหล็ก อลูมิเนียม โลหะผสมของอลูมิเนียม สังกะสี และซิลิคอน เป็นต้น วัสดุอื่นๆ ที่ประกอบเป็นระบบหลังคา ได้แก่ วัสดุประเภทฉนวนชนิดต่างๆ เพื่อป้องกันความร้อน ส่วนสีหรือวัสดุเคลือบผิวทำหน้าที่ป้องกันความชื้นและการเกิดสนิมให้แก่โลหะ การใช้งานหลังคาโลหะในเขตร้อน อาจทำให้เกิดความร้อนภายในอาคารสูง เนื่องจากโลหะเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงมาก การส่งผ่านความร้อนเข้ามาภายในอาคารจึงมีค่าสูงตามไปด้วย ดังนั้นหากต้องการใช้หลังคาโลหะ จึงควรมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนในระบบหลังคาด้วย

ภาพที่ 3 ลักษณะของหลังคาโลหะ ซึ่งมีความแข็งแรง ทนทาน และสามารถป้องกันความชื้นได้เกือบ 100% แต่มีข้อเสียคือเกิดสนิมได้ง่าย ต้องป้องกันด้วยการทาหรือเคลือบผิวด้วยวัสดุกันสนิม นอกจากนั้นโลหะยังมีค่าการนำความร้อนสูงมาก จึงควรใช้งานร่วมกับฉนวนเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

หลังคาชิงเกิล เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรง ทนทานและมีความยืดหยุ่นดี มีลักษณะเป็นแถบแบนยาว ผลิตขึ้นจากวัสดุหลายชนิด ประกอบด้วยแกนกลางซึ่งทำจากใยแก้วอัด (Reinforced Core of Glass Fiber) ชั้นของบิทูมินัส (Bituminous) แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) และตกแต่งผิวด้านบนด้วยกรวดขนาดเล็ก โดยมีเรซินเป็นตัวเชื่อมให้กรวดยึดติดอยู่อย่างแน่นหนา มีสีสันต่างๆ ให้เลือกใช้เพื่อความสวยงาม วัสดุดังกล่าวสามารถทนทานต่อสภาพอากาศที่มีความแปรปรวนได้ดี สามารถติดตั้งได้กับหลังคาทุกแบบ ทุกลักษณะ เนื่องจากมีความยืดหยุ่นดีจึงสามารถดัดให้โค้งงอได้ตามความต้องการ และติดตั้งลงบนแผ่นไม้อัดธรรมดา หลังคาชิงเกิล สามารถกันน้ำและความชื้นได้เกือบ 100% หากทำการติดตั้งอย่างถูกต้อง

หลังคาชิงเกิล เป็นวัสดุที่มีมวลสารต่ำ ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนระหว่างวัสดุกับสิ่งแวดล้อมได้อย่างรวดเร็ว ไม่สะสมความร้อน อย่างไรก็ตามค่าความต้านทานความร้อนของหลังคาชิงเกิล มีค่าไม่สูงมากนัก ดังนั้นหากต้องการให้มีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนเพิ่มขึ้น จึงต้องใช้ร่วมกับการติดตั้งฉนวนกันความร้อน

ภาพที่ 4 *ลักษณะของหลังคาชิงเกิล ซึ่งเป็นวัสดุมวลสารต่ำ ไม่สะสมความร้อน ทนทานต่อสภาพอากาศและกันความชื้นได้เกือบ 100% การติดตั้งทำได้ง่าย มีความยืดหยุ่นสูง สามารถติดตั้งได้กับหลังคาทุกรูปแบบและทุกลักษณะ แต่มีค่าความต้านทานความร้อนไม่สูงมากนัก ควรติดตั้งร่วมกับฉนวน*

วัสดุผนัง

วัสดุผนังและวัสดุปิดผนัง (Wall and Wall Covering) เป็นส่วนที่สำคัญและมีพื้นที่มากกว่าส่วนอื่นๆ ของอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งผนังภายนอกอาคารซึ่งเป็นส่วนที่สัมผัสกับกับอากาศภายนอกโดยตรง ทำให้มีผลมากต่อการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคาร ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุจึงต้องมีความพิถีพิถันมากเป็นพิเศษ การเลือกใช้วัสดุผนังอาคารต้องเลือกด้วยเหตุผลว่าต้องการให้ผนังทำหน้าที่อะไรให้กับตัวอาคาร ตัวอย่างเช่น

- ผนังภายนอกอาคารต้องสามารถป้องกันความร้อนและความชื้นได้อย่างดี คงทนแข็งแรง และมีความสวยงาม
- ผนังห้องนอนหรือห้องทำงาน นอกจากคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนและความชื้นแล้ว ยังจะต้องสามารถป้องกันเสียงได้เป็นอย่างดีอีกด้วย
- ผนังบริเวณส่วนซักล้าง ต้องมีความสามารถในการกันความชื้นได้เป็นอย่างดี และมีความคงทนแข็งแรง
- ผนังห้องน้ำ ต้องกันความชื้นได้ดี มีความแข็งแรง สามารถติดตั้งท่องานระบบได้สะดวก มีความสามารถในการกันเสียงได้
- ผนังห้องครัว ต้องสามารถป้องกันไฟได้เป็นอย่างดี คงทนต่อแรงกระทบ และทำความสะอาดได้ง่าย

ผนังภายนอกอาคาร

ผนังภายนอกอาคารเป็นส่วนที่สำคัญที่ต้องพิจารณาเลือกใช้วัสดุอย่างรอบคอบ เนื่องจากผนังภายนอกอาคารเป็นส่วนของเปลือกอาคาร ซึ่งสัมผัสกับอากาศภายนอกโดยตรง ดังนั้นผนังภายนอกอาคารจึงต้องมีทั้งความสวยงาม คงทนแข็งแรง และมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนและความชื้นจากภายนอกได้เป็นอย่างดี ปัญหาใหญ่อย่างหนึ่งของการออกแบบอาคารในประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น คือ การลดปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร จากการศึกษาพบว่า การที่จะนำเอาความเย็นตอนช่วงกลางคืนมาใช้กับกลางวันโดยอาศัยการหน่วงเวลา (Time Lag) ของวัสดุนั้นทำได้ยากมาก เพราะความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนมีไม่มากพอ การลดปริมาณความร้อนเท่าที่เทคโนโลยีในยุคปัจจุบันจะเอื้ออำนวยจึงเป็นการควบคุมความร้อนให้เข้ามาในอาคารให้น้อยที่สุดเป็นหลัก และถ้าจะมองภาพรวมของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำผนังภายนอกของอาคาร ควรมีลักษณะดังนี้

- ควรมีคุณสมบัติที่เอื้ออำนวยต่อการก่อสร้างและการลงทุน คือ มีน้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง มีความสามารถต้านทานแรงลมและการสั่นสะเทือน หาง่าย ทำงานง่าย ราคาประหยัด ค่าบำรุงรักษาต่ำ และมีความทนทานสูง

- ควรมีคุณสมบัติด้านความปลอดภัยและการรักษาสภาพแวดล้อม คือ ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม มีความสวยงามและทนทาน และมีอัตราการกันไฟสูงหรือไม่ติดไฟ

การพิจารณาเลือกใช้วัสดุผนังภายนอกอาคารเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานนั้น จะต้องพิจารณาคุณสมบัติที่เอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน คือ ค่าความต้านทานความร้อนสูง ไม่สะสมความร้อนหรือมีความจุความร้อนไม่สูง[1] หรือเป็นวัสดุที่มีมวลสารต่ำ **มีความทนทานต่อการขยายตัวหรือการหดตัวได้ดี** เพื่อลดปัญหาการแตกร้าวและมีการดูดซับความชื้นต่ำ ตัวอย่างวัสดุผนังภายนอกอาคารที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังไม้ ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (Exterior Insulation and Finished System; EIFS) ผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นต้น ผนังชนิดต่างๆ มีคุณสมบัติเบื้องต้นดังนี้

ผนังก่ออิฐฉาบปูน เป็นผนังภายนอกอาคารที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความคงทนแข็งแรงและนิยมใช้กันมาตั้งแต่ในอดีต ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีมวลสารมาก จึงมีการดูดกลืนความร้อนสูง หากก่อสร้างให้มีความหนาที่พอเหมาะ ผนังชนิดนี้จะมีความเหมาะสมสำหรับอาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ เนื่องจากสามารถช่วยให้เกิดการหน่วงความร้อนไม่ให้เข้าไปภายในอาคารได้ในเวลากลางวัน ซึ่งอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูง ภายในอาคารจึงเย็นกว่าภายนอก แต่หากเป็นอาคารที่มีการปรับอากาศ ผนังชนิดนี้ก็ไม่เหมาะสม เนื่องจากความร้อนที่ถูกดูดกลืนและสะสมเอาไว้จะเพิ่มภาระการทำความเย็น ทำให้เครื่องปรับอากาศต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในการนำเอาความร้อนออกจากวัสดุ นอกจากนั้นผนังชนิดนี้ยังมีข้อเสียในเรื่องของการดูดซับความชื้นสูง

ภาพที่ 5 ลักษณะของผนังก่ออิฐฉาบปูน ซึ่งเป็นผนังที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีความแข็งแรงทนทานและมีมวลสารมาก

[1] ดูรายละเอียดท้ายเล่ม หัวข้อ คำศัพท์และคำนิยามที่ควรทราบ

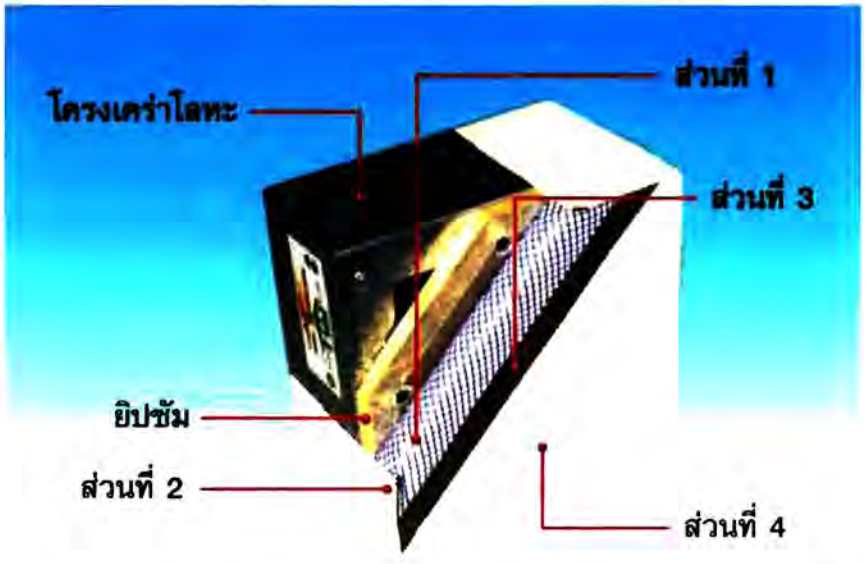
ผนังไม้ ไม้เป็นวัสดุที่นิยมใช้กันมากในอดีต เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาถูก และมีความสวยงามตามธรรมชาติ แต่ในปัจจุบันไม้มีราคาสูงขึ้น เนื่องจากมีปริมาณน้อยลง ทำให้ผนังไม้ไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนัก ไม้จัดเป็นฉนวนกันความร้อนประเภทหนึ่ง การใช้ในส่วนของผนังภายนอกอาคารจึงทำให้ความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามามีปริมาณไม่สูงนัก แต่จะต้องมีการติดตั้งที่พิถีพิถันไม่ให้มีช่องว่างระหว่างรอยต่อของแผ่นไม้เนื่องจากจะทำให้ความร้อนรั่วซึมเข้ามาได้ อย่างไรก็ตามผู้เลือกใช้ควรทราบว่าไม้เป็นวัสดุที่มีการดูดซับความชื้นสูง ไม่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นผนังของอาคารปรับอากาศ เพราะความชื้นดังกล่าวจะเพิ่มภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ หากต้องการใช้หรือมีความจำเป็นต้องใช้ผนังไม้ ควรมีการทา เคลือบ หรือปิดทับด้วยวัสดุที่มีการกันความชื้นที่ดี เช่น สี แลคเกอร์ แผ่นไวนิล ฯลฯ

ภาพที่ 6 ลักษณะของการใช้ผนังไม้เป็นผนังภายนอกอาคาร ซึ่งมีความสวยงามและกลมกลืนกับสภาพแวดล้อม ไม้เป็นวัสดุที่มีความเป็นฉนวนกันความร้อนได้ในระดับหนึ่ง แต่มีค่าการดูดซับความชื้นค่อนข้างสูง

ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ระบบผนังชนิดนี้ประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อทำหน้าที่ต่างๆ ของผนังนั่นเอง วัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนหลักๆ ดังนี้

- ส่วนที่ 1 ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร วัสดุที่ใช้สำหรับส่วนนี้จะเป็นวัสดุประเภทฉนวน ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนสูง เช่น โฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene Foam) หรือโฟมอีพีเอส (EPS Foam) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารน้อยที่สุด

- ส่วนที่ 2 ทำหน้าที่สร้างความแข็งแรงให้กับระบบผนัง วัสดุที่ใช้เป็นตาข่ายไฟเบอร์-กลาส (Fiberglass Mesh) ซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับ ผนังแล้ว ยังเป็นตัวยึดวัสดุในชั้นถัดไปด้วย
- ส่วนที่ 3 วัสดุเคลือบภายนอก เป็นกรดอะคริลิค 100% ที่ผสมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เกรดเอ ในอัตราส่วนเท่าๆ กัน แล้วจึงเททับลงบนตาข่ายที่วางอยู่บนโฟมอีพีเอส ใช้เป็นชั้นเสริมความแข็งแรงและเบสโค้ต (Adhesive Base Coat) สำหรับวัสดุปิดผิว
- ส่วนที่ 4 วัสดุเคลือบผิวชั้นนอกสุด เป็นผลิตภัณฑ์ปูนอะคริลิคสังเคราะห์ เป็นวัสดุปิดผิว 2 ชั้นอย่างหนา ซึ่งมีให้เลือกถึง 40 เฉดสี สามารถกันกระเทาะ กันสีซีด และคงทนในทุกสภาวะอากาศ



ภาพที่ 7 *แสดงองค์ประกอบของผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ซึ่งประกอบด้วยวัสดุต่างๆ หลายชั้น เพื่อทำหน้าที่ต่างกัน ด้านในสุดของผนังเป็นโครงเคร่าโลหะปิดด้วยแผ่นยิปซัม จากนั้นจึงปิดด้วยวัสดุต่างๆ อีก 4 ชั้น (ดังรูป) ผนังชนิดนี้มีมวลสารน้อย ไม่สะสมความร้อน และมีค่าความต้านทานความร้อนสูง นอกจากนั้นยังมีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพภูมิอากาศและกันความชื้นได้ดี*

ผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นวัสดุคอนกรีตมวลเบาที่ผลิตสังเคราะห์จากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ทราย ปูนขาว ปูนซีเมนต์ ยิปซัม และสารกระจายฟองอากาศ ไม่มีส่วนประกอบที่ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม มีน้ำหนักเบากว่าอิฐธรรมดา 2-3 เท่า เนื่องจากเนื้อวัสดุประกอบด้วยฟองอากาศเล็กๆ กระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอประมาณ 75% ของเนื้อวัสดุ น้ำหนักประมาณ 50 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ความหนา 10 เซนติเมตร) แต่มีความแข็งแรง สามารถรับแรงกดได้ประมาณ 30-80 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังนั้นจึงสามารถใช้ได้ทั้งภายในและ

ภายนอกอาคาร สามารถใช้ก่อได้ทั้งผนังรับแรง (Load Bearing Wall) และผนังปกติที่ไม่ได้รับแรง (Non-Load Bearing Wall) สามารถผลิตได้หลายรูปแบบ เช่น แบบบล็อค แบบแผ่น แบบคานเสริมเหล็ก ฯลฯ มีคุณสมบัติความเป็นฉนวน มีค่าความต้านทานความร้อนประมาณ 0.6-0.8 ตารางเมตร เคลวินต่อวัตต์ และสามารถป้องกันเสียงได้ไม่ต่ำกว่า 38 เดซิเบล ยิ่งไปกว่านั้นคอนกรีตมวลเบายังสามารถทนไฟได้นานถึง 4 ชั่วโมงอีกด้วย (ข้อมูลจากการทดสอบคอนกรีตมวลเบาคิวคอน โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) ทั้งนี้ในการก่อสร้างผนังคอนกรีตมวลเบา จะมีการฉาบปูนเช่นเดียวกับผนังก่ออิฐฉาบปูน คอนกรีตมวลเบาที่รู้จักกันดีในปัจจุบัน เช่น คิวคอนและซุปเปอร์บล็อค เป็นต้น

ภาพที่ 8 *วิธีการก่อสร้างผนังอาคารด้วยคอนกรีตมวลเบา ซึ่งเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีความเป็นฉนวนกันความร้อนและกันเสียงได้ในระดับหนึ่ง*

ผนังภายในอาคาร

ผนังภายในอาคาร โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีการออกแบบและตกแต่งหลายวิธีด้วยกัน ผนังภายในอาคารจะทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งพื้นที่ (Partition) หรือห้องต่างๆ ภายในอาคาร รูปแบบของผนังภายในอาคารส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างเป็นอิฐก่อฉาบปูน ซีเมนต์บล็อคก่อฉาบปูน ไม้ กระจกชนิดต่างๆ หรืออาจใช้ผนังสำเร็จรูป ซึ่งผลิตโดยใช้วัสดุที่แตกต่างกันออกไป เช่น ซิบบอร์ด เฟโนบอร์ด ทีโกบอร์ด เซฟวิงบอร์ด ยิปซัมบอร์ด เซลโลแทค เป็นต้น ส่วนวัสดุที่บุผนังภายในอาคารควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอยและจะต้องให้มีความสวยงามด้วย

สมบัติ ท้ายเรือ

การเลือกใช้วัสดุผนังภายในอาคารเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานนั้น ข้อพิจารณาที่สำคัญได้แก่ มวลสารของวัสดุ กล่าวคือควรเลือกวัสดุที่มีมวลสารน้อย เพื่อให้มีการดูดกลืนความร้อนต่ำที่สุด ทั้งนี้เพราะความร้อนที่ถูกดูดกลืนเอาไว้ภายในวัสดุจะถ่ายเทให้กับอากาศภายในอาคารเมื่ออุณหภูมิอากาศลดต่ำลง ซึ่งนอกจากจะทำให้ผู้ที่อยู่อาศัยภายในอาคารรู้สึกร้อนแล้ว ความร้อนดังกล่าว ยังเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ทำให้เครื่องปรับอากาศต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในการทำความเย็นด้วย ข้อพิจารณาที่สำคัญอีกข้อหนึ่งคือ การดูดซับความชื้นของวัสดุผนังภายในอาคาร เนื่องจากความชื้นในอากาศของประเทศไทยมีค่าสูงและความชื้นยังเป็นตัวเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอย่างหนึ่งที่มีค่าสูงมาก การเลือกวัสดุผนังภายใน อาคารจึงควรเป็นวัสดุที่มีการดูดซับความชื้นต่ำ หรือหากใช้วัสดุที่มีการดูดซับความชื้นสูงก็จะต้องมีการป้องกันไม่ให้ผิววัสดุสัมผัสโดยตรงกับอากาศ โดยการเคลือบหรือปิดผิวของวัสดุด้วยวัสดุอื่นที่มีการดูดซับความชื้นต่ำ เช่น วัสดุจำพวกพลาสติก โพลีเมอร์ยาง หรือวัสดุสังเคราะห์อื่นๆ เป็นต้น

แผ่นยิปซัม (Gypsum Board) แผ่นยิปซัมเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่นิยมใช้สำหรับผนังภายในอาคาร ผลิตโดยการนำแร่ยิปซัมประกอบเป็นแกนกลางของแผ่น ประกบทั้งสองด้านด้วยกระดาษที่มีความเหนียวเป็นพิเศษ ติดตั้งง่าย โดยไม่ต้องมีโครงสร้างรับน้ำหนักและมีความสวยงาม เนื่องจากยิปซัมเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบามวลสารน้อย มีค่าการดูดกลืนความร้อนต่ำ ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมสำหรับการใช้ภายในอาคาร ยิ่งไปกว่านั้นยิปซัมยังมีคุณสมบัติในการป้องกัน ไฟได้ดีอีกด้วย โดยสามารถทนไฟได้ประมาณ 2 ชั่วโมง และไม่ติดไฟ

ภาพที่ 9 *ตัวอย่างการใช้ผนังยิปซัมเป็นผนังภายในอาคาร ยิปซัมเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อย ไม่สะสมความร้อนและกันไฟได้ดี*

วัสดุฝ้าเพดาน

การเลือกวัสดุฝ้าเพดานควรพิจารณาให้สามารถแยกส่วนต่างๆ ของอาคารในแนวตั้งได้โดยสมบูรณ์และไม่เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านระหว่างชั้นของอาคาร จะพบว่าเมื่อมีความจำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศการมีฝ้าเพดานที่มีค่าความเป็นฉนวนนอกจากจะแยกการถ่ายเทความร้อนระหว่างชั้นของอาคารแล้วยังช่วยลดการสะสมความร้อนของพื้นที่ที่อยู่เหนือฝ้าเพดานโดยการหน่วงความร้อนที่สะสมอยู่เหนือฝ้าให้เข้ามาในห้องช้ากว่าปกติ เป็นการลดภาระการทำความเย็นในช่วงที่เริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศให้น้อยกว่าปกติอีกด้วย การพิจารณาเลือกวัสดุฝ้าเพดานเพื่อการอนุรักษ์พลังงานควรคำนึงถึงการเพิ่มฉนวนที่ด้านบนฝ้าเพดานด้วย ทั้งนี้เพื่อป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาสู่ตัวห้อง

ภาพที่ 10 *ตัวอย่างการใช้ยิปซัมเป็นฝ้าเพดานของอาคารซึ่งเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาและสามารถป้องกันไฟได้*

วัสดุพื้น

วัสดุพื้นและวัสดุปูพื้นภายในอาคารเป็นส่วนที่มีความสำคัญ ต้องพิถีพิถันในการเลือก เนื่องจากเป็นวัสดุที่ไม่สามารถเปลี่ยนได้บ่อย ต้องใช้งานเป็นระยะเวลานาน การเลือกใช้จะต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย ความคงทน ความสวยงาม รวมถึงการดูแลรักษา ปัจจุบันพื้นภายในอาคารจะใช้พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นหลัก แต่เนื่องจากพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กจะหยาบ ไม่ให้

ความรู้สึกสะดวกสบาย และไม่ค่อยมีความสวยงาม ดังนั้นอาคารส่วนใหญ่จึงต้องใช้วัสดุปูพื้น (Floor Covering) เพื่อประโยชน์ทั้งด้านการใช้สอย การดูแลรักษา รวมถึงความสวยงาม วัสดุพื้นและวัสดุปูพื้นที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีอยู่หลายชนิด เช่น หินและผลิตภัณฑ์จากหิน ไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ กระเบื้อง กระเบื้องยาง พรม เป็นต้น

หินและผลิตภัณฑ์จากหิน เป็นวัสดุปูพื้นที่ช่วยเสริมคุณค่าของการตกแต่งได้อย่างดี ให้ความรู้สึกโอ่อ่า หรูหรา สวยงามตามธรรมชาติ มีความคงทนถาวรมากกว่าวัสดุหลายชนิด ทนทานต่อการขูดขีด ทนแรงกดหรือกระแทกได้ดีพอควร เช่น หินแกรนิต หินอ่อน หินทราย เป็นต้น ปัจจุบันมีให้เลือกมากมายหลายสีและหลายแบบ หากพื้นดินใต้อาคารมีความเย็น หินจะสามารถนำความเย็นเหล่านั้นเข้าสู่ภายในอาคารได้ทำให้อากาศภายในอาคารมีอุณหภูมิต่ำลง อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงการกันความชื้นที่ดีด้วย เพราะความชื้นของพื้นดินมีค่าสูงมาก

ภาพที่ 11 *ลักษณะของวัสดุพื้นอาคารประเภทหิน ซึ่งมีความแข็งแรงทนทาน ทนต่อแรงกดและแรงกระแทกได้ดี สามารถนำมาใช้เพื่อช่วยดึงเอาความเย็นจากพื้นดินเข้ามาภายในอาคาร*

ไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ ไม้เป็นวัสดุที่นิยมนำมาปูพื้นอีกชนิดหนึ่ง มีความคงทนถาวรให้คุณค่าทางความสวยงามตามธรรมชาติได้อย่างดี มีทั้งไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง ปกติจะมีการเคลือบผิวหน้าด้วยน้ำมันเคลือบผิวไม้ ซึ่งต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดรอยขีดข่วนและความเสียหายที่เกิดขึ้นจากสัตว์ แมลงและเชื้อรา ผลิตภัณฑ์ไม้มีให้เลือกใช้ได้มากมายหลายแบบ เช่น ไม้พื้นปาร์เก้ ไม้พื้นโมเสค เป็นต้น แต่ละแบบสามารถนำมาจัดวางให้เกิดลวดลายสวยงามได้ ไม้และผลิตภัณฑ์

ไม้เป็นวัสดุที่มีการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นสูงมาก ไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ที่ไม่มีการปรับปรุงคุณสมบัติ จึงไม่เหมาะสำหรับการใช้งานภายในอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากเป็นอาคารที่มีการปรับอากาศ เพราะจะทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น การปรับปรุงคุณสมบัติของไม้และผลิตภัณฑ์ไม้อาจทำได้โดยการปิดหรือเคลือบผิวของไม้ด้วยวัสดุอื่นที่มีการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นต่ำ เช่น การเคลือบด้วยแลคเกอร์ เป็นต้น

ภาพที่ 12 *ลักษณะของวัสดุพื้นอาคารประเภทไม้โดยเฉพาะไม้เนื้อแข็งจะมีค่าการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นสูง จึงควรปิดหรือเคลือบผิวไม้ด้วยวัสดุอื่นที่มีการป้องกันความร้อนและความชื้นที่ดีเมื่อใช้ในอาคารปรับอากาศ*

กระเบื้อง มีคุณสมบัติคงทนแข็งแรง ทนทานต่อสารเคมี มีความสวยงาม สะดวกในการใช้งานและดูแลรักษา มีขนาดและแบบต่างๆ ให้เลือกมากมาย กระเบื้องแบบเคลือบมีผิวเรียบเป็นมันเงา การเคลือบผิวจะช่วยให้ทนทานต่อการขีดข่วน ทนกรด ด่าง และน้ำยาทำความสะอาดต่างๆ ป้องกันการซึมของน้ำได้ดี ส่วนกระเบื้องแบบไม่เคลือบซึ่งมีผิวสัมผัสและสีสวยงามตามเนื้อของดินจะเหมาะสำหรับการตกแต่งที่เน้นให้มีบรรยากาศธรรมชาติ กระเบื้องคุณสมบัติเป็นตัวนำที่ดีสามารถถ่ายเทความร้อนได้อย่างรวดเร็ว การใช้ภายในอาคารควรเลือกใช้กระเบื้องแบบเคลือบ เพราะจะมีคุณสมบัติการดูดซับความชื้นต่ำ

ภาพที่ 13 *ลักษณะของวัสดุพื้นอาคารประเภทกระเบื้อง ซึ่งมีความคงทนแข็งแรง ทนทานต่อสารเคมี ติดตั้งและดูแลรักษาง่าย มีความสวยงาม สามารถเลือกใช้ได้หลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะกระเบื้องเคลือบจะมีค่าการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นต่ำ*

กระเบื้องยาง เป็นวัสดุอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีราคาถูกกว่าวัสดุปูพื้นชนิดอื่นมาก มีความสวยงาม ทนทาน ใช้งานสะดวกและง่ายต่อการเปลี่ยนแปลง ผิวหน้าเคลือบวัสดุเพื่อให้เกิดความมันเงาและป้องกันการขีดข่วนได้ สามารถบิดงอได้โดยไม่แตกหัก และปราศจากร่องรอยหลังจากการคืนสู่สภาพเดิม ส่วนใหญ่เป็นวัสดุสังเคราะห์ เช่น พลาสติก พีวีซี แผ่นไวนีล เป็นต้น ซึ่งวัสดุประเภทนี้จะมีการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นต่ำมาก ทำให้มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานภายในอาคาร

ภาพที่ 14 *ลักษณะของวัสดุพื้นอาคารประเภทกระเบื้องยาง ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้มากอีกชนิดหนึ่ง เพราะมีราคาถูก มีความสวยงาม ทนทาน ใช้งานสะดวกและง่ายต่อการเปลี่ยนแปลง ข้อเสียของวัสดุประเภทนี้คือ หากได้รับความร้อนหรือความชื้นเป็นระยะเวลานาน จะเสื่อมสภาพและหลุดลอกได้*

พรม เป็นวัสดุปูพื้นสมัยใหม่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการประดับตกแต่งภายในอาคารสำนักงานและที่อยู่อาศัยให้ความรู้สึกภูมิฐาน หรูหรา สวยงาม ประหยัดเวลาในการติดตั้ง นอกจากนั้นพรมยังเป็นวัสดุที่สามารถเก็บเสียงได้ดี (Acoustical Materials) และให้สัมผัสที่อ่อนนุ่มอีกด้วย ปัจจุบันพรมมีมากมายหลายชนิดให้เลือกใช้งาน ซึ่งแบ่งตามลักษณะวัตถุดิบที่นำมาผลิตได้ดังต่อไปนี้

1. พรมเส้นใยธรรมชาติ 100% เป็นพรมที่ผลิตจากขนสัตว์ ซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติ 100% โดยไม่มีส่วนประกอบของเส้นใยสังเคราะห์อื่นๆ เช่น พรมขนแกะ ให้สัมผัสที่อ่อนนุ่ม ใช้ในการตกแต่งที่ต้องการความหรูหรามากเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นวัสดุธรรมชาติ จึงไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้อยู่อาศัย พรมชนิดนี้มีการดูดซับความชื้นสูงมาก ดังนั้นจึงเป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ
2. พรมเส้นใยธรรมชาติผสมเส้นใยสังเคราะห์ เป็นพรมที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติผสมกับเส้นใยสังเคราะห์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันไป เช่น พรมขนแกะผสมไนลอน การดูดซับความชื้นของพรมชนิดนี้ ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของเส้นใยธรรมชาติกับเส้นใยสังเคราะห์ หากมีอัตราส่วนของเส้นใยธรรมชาติมากขึ้น การดูดซับความชื้นก็จะสูงขึ้นตามลำดับ
3. พรมเส้นใยสังเคราะห์ เป็นพรมที่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ 100% วัสดุที่นำมาทำเส้นใยส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุจำพวกโพลีเมอร์ เช่น พรมอะคริลิค ซึ่งมีการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นต่ำมาก ดังนั้นจึงเหมาะสมสำหรับการใช้งานภายในอาคารที่มีการปรับอากาศ

ภาพที่ 15 *ลักษณะของพรมเส้นใยธรรมชาติ ชนิดพรมขนแกะ ซึ่งมีราคาค่อนข้างแพง มีความสวยงามและให้ความรู้สึกหรูหรา สามารถเก็บเสียงได้ดี มีข้อเสียคือ มีการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นสูง*

ภาพที่ 16 *ลักษณะของพรมเส้นใยสังเคราะห์ ชนิดพรมอะคริลิค ซึ่งมีราคาถูกกว่าพรมเส้นใยธรรมชาติ แต่จะให้สัมผัสที่หยาบกระด้างกว่า ปัจจุบันผลิตได้หลายรูปแบบ มีการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นต่ำ จึงเหมาะกับการใช้ในอาคารปรับอากาศ*

วัสดุตกแต่งภายใน

การเลือกวัสดุตกแต่งภายในของอาคารโดยทั่วไป ส่วนมากจะคำนึงถึงการตกแต่งภายในเพื่อความสวยงามเพียงอย่างเดียว แต่ปัจจุบันควรเลือกใช้โดยคำนึงถึงผลกระทบในด้านการใช้พลังงานและคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัยเป็นหลักด้วย วัสดุตกแต่งทุกชิ้นภายในอาคารควรมีลักษณะเป็นวัสดุมีมวลสารน้อย โดยใช้แนวความคิดในการออกแบบที่เน้นรูปแบบเรียบง่าย ไม่รกรุงรัง เพื่อไม่ให้เป็นที่สะสมของฝุ่นละออง และช่วยลดเวลาที่ต้องใช้ในการดูแลรักษาวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่ควรเป็นวัสดุที่ไม่สะสมความร้อนและความชื้น

คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานของที่ใช้เป็นวัสดุตกแต่งภายในอาคารประเภทต่างๆ มีดังต่อไปนี้

วัสดุประเภทโลหะและโลหะผสม เช่น เหล็ก ทองแดง ทองเหลือง อลูมิเนียม ฯลฯ เป็นวัสดุที่เป็นตัวนำที่ดีมาก ไม่มีการสะสมความร้อนและความชื้นส่วนใหญ่จะใช้ทำโครงสร้างหรือเป็นส่วนประกอบเครื่องเรือน เพราะมีความแข็งแรง ทนทาน แต่มีข้อเสียคือเกิดสนิมได้ง่าย โดยเฉพาะการใช้งานในสภาพภูมิอากาศที่มีความชื้นสูง

วัสดุประเภทไม้ ได้แก่ ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็ง ไม้อัด และผลิตภัณฑ์จากไม้ชนิดต่างๆ เช่น ปาร์เก้ โมเสค เป็นต้น ไม้เป็นฉนวนกันความร้อนระดับหนึ่ง มีค่าการนำความร้อนต่ำ แต่เนื่องจากเนื้อไม้มีความพรุน ดังนั้นจึงมีการดูดซับความชื้นค่อนข้างสูง หากใช้ภายในห้องปรับอากาศจะทำให้ภาระการทำความเย็นเพิ่มขึ้น ข้อเสียของไม้คือ จะเสื่อมคุณภาพโดยความชื้น ความร้อน แสง ลม และเป็นวัสดุที่ติดไฟได้ง่าย

วัสดุประเภทหินธรรมชาติ เช่น หินอ่อน หินแกรนิต หินชนวน หินทราย ฯลฯ เป็นวัสดุ ที่มีความแข็งแรง คงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ทนต่อการเผาไหม้ และง่ายต่อการดูแลรักษา วัสดุจำพวกหินและผลิตภัณฑ์จากหินเป็นตัวนำที่ดี และมีการดูดซับความชื้นต่ำมาก แต่มีการสะสมความร้อนสูง

วัสดุประเภทดินเผา ได้แก่ ดินเผาและเซรามิก หากเป็นวัสดุที่ไม่มีการเคลือบจะมีการดูดซับความชื้นสูงมาก แต่หากเคลือบผิวแล้ว นอกจากจะช่วยให้มีความทนทานเพิ่มขึ้น ยังลดการดูดซับความชื้นได้มาก

วัสดุประเภทสิ่งทอ ได้แก่ ผ้าและพรมชนิดต่างๆ ไหมพรม ขนสัตว์ ฯลฯ วัสดุประเภทนี้อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทตามลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาผลิต คือ สิ่งทอที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติ สิ่งทอที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติผสมเส้นใยสังเคราะห์ และสิ่งทอที่ทำจากเส้นใยสังเคราะห์ โดยทั่วไปแล้วเส้นใยธรรมชาติ เช่น เส้นใยพืช ขนสัตว์ ฯลฯ ให้ประโยชน์ด้านการดูดซับเสียงได้ดี แต่จะมีค่าการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นสูง จึงอาจเป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศได้ ส่วนเส้นใยสังเคราะห์ส่วนใหญ่จะผลิตจากวัตถุดิบจำพวกโพลีเมอร์ เช่น เส้นใยโพลีเอสเตอร์ เส้นใยโพลีโพรพิลีน เส้นใยอะคริลิค เป็นต้น ซึ่งจะมีค่าการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นต่ำมาก จึงเหมาะสำหรับการใช้งานภายในห้องปรับอากาศ แต่เส้นใยสังเคราะห์มีข้อด้อยกว่าเส้นใยธรรมชาติในแง่ของความสวยงามและผิวสัมผัสที่หยาบกระด้างกว่า

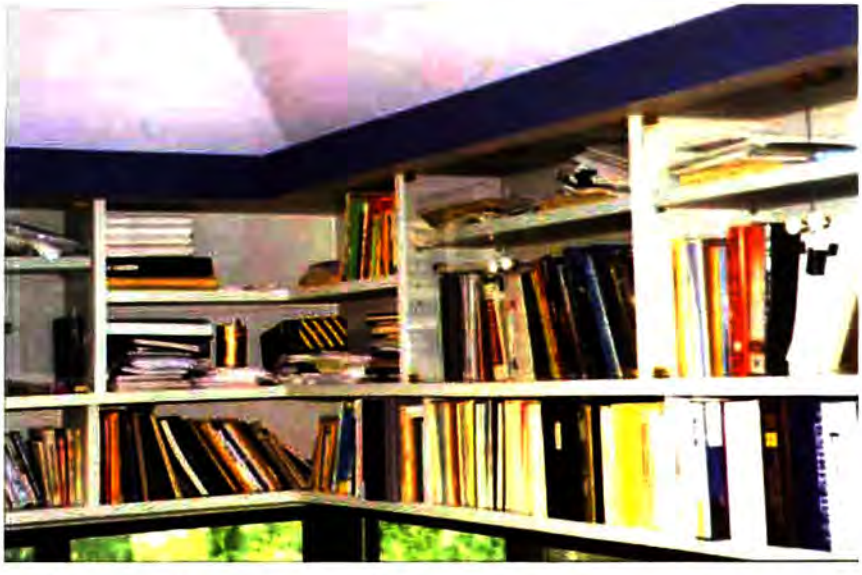
วัสดุประเภทหนังสัตว์และหนังเทียม นิยมใช้สำหรับบุเฟอร์นิเจอร์ภายในอาคาร วัสดุประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีค่าการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นค่อนข้างต่ำ เนื่องจากจะมีการเคลือบด้วยวัสดุที่มีความมันหรือน้ำยาก่อนนำมาใช้งาน

วัสดุประเภทแก้วและกระจก ปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด เป็นวัสดุที่มีความสวยงาม และมีค่าการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นน้อยมาก จึงไม่เพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ข้อเสียของกระจกและแก้วคือ แตกได้ง่าย ผิวของกระจกจะเสียและเก่าง่าย

วัสดุประเภทกระดาษ วัสดุประเภทนี้ผลิตจากเส้นใยของพืช ซึ่งเป็นเส้นใยเซลลูโลส มีค่าการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นสูงมาก วัสดุตกแต่งหรือเครื่องใช้อื่นๆ ที่ทำจากวัสดุประเภทนี้จะทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นมาก

วัสดุประเภทพลาสติก สามารถทำให้อยู่ในรูปแบบสีสันต่างๆ ได้ตามความต้องการและมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามชนิดของพลาสติก พลาสติกเกือบทุกชนิดจะมีค่าการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นต่ำมากจึงทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ข้อเสียของพลาสติกคือจะเก่าเร็ว และเสื่อมสภาพได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อนและแสง นอกจากนั้นพลาสติกยังเกิดการเผาไหม้ได้ง่ายและควันที่เกิดจากการเผาไหม้ของพลาสติกบางชนิดยังเป็นอันตรายต่อผู้อยู่อาศัยด้วย

ภาพที่ 17 *ตัวอย่างการใช้วัสดุประเภทสิ่งทอตกแต่งภายในอาคาร ซึ่งมีประโยชน์ในการดูดซับเสียง แต่จะเกิดปัญหาในการดูดซับความร้อนและความชื้น*



ภาพที่ 18 *วัสดุประเภทกระดาษเป็นวัสดุที่พบมากภายในอาคาร โดยเฉพาะอาคารสำนักงาน กระดาษชนิดต่างๆ เช่น เอกสาร หนังสือ ใบเสร็จ ฯลฯ ล้วนเป็นวัสดุที่มีการดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นสูงมาก ดังนั้นหากภายในอาคารมีวัสดุเหล่านี้อยู่มาก จะทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น*

ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณสมบัติของกรอบอาคาร

ค่าความต้านทานความร้อนของกรอบอาคาร

ในอาคารหลังหนึ่งๆ ที่มาของความร้อนภายในอาคาร สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ความร้อนจากภายในอาคาร ได้แก่ ความร้อนจากผู้ที่อยู่อาศัยภายในอาคาร ความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่าง และความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ
2. ความร้อนจากภายนอกอาคาร ได้แก่
   - ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคารผ่านทางหน้าต่าง และช่องเปิดต่างๆ
   - ความร้อนจากอุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งถ่ายเทผ่านผนังและหลังคาอาคารเข้าสู่ภายในอาคารโดยการนำความร้อน
   - ความร้อนจากอากาศภายนอกที่รั่วไหลเข้าสู่ภายในอาคารตามขอบประตู หน้าต่าง การปิด-เปิดประตู หน้าต่าง และตามรอยรั่วต่างๆ

ภาพที่ 19 แหล่งที่มาของความร้อนภายในอาคาร ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ความร้อนจากภายนอกอาคารและความร้อนจากภายในอาคาร

หากพิจารณาความร้อนที่เกิดขึ้นจะพบว่า แหล่งที่มาของความร้อนส่วนใหญ่มาจากความร้อนภายนอกอาคาร ซึ่งผ่านเข้ามายังภายในอาคารด้วยรูปแบบต่างๆ ดังนั้นหากสามารถลดค่าความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารนี้ได้จะทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารลดลงด้วย คุณสมบัติที่แสดงถึงความสามารถในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคารได้แก่ ค่าการป้องกันความร้อนของกรอบอาคาร หรือค่าการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของกรอบอาคาร การถ่ายเทของความร้อนผ่านกรอบอาคารขึ้นอยู่กับสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

- วัสดุกรอบอาคาร
- พื้นที่ของกรอบอาคาร
- อัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนผ่านกรอบอาคาร (Rate of Heat Flow Through Envelope)

การเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคาร มีความสำคัญและเป็นแนวทางหนึ่งในการลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร โดยเฉพาะการเลือกวัสดุเพื่อทำกรอบอาคารจะต้องมีความพิถีพิถันอย่างมาก เพราะหากเลือกใช้ไม่ถูกต้องแล้วจะทำให้ปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารเข้ามาภายในอาคารมีค่าสูง ภายในอาคารจึงร้อน เกิดความไม่สบายแก่ผู้ที่อยู่อาศัย ยิ่งไปกว่านั้นหากอาคารดังกล่าวเป็นอาคารที่มีการปรับอากาศ ก็จะเป็นการเพิ่มภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

โดยทั่วไปการก่อสร้างในปัจจุบันนิยมใช้การก่ออิฐฉาบปูน เนื่องจากเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างมานานแล้ว วัสดุก่ออิฐฉาบปูนเป็นวัสดุที่มีการดูดกลืนความร้อนสูง เมื่อได้รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์จะกักเก็บความร้อนเอาไว้มาก และถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคาร ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้น ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุในส่วนของกรอบอาคาร จึงควรเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้ดีหรือมีความเป็นฉนวน เพื่อช่วยลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร หรือค่า OTTV

วัสดุกรอบอาคารที่ดีควรเป็นวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง เพื่อช่วยป้องกัน มิให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้สะดวก วัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวส่วนใหญ่จะมีน้ำหนักเบา และภายในเนื้อของวัสดุประกอบด้วยฟองอากาศเล็กๆ จำนวนมาก ฟองอากาศเหล่านี้จะช่วยลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารได้ดี[2]

---

[2] ดูรายละเอียดเพิ่มเติม จากหนังสือการใช้ฉนวน

การคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ

เนื่องจากความต้านทานความร้อนของเปลือกอาคารเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้าสู่อาคาร ดังนั้นการเลือกวัสดุเปลือกอาคาร จึง จำเป็นต้องพิจารณาค่าดังกล่าว โดยควรเลือกวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง เพราะจะทำให้ปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารลดลง การหาค่าความต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุใดๆ สามารถคำนวณได้จากค่าความนำความร้อน (C) ของวัสดุนั้นๆ โดยค่าความนำความร้อนเท่ากับอัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนกับความหนาของวัสดุ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$C = \frac{k}{\Delta x}$$

โดยที่ C = ค่าความนำความร้อนของวัสดุ
(มีหน่วยเป็น $W/m^2 \cdot {}^\circ C$ หรือ $Btu/h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F$)

k = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ
(มีหน่วยเป็น $W/m \cdot {}^\circ C$ หรือ $Btu/h \cdot ft \cdot {}^\circ F$) ให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรอง โดยผู้ผลิตหรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้ในกรณีที่ไม่มีผลการทดสอบหรือรองรับค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุก่อสร้างนั้นๆ ให้ใช้ค่าที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

Δx = ความหนาของวัสดุ
(มีหน่วยเป็น m หรือ ft)

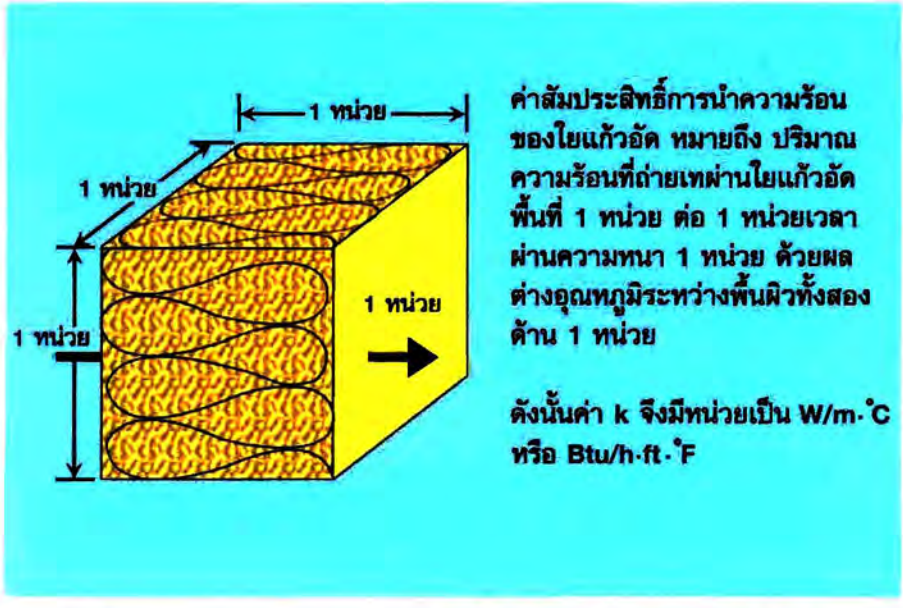
ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุใดๆ คือ ส่วนกลับของค่าความนำความร้อน ซึ่งคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$R = \frac{1}{C} = \frac{\Delta x}{k}$$

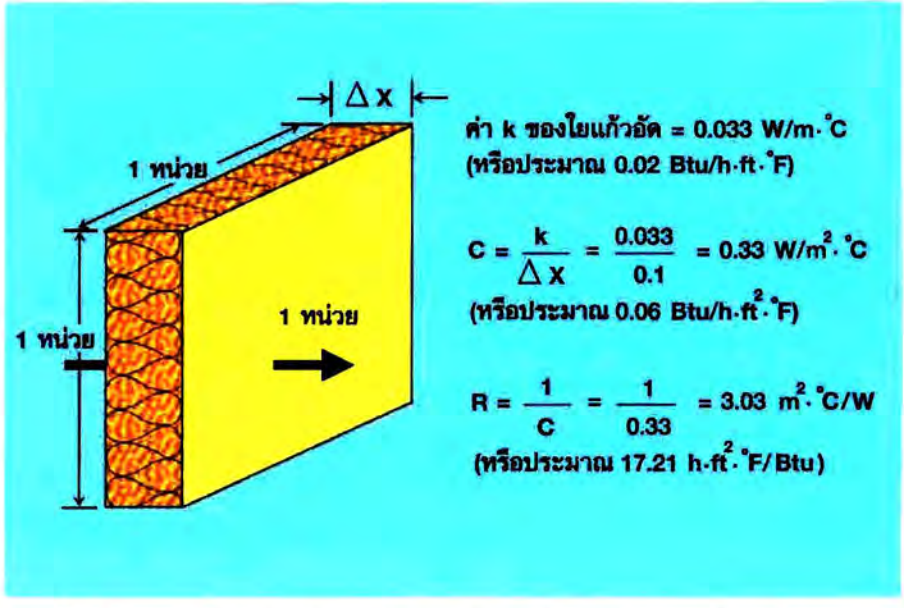
R = ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ
(มีหน่วยเป็น $m^2 \cdot {}^\circ C/W$ หรือ $h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F/Btu$)

ตัวอย่างการคำนวณค่าความนำความร้อนของวัสดุ (C) และค่าความต้านทาน ความร้อนของวัสดุ (R)

ตัวอย่างที่ 1 ใยแก้วอัด

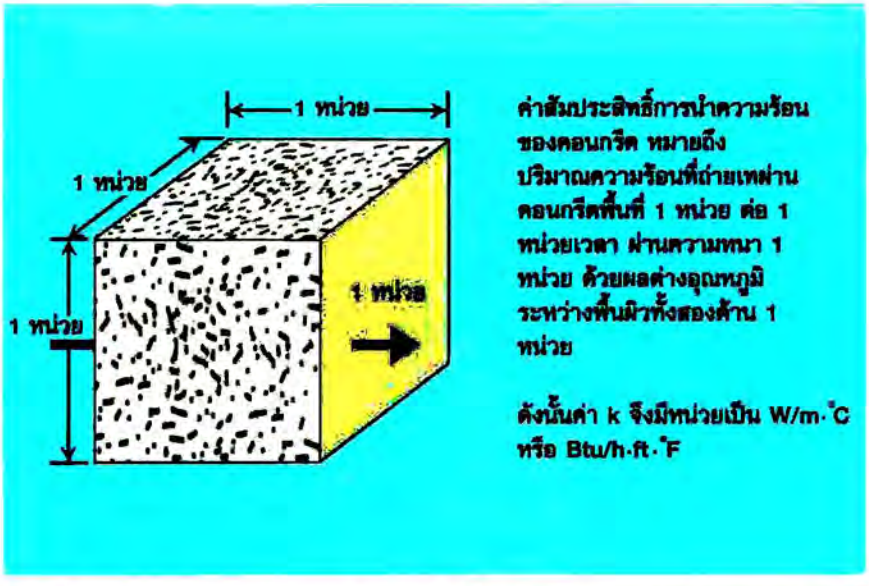


ภาพที่ 20 *แสดงความหมายของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ของใยแก้วอัด*

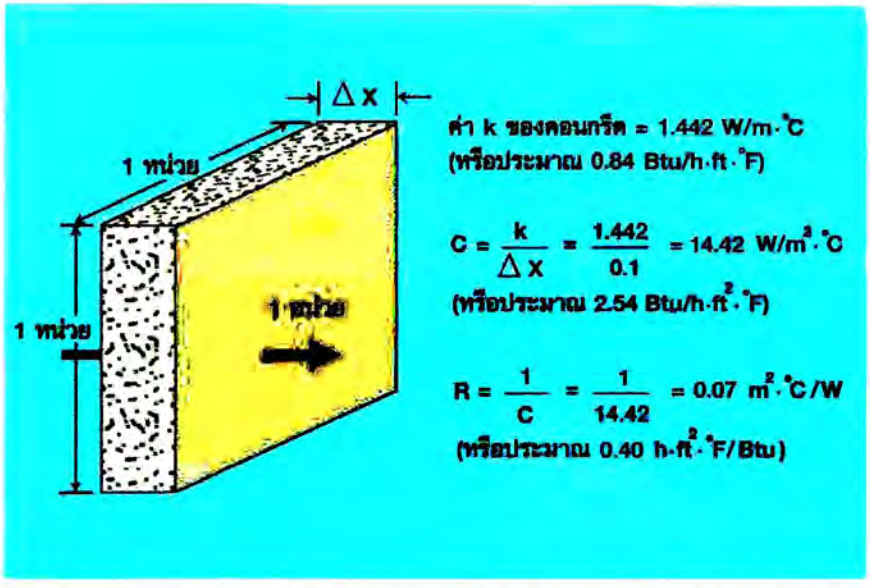


ภาพที่ 21 *แสดงการคำนวณค่าความนำความร้อน (C) และค่าความต้านทานความร้อน (R-Value) ของใยแก้วอัด หนา (Δ x) 10 เซนติเมตร*

ตัวอย่างที่ 2 คอนกรีต



ภาพที่ 22 *แสดงความหมายของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ของคอนกรีต*



ภาพที่ 23 *แสดงการคำนวณค่าความนำความร้อน (C) และค่าความต้านทานความร้อน (R-Value) ของคอนกรีต หนา (Δ x) 10 เซนติเมตร*

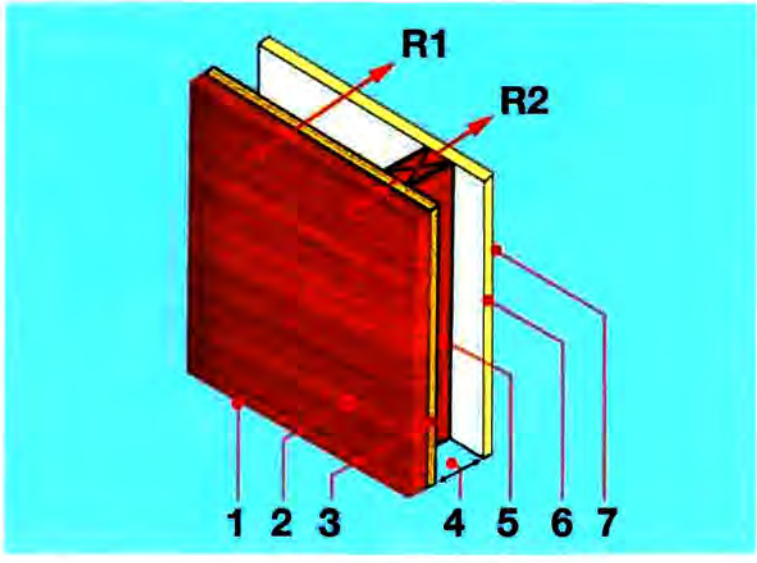
เปลือกอาคารหรือกรอบอาคาร (Building Envelope) ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยวัสดุหลายๆ ชนิด ที่มีค่าความต้านทานความร้อนแตกต่างกัน การคำนวณค่าความต้านทาน ความร้อนของระบบผนังที่มีวัสดุหลายๆ ชนิดประกอบกัน จะแตกต่างออกไปจากการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนังเพียงชนิดเดียว เพราะจะต้องพิจารณาค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (Air Film) ภายนอก และภายในร่วมกับค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดด้วย การคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของระบบผนังแสดงดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของผนัง

ตัวอย่างที่ 1 ผนังไม้ภายนอก ภายในบุแผ่นยิปซัม

กรณีที่ 1 เป็นการคำนวณค่า R ของผนัง

กรณีที่ 2 เป็นการคำนวณค่า R ของผนัง เมื่อมีการปรับปรุงให้ผนังมีค่า R เพิ่มขึ้น โดยการใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 100 มิลลิเมตร แทนที่ช่องว่างอากาศ



ภาพที่ 24 แสดงลักษณะผนังสำหรับการคำนวณค่าความต้านทานความร้อน ตัวอย่างที่1

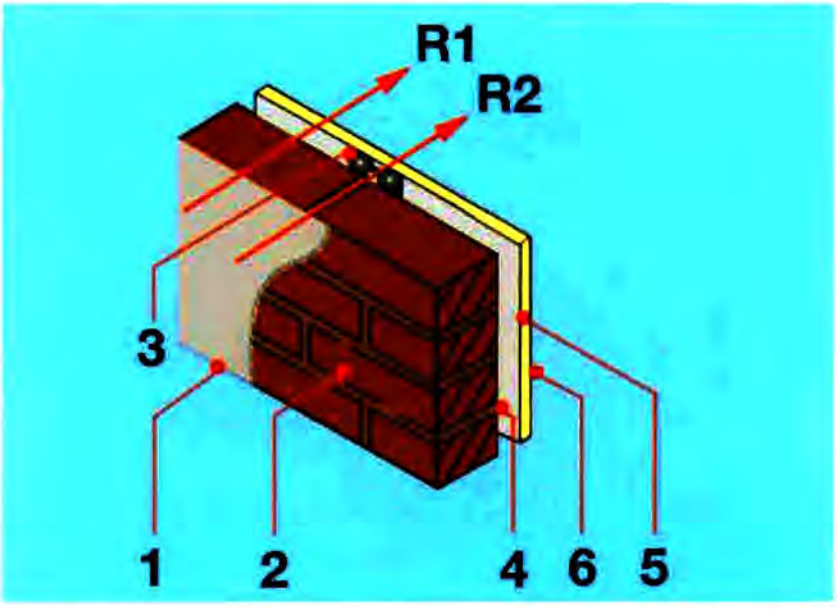
กรณีที่ 1		โครงสร้างของผนัง	กรณีที่ 2	
R1 $m^2 \cdot K/W \cdot (h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F/Btu)$	R2 $m^2 \cdot K/W \cdot (h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F/Btu)$		R1 $m^2 \cdot K/W \cdot (h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F/Btu)$	R2 $m^2 \cdot K/W \cdot (h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F/Btu)$
0.044 (0.25)	0.044 (0.25)	1 ฟิล์มอากาศภายนอก (R_0)	0.044 (0.25)	0.044 (0.25)
0.14 (0.80)	0.14 (0.80)	2 ไม้เนื้อแข็ง หนา 20 mm.	0.14 (0.80)	0.14 (0.80)
0.30 (1.70)	0.30 (1.70)	3 แผ่นใยแก้ว หนา 10 mm.	0.30 (1.70)	0.30 (1.70)
0.16 (0.91)	-	4 ช่องว่างอากาศ (Nonreflective Air Space) กว้าง 100 mm. (R_a) สำหรับกรณีที่ 1 หรือ	-	-
-	-	ฉนวนใยแก้ว หนา 100 mm. สำหรับกรณีที่ 2	3.03 (17.21)	-
-	0.72 (4.09)	5 โครงไม้ 50 mm. x 100 mm.	-	0.72 (4.09)
0.05 (0.28)	0.05 (0.28)	6 แผ่นยิปซัม หนา 10 mm.	0.05 (0.28)	0.05 (0.28)
0.12 (0.68)	0.12 (0.68)	7 ฟิล์มอากาศภายใน (R_i)	0.12 (0.68)	0.12 (0.68)
0.81 (4.60)	1.37 (7.78)	รวมค่าความต้านทานความร้อน	3.68 (20.90)	1.37 (7.78)

เมื่อ **R1** คือค่าความต้านทานความร้อนของผนัง ณ ตำแหน่งที่ความร้อนไหลผ่านระหว่างกรอบหรือโครงผนัง (ดูภาพที่ 24)
R2 คือค่าความต้านทานความร้อนของผนัง ณ ตำแหน่งที่ความร้อนไหลผ่านกรอบหรือโครงของผนัง (ดูภาพที่ 24)

ตัวอย่างที่ 2 **ผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียว ภายในบุแผ่นยิปซัม**

กรณีที่ 1 เป็นการคำนวณค่า R ของผนัง

กรณีที่ 2 เป็นการคำนวณค่า R ของผนัง เมื่อมีการปรับปรุงให้ผนังมีค่า R เพิ่มขึ้น โดยใส่โฟมโพลีสไตรีนเบ่งขยายตัว หนา 20 มิลลิเมตร แทนที่โครงช่องว่างอากาศ



ภาพที่ 25 *แสดงลักษณะผนังสำหรับการคำนวณค่าความต้านทานความร้อน ตัวอย่างที่ 2*

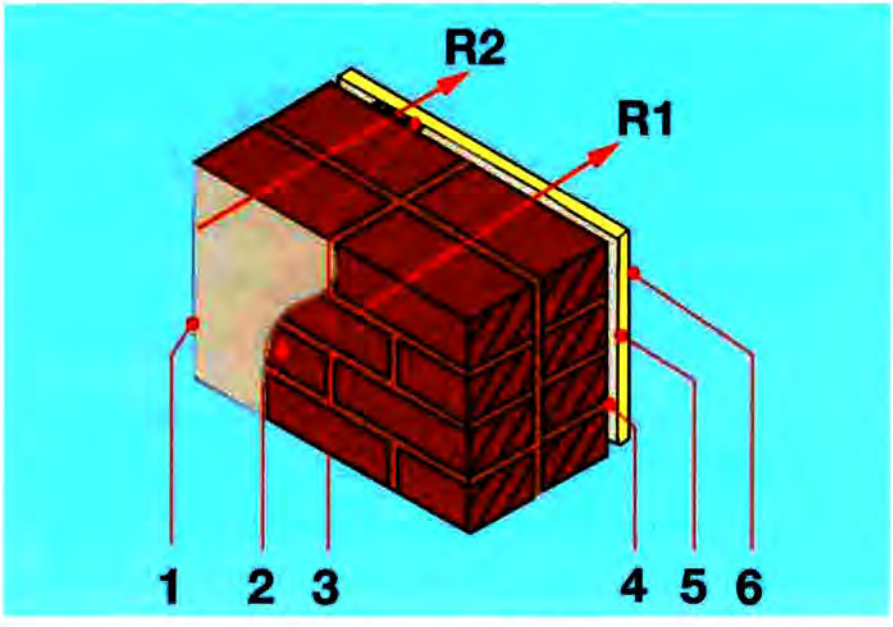
กรณีที่ 1		โครงสร้างของผนัง	กรณีที่ 2	
R1 $m^2 \cdot K/W \cdot (h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F/Btu)$	R2 $m^2 \cdot K/W \cdot (h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F/Btu)$		R1 $m^2 \cdot K/W \cdot (h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F/Btu)$	R2 $m^2 \cdot K/W \cdot (h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F/Btu)$
0.044 (0.25)	0.044 (0.25)	1 ฟิล์มอากาศภายนอก (R_0)	0.044 (0.25)	0.044 (0.25)
0.12 (0.68)	0.12 (0.68)	2 อิฐก่อฉาบปูน หนา 100 mm.	0.12 (0.68)	0.12 (0.68)
-	0.16 (0.91)	3 โครงไม้อัดฮาร์ดบอร์ด หนา 20 mm. กับ	-	0.16 (0.91)
		4 ช่องว่างอากาศ (Nonreflective Air Space)		
0.148 (0.84)	-	กว้าง 20 mm. (R_a) สำหรับกรณีที่ 1 หรือ	-	-
-	-	โฟมโพลีสไตรีนเบ่งขยายตัว หนา 20 mm.		
		สำหรับกรณีที่ 2	0.57 (3.24)	-
0.05 (0.28)	0.05 (0.28)	5 แผ่นยิปซัม หนา 10 mm.	0.05 (0.28)	0.05 (0.28)
0.12 (0.68)	0.12 (0.68)	6 ฟิล์มอากาศภายใน (R_i)	0.12 (0.68)	0.12 (0.68)
0.48 (2.73)	0.49 (2.78)	รวมค่าความต้านทานความร้อน	0.90 (5.11)	0.49 (2.78)

เมื่อ **R1** คือค่าความต้านทานความร้อนของผนัง ณ ตำแหน่งที่ความร้อนไหลผ่านระหว่างกรอบหรือโครงผนัง (ดูภาพที่ 25)
R2 คือค่าความต้านทานความร้อนของผนัง ณ ตำแหน่งที่ความร้อนไหลผ่านกรอบหรือโครงของผนัง (ดูภาพที่ 25)

ตัวอย่างที่ 3 **ผนังก่ออิฐ 2 ชั้น ฉาบปูน ภายในบุแผ่นยิปซัม**

กรณีที่ 1 เป็นการคำนวณค่า R ของผนัง

กรณีที่ 2 เป็นการคำนวณค่า R ของผนัง เมื่อมีการปรับปรุงให้ผนังมีค่า R เพิ่มขึ้น โดยใส่โฟมโพลีสไตรีนเบ่งขยายตัว หนา 20 มิลลิเมตร แทนที่โครงช่องว่างอากาศ



ภาพที่ 26 แสดงลักษณะผนังสำหรับการคำนวณค่าความต้านทานความร้อน ตัวอย่างที่ 3

กรณีที่ 1		โครงสร้างของผนัง	กรณีที่ 2	
R1 $m^2 \cdot K/W \cdot (h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F/Btu)$	R2 $m^2 \cdot K/W \cdot (h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F/Btu)$		R1 $m^2 \cdot K/W \cdot (h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F/Btu)$	R2 $m^2 \cdot K/W \cdot (h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F/Btu)$
0.044 (0.25)	0.044 (0.25)	1 ฟิล์มอากาศภายนอก (R_0)	0.044 (0.25)	0.044 (0.25)
0.25 (1.42)	0.25 (1.42)	2 อิฐก่อฉาบปูน หนา 200 mm.	0.25 (1.42)	0.25 (1.42)
-	0.16 (0.91)	3 โครงไม้อัดฮาร์ดบอร์ด หนา 20 mm.	-	0.16 (0.91)
0.148 (0.84)	-	4 ช่องว่างอากาศ (Nonreflective Air Space) กว้าง 20 mm. (R_a) สำหรับกรณีที่ 1 หรือ	-	-
-	-	โฟมโพลีสไตรีนเบ่งขยายตัว หนา 20 mm. สำหรับกรณีที่ 2	0.57 (3.24)	-
0.05 (0.28)	0.05 (0.28)	5 แผ่นยิปซัม หนา 10 mm.	0.05 (0.28)	0.05 (0.28)
0.12 (0.68)	0.12 (0.68)	6 ฟิล์มอากาศภายใน (R_i)	0.12 (0.68)	0.12 (0.68)
0.61 (3.46)	0.62 (3.52)	รวมค่าความต้านทานความร้อน	1.03 (5.85)	0.62 (3.52)

เมื่อ R1 คือค่าความต้านทานความร้อนของผนัง ณ ตำแหน่งที่ความร้อนไหลผ่านระหว่างกรอบหรือโครงผนัง (ดูภาพที่ 26)
R2 คือค่าความต้านทานความร้อนของผนัง ณ ตำแหน่งที่ความร้อนไหลผ่านกรอบหรือโครงของผนัง (ดูภาพที่ 26)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (OTTV และ RTTV)

อาคารที่ก่อสร้างในประเทศไทยตั้งอยู่ในแถบที่จะได้รับอิทธิพลจากรังสีอาทิตย์ในทิศใต้มากกว่าทิศเหนือและมีอุณหภูมิอากาศสูงเกือบตลอดทั้งปี การถ่ายเทความร้อนจากอากาศภายนอกอาคารจึงมีค่าค่อนข้างสูง รูปลักษณะของอาคาร ทิศทางการจัดวางหน้าต่าง ตลอดจนการเลือกใช้วัสดุของอาคารล้วนมีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร อาคารที่มีสัดส่วน พื้นที่ใช้สอยต่อพื้นที่เปลือกนอกของอาคารมาก แสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีในการใช้ประโยชน์อาคารและยังมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานที่ดีอีกด้วย แต่ในปัจจุบันพื้นที่ที่ใช้ก่อสร้างอาคารมักไม่อำนวยให้เลือกรูปร่าง ลักษณะและทิศทางของอาคารได้อย่างเสรี ดังนั้น เพื่อการส่งเสริมให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ภาครัฐจึงได้ออกกฎกระทรวงตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 เพื่อเป็นการจำกัดปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารโดยกำหนดขั้นสูงของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารไว้เป็นมาตรฐาน ได้แก่

1. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร หรือ OTTV
2. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร หรือ RTTV

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารจะแปรผันตรงกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) โดยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม คือ ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวม ($U = 1/R_T$) ดังนั้นในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารจึงขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานความร้อนรวมของอาคารด้วย[3] จากกฎกระทรวงดังกล่าว ได้กำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร ไว้ดังนี้

อาคารเก่า คือ อาคารที่ได้ก่อสร้างแล้วเสร็จ หรือกำลังก่อสร้าง หรือยังไม่ได้ก่อสร้าง แต่ได้ยื่นขออนุญาตก่อสร้างไว้แล้วก่อนกฎกระทรวงนี้มีผลใช้บังคับ จะต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) ไม่เกิน 55 วัตต์ต่อตารางเมตร

อาคารใหม่ คือ อาคารที่ได้ยื่นขออนุญาตก่อสร้างหลังกฎกระทรวงนี้มีผลใช้บังคับจะต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) ไม่เกิน 45 วัตต์ต่อตารางเมตร

อาคารทุกอาคาร จะต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) ไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตร

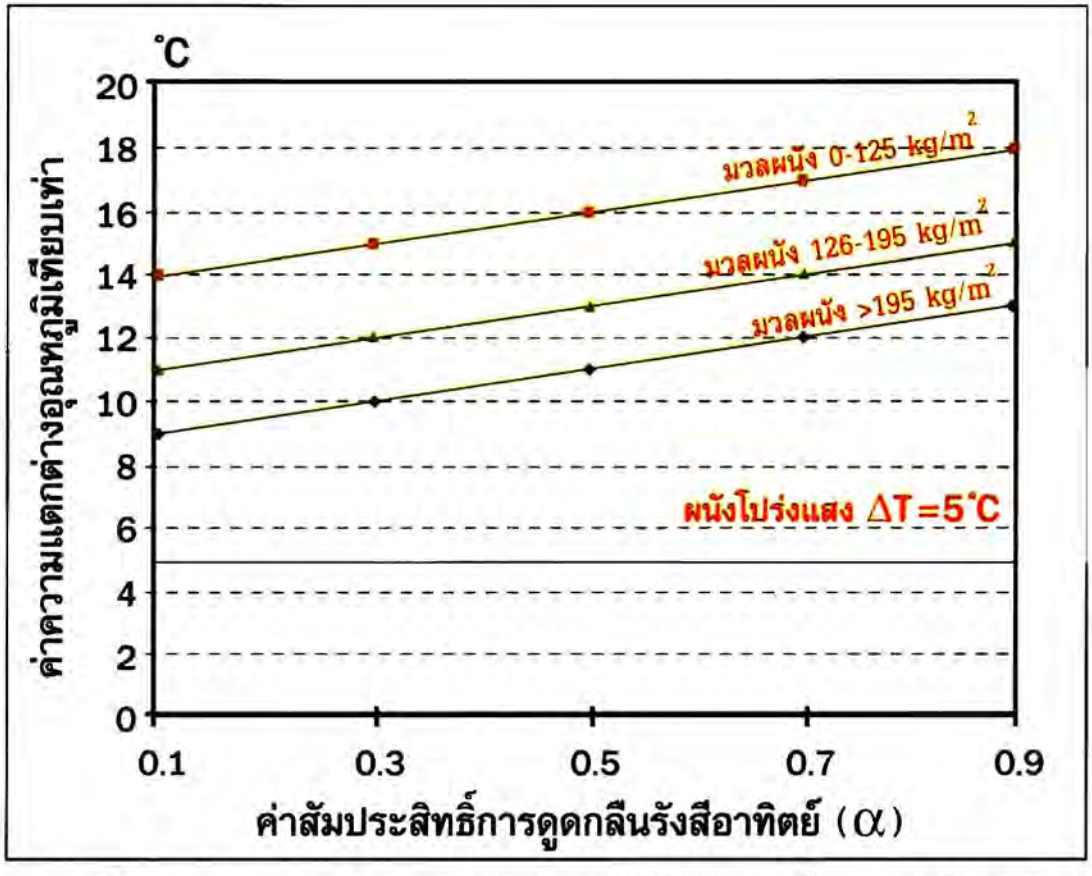
---

[3] การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารดูในคู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคารของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2538

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก[4]

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า หมายถึง ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างผนังภายนอกและภายในอาคารที่ก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ผลต่างของอุณหภูมินี้รวมผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่ผิวของผนัง และอิทธิพลของอุณหภูมิภายนอกอาคาร มวลของวัสดุผนัง คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนและค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์โดยกำหนดตารางแสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าสำหรับผนังที่มีความหนาแน่นเชิงมวล และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ เพื่อใช้ในการคำนวณ ซึ่งจะพบว่าผนังที่มีมวลน้อยจะมีค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่ามาก ส่วนผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์น้อยจะมีค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าน้อย ดังแผนภูมิต่อไปนี้



แผนภูมิที่ 1 *แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ต่างๆ (ที่มา : เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน. 2542.)*

---

[4] ดูรายละเอียดเพิ่มเติมจาก ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่องค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง และค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ ข้อ 3

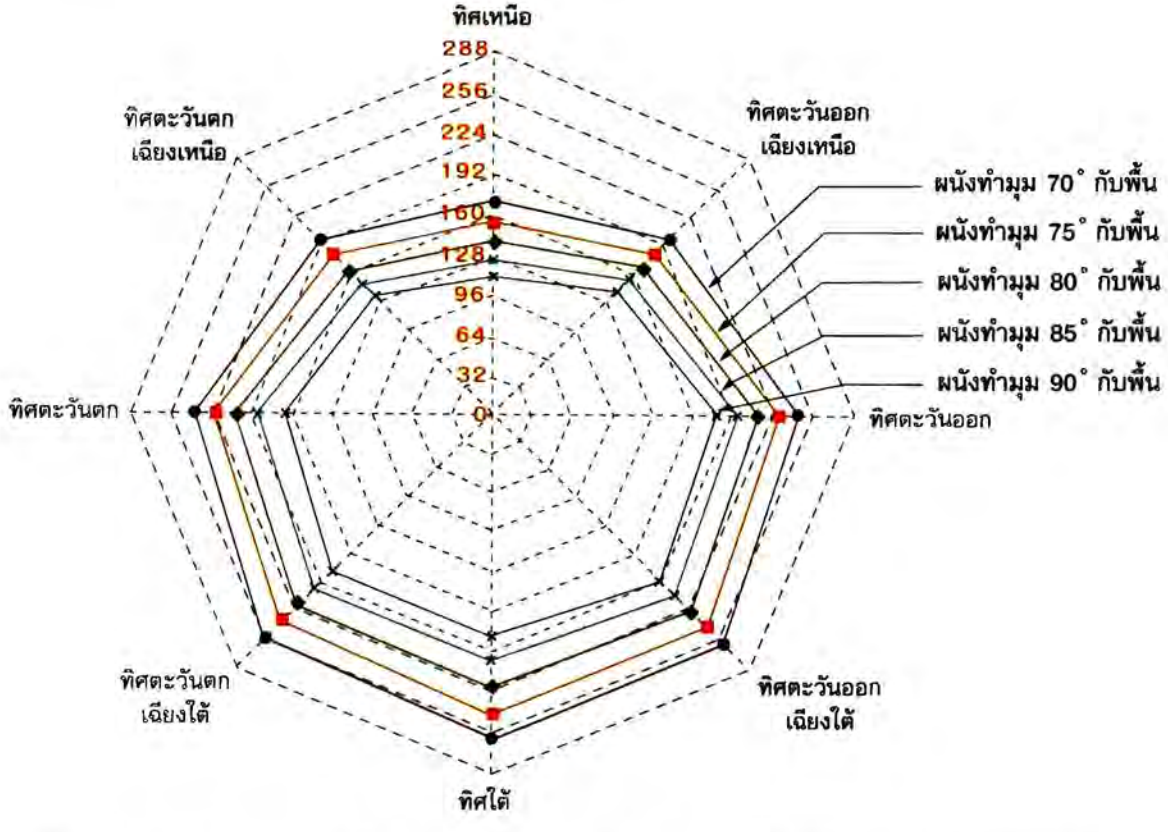
ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (SF)

การคำนวณหาค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ของผนังซึ่งในที่นี้ หมายถึง ค่าของผลจากฟลักซ์รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบผ่านหน้าต่าง กฎกระทรวงกำหนดให้ค่าเฉลี่ยของตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับผนังแนวตั้งในทิศทางต่างๆ มีค่าเท่ากับ 160 วัตต์ต่อตารางเมตร ในการคำนวณหาค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับผนังในทิศทางต่างๆ และมุมเอียงที่แตกต่างกันคำนวณได้จากสมการ

$$SF = (160)(CF)$$

เมื่อ CF = ค่าตัวประกอบปรับแก้ (Correction Factor) สำหรับผนังมุมเอียงหนึ่งๆ และในทิศทางต่างๆ

อิทธิพลของทิศทางต่างๆ และความเอียงของผนังทำให้ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์มีความแตกต่างกัน โดยทิศใต้จะมีค่ามากที่สุด และผนังที่มีความเอียงมากก็จะทำให้มีค่ามากขึ้นดังแสดงในแผนภูมิต่อไปนี้

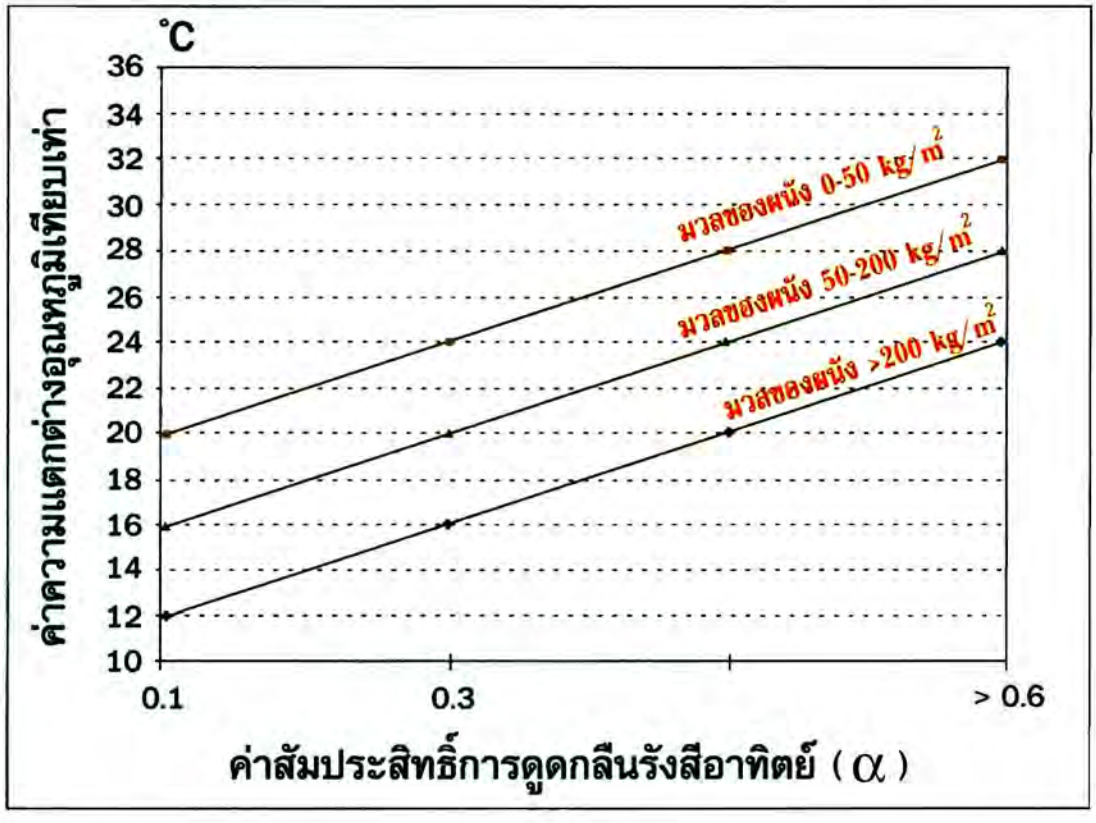


แผนภูมิที่ 2 *แสดงค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับผนังอาคารที่ทำมุมเอียงกับพื้นในทิศทางต่าง ๆ หน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (ที่มา : เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน. 2542.)*

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร[5]

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

สำหรับค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของหลังคาที่ใช้ในสมการ มีความหมายในทำนองเดียวกับค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนังทึบ ดังแผนภูมิต่อไปนี้



แผนภูมิที่ 3 *แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของหลังคาที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ต่าง ๆ (ที่มา : เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน, 2542.)*

ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (SF)

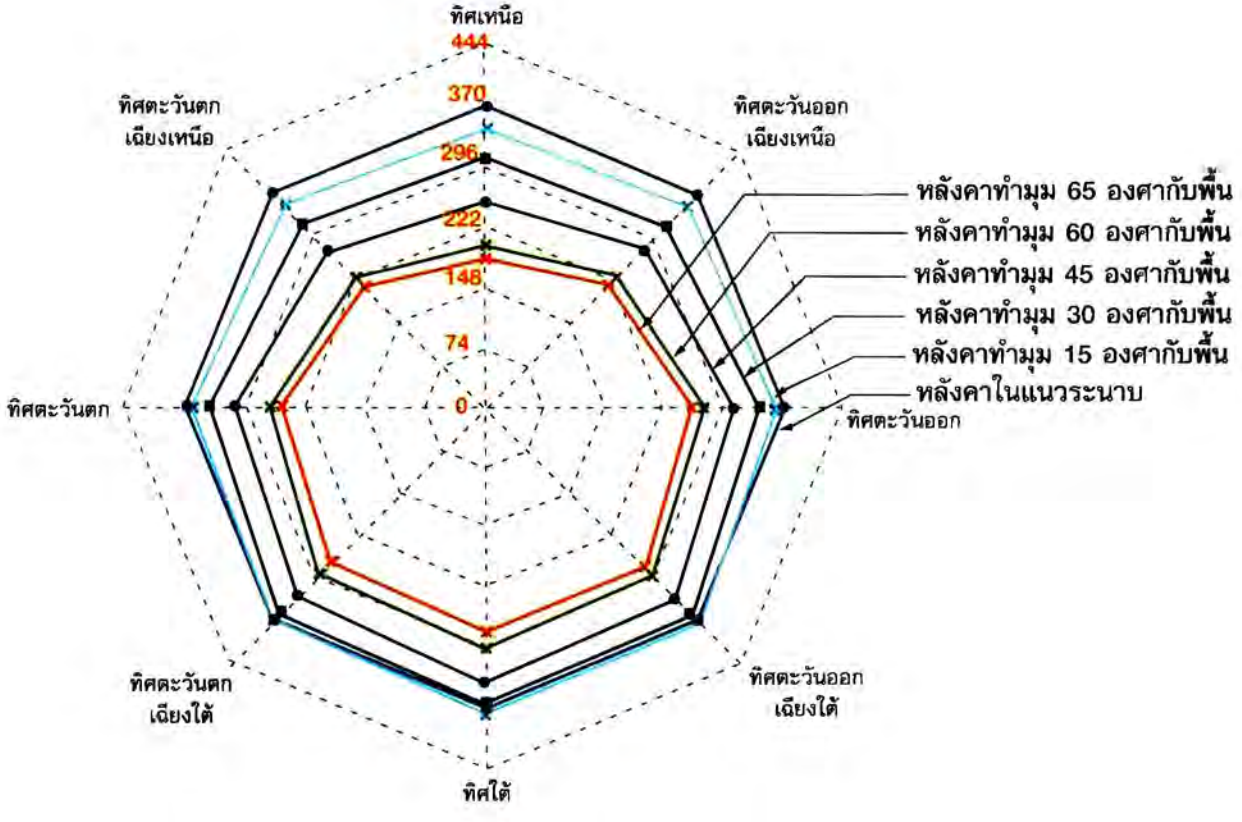
การคำนวณหาค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ของหลังคาเอียงในทิศต่างๆ กำหนดให้ค่าเฉลี่ยของตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับหลังคามีค่าเท่ากับ 370 วัตต์ต่อตารางเมตร ในการคำนวณหาค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับหลังคาคำนวณได้จากสมการ

---

[5] ดูรายละเอียดเพิ่มเติมจาก ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่องค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ ค่า ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง และค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ ข้อ 3

$$SF = (370)(CF)$$

เมื่อ CF = ค่าตัวประกอบปรับแก้ (Correction Factor) ของหลังคาเอียงในทิศทางต่างๆ อิทธิพลของทิศทางต่างๆ และความเอียงของหลังคาทำให้ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์มีความ แตกต่างกัน โดยหลังคาในแนวระนาบจะมีค่ามากที่สุดและค่าเท่ากันในทุกๆ ทิศทาง ทั้งนี้ เนื่องจากหลังคาได้รับรังสีอาทิตย์โดยตรงตลอดเวลา ส่วนหลังคาที่เอียงทำมุมกับพื้นเพิ่มขึ้น จะมีค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ลดลงตามลำดับ หลังคาที่เอียงเท่าๆ กัน ในทิศใต้จะมีค่า SF สูงสุด ดังแสดงในแผนภูมิต่อไปนี้



แผนภูมิที่ 4 *แสดงค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับหลังคาอาคารที่ทำมุมเอียงกับพื้นในทิศทางต่าง ๆหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (ที่มา : เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน, 2542.)*

ปัญหาของการใช้วัสดุในเมืองไทย

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทนำว่า สภาพแวดล้อมของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมามากมาย การก่อสร้างอาคารในปัจจุบันไม่สามารถทำได้อย่างในอดีต แต่จะต้องมีการปรับเปลี่ยนให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบันแทนสภาพแวดล้อมที่เคยร่มเย็นด้วยต้นไม้ พื้นดิน และแหล่งน้ำในอดีตถูกแปรเปลี่ยนเป็นสภาพแวดล้อมที่ร้อนอบอ้าวด้วยพื้นคอนกรีต สิ่งก่อสร้าง และถนนหนทาง ดังนั้นการนำเอาสภาพแวดล้อมมาช่วยให้อาคารเย็นลงจึงไม่อาจทำได้และนี่เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อาคารในปัจจุบันต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เพื่อช่วยปรับสภาพของอากาศภายในอาคารให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานมากขึ้น การเลือกใช้วัสดุสำหรับอาคาควรมีการพิจารณาที่แตกต่างออกไปจากเดิม โดยจะต้องเลือกวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งทางด้านการก่อสร้าง การลงทุน ความปลอดภัย สภาพแวดล้อมและที่สำคัญจะต้องมีความเหมาะสมในด้านการประหยัดพลังงานด้วย ปัญหาของการใช้วัสดุในเมืองไทยที่พบเห็นได้ทั่วไปอาจพอจำแนกได้ดังนี้

การก่อสร้างและการลงทุน

- วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างบางชนิดในอดีตมีน้ำหนักมากทำให้เกิดปัญหาในการขนส่งและการก่อสร้าง ในปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ได้มีการผลิตวัสดุใหม่ๆ ที่มีน้ำหนักเบาและเหมาะสมกับการก่อสร้างมากยิ่งขึ้นโดยมีราคาไม่สูงมากนัก การเลือกใช้วัสดุจึงทำได้ง่ายและมีความยืดหยุ่นในการทำงานสูงขึ้น
- การเลือกใช้วัสดุที่เป็นกรอบอาคารจะต้องพิจารณาให้มีความสามารถในการต้านทานแรงลมและการสั่นสะเทือน มิฉะนั้นอาจทำให้เกิดความเสียหายแก่อาคารได้
- การเลือกใช้วัสดุที่ไม่สามารถผลิตได้ในประเทศ นอกจากจะมีราคาแพง ยังทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานและการบำรุงรักษาตามมาภายหลัง เนื่องจากการให้บริการและให้คำแนะนำในการใช้งานจากบริษัทผู้ผลิตทำได้ยาก วัสดุบางชนิดมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในต่างประเทศ แต่อาจไม่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน
- เนื่องจากสภาพอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในแต่ละวัน กล่าวคืออากาศมีความร้อนสูงมากในเวลากลางวัน แต่เมื่อถึงเวลากลางคืนอากาศจะเย็นลงหากเลือกใช้วัสดุที่ไม่มีความทนทานต่อการขยายและหดตัว จะทำให้เกิดปัญหาการแตกร้าวเสียหายได้

ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อม

- วัสดุบางชนิดแม้จะมีคุณสมบัติด้านอื่นๆ ที่ดี แต่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม การพิจารณาเลือกใช้จึงไม่ควรมองข้ามคุณสมบัติในข้อนี้ วัสดุที่ใช้สำหรับอาคารไม่ควรก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ เช่น ฉนวนบางชนิดก่อให้เกิดฝุ่นละอองทำให้ระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ การติดตั้งควรมีการใช้วัสดุหุ้มห่อที่มีคุณภาพเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองควบคู่ไปด้วย หรือการเลือกใช้วัสดุที่มีการดูดซับความชื้นสูง เนื่องจากจะเป็นแหล่งที่เชื้อโรคเจริญเติบโตได้ดีหรืออาจเกิดเชื้อรา เป็นต้น
- วัสดุที่มีอายุการใช้งานสั้น ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังเป็นการใช้ทรัพยากรที่ไม่คุ้มค่า
- ข้อพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุที่อาจถูกมองข้ามคือ ความปลอดภัย ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้ทั่วไป เนื่องจากผู้ออกแบบไม่มีความเข้าใจที่ดีพอ เช่น อาคารที่มีการใช้กระจกเป็นกรอบอาคาร บางอาคารใช้กระจกที่ไม่ทนไฟ และแรงกระแทก เมื่อมีอุบัติภัยเกิดขึ้นนอกจากจะเกิดอันตรายต่อผู้ที่อยู่ภายในอาคารแล้วยังทำให้ผู้ที่อยู่ภายนอกอาคารได้รับอันตรายด้วย

การประหยัดพลังงาน

- การใช้วัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ (มีค่า R-Value ต่ำ) ทำให้ความร้อนจากอากาศภายนอกเข้าสู่อาคารได้มาก อากาศภายในอาคารจึงร้อนจะทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานหนัก และสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น
- การใช้วัสดุที่สะสมความร้อนหรือมีความจุความร้อนสูง เช่น อิฐก่อฉาบปูน คอนกรีต ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงเกินเขตสบาย (Comfort Zone) และเป็นการเพิ่มภาระให้กับการปรับอากาศ
- เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพอากาศที่มีความชื้นสูงมาก การเลือกใช้วัสดุที่มีการดูดซับความชื้นสูงจะก่อให้เกิดปัญหาด้านการใช้พลังงานในการปรับอากาศของอาคาร เพราะความชื้นเป็นตัวแปรหนึ่งที่ทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น

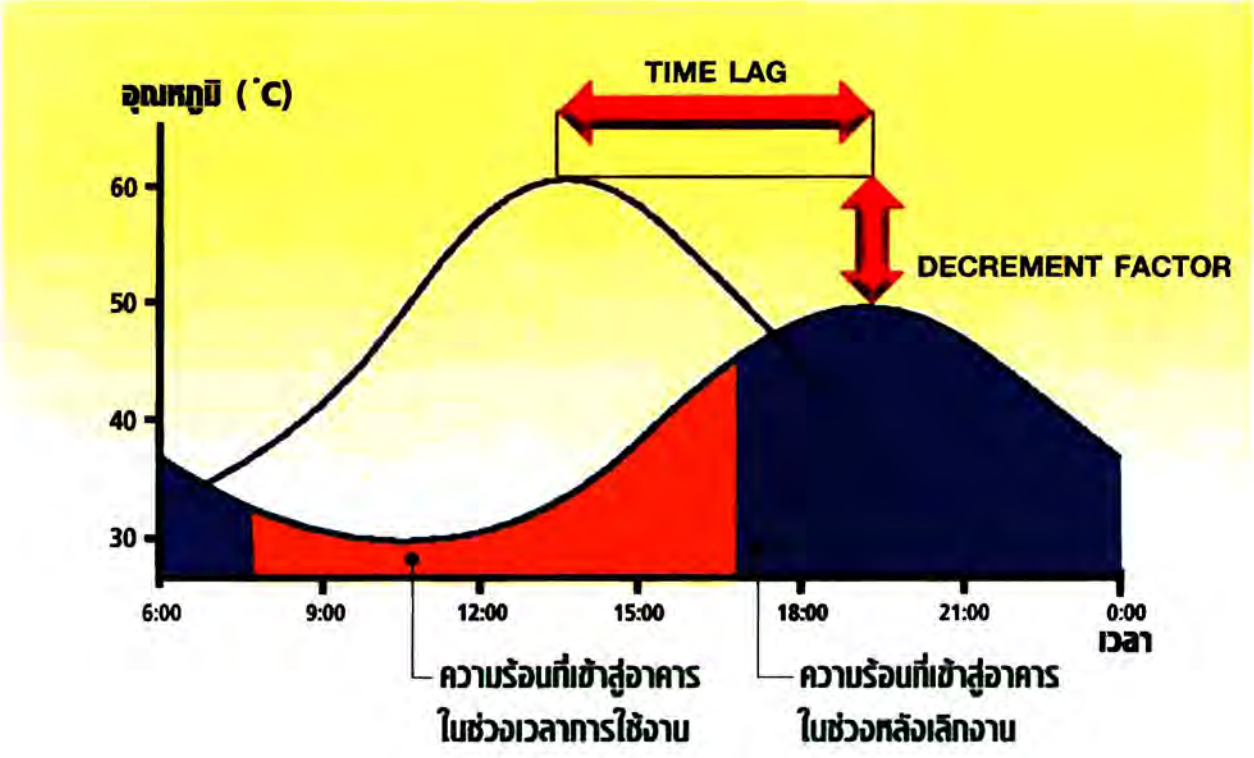
อิทธิพลของมวลสารของวัสดุ ต่อการถ่ายเทความร้อน

การเลือกใช้วัสดุในส่วนที่เป็นผนังทึบภายนอกอาคารให้มีคุณสมบัติในการประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น นอกจากจะต้องพิจารณาถึงค่าความต้านทานความร้อนสูงแล้ว ยังต้องคำนึงถึงอิทธิพลของมวลสาร (Thermal Mass) ที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนในอาคารอีกด้วย เพราะวัสดุที่มีมวลสารมากจะมีผลทำให้เกิดการหน่วงความร้อน (Time Lag) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักอันหนึ่งในการลดภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) ให้กับตัวอาคารได้ อิทธิพลของมวลสารต่อการประหยัดพลังงานในอาคาร มีดังนี้

1. ลดภาระการทำความเย็นสูงสุดของการใช้พลังงานในอาคาร โดยมวลสารจะทำหน้าที่ลดความร้อนสูงสุด โดยการหน่วงความร้อนให้เข้ามาในอาคารในช่วงที่อุณหภูมิภายนอกลดต่ำลงกว่าภายใน ซึ่งทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกสู่ภายนอกเป็นการลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผนังและอากาศภายนอกไม่ให้เกิดพร้อมๆ กัน
2. ลดทั้งภาระการทำความเย็นสูงสุด และปริมาณพลังงานรวมที่ต้องใช้ในการทำความเย็นให้กับอาคาร ซึ่งจะเกิดได้เฉพาะในกรณีที่อุณหภูมิภายในห้องอยู่ระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของอุณหภูมิอากาศภายนอกหรืออุณหภูมิผิวผนังเท่านั้น สภาวะดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ขึ้นอยู่กับที่ตั้งของอาคาร เวลา การปรับสภาพแวดล้อมและการลดอุณหภูมิผิวผนัง

ในสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องมาก ทำให้การใช้มวลสารไม่สามารถช่วยลดปริมาณพลังงานรวมที่ต้องใช้ในการทำความเย็นให้กับอาคารได้ แต่จะช่วยลดเฉพาะค่าสูงสุดของการใช้พลังงานในอาคารได้เท่านั้น เพราะไม่ว่าจะใช้มวลสารหรือผนังที่หนามากเพียงใด ก็ไม่สามารถช่วยลดอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังให้ต่ำลงได้ จากการศึกษาถึงผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ในกรณีที่ไม่มีการปรับอากาศภายในพบว่า (สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล, 2537) ผนังที่มีมวลสารมากก็จะมีค่าการหน่วงเวลามากโดยผนังก่ออิฐฉาบปูนจะมีอุณหภูมิภายในสูงสุดหลังจากอุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าสูงสุดเป็นเวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความหนาและสีของผนัง และจะมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกต่อไปอีกหลายชั่วโมง เนื่องจากความจุความร้อนของมวลสาร (Heat Capacity) เมื่อเปรียบเทียบกับผนังโฟมซึ่งมีมวลสารน้อย พบว่าเกือบจะไม่มีค่าการหน่วงเวลาเลย โดยอุณหภูมิภายในผนังโฟมจะแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิภายนอกตลอดเวลา

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้มวลสารของอาคาร



แผนภูมิที่ 5 *แสดงอิทธิพลของมวลสารที่ทำให้เกิดการหน่วงความร้อนและ Decrement Factor*
ตัวอย่าง : ส่วนหลังคาพื้นราบคอนกรีตเสริมเหล็กของอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ

การหน่วงความร้อนของหลังคาโดยใช้มวลสารนี้ เป็นปัจจัยหลักอันหนึ่งในการลดภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) ให้กับหลังคา ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อความร้อนถูกหน่วง ออกไปนานถึง 6 ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศภายนอกเริ่มเย็นลงแล้ว ความร้อนที่สะสมในหลังคาจะถ่ายเทออกสู่ภายนอกด้วยวิธีธรรมชาติ ทั้งโดยการนำและการพา เพราะอุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำกว่าอุณหภูมิในเนื้อคอนกรีต ส่งผลให้มีปริมาณความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารน้อยลงด้วย ส่วนต่างของปริมาณความร้อนนี้ลดภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารลงได้ แนวความคิดในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานดังกล่าวนี้ เรียกอีกนัยหนึ่งว่า Decrement Factor (ดูแผนภูมิที่ 5)

การควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคารที่มีผลต่อการเลือกใช้วัสดุ

หัวใจสำคัญของการพิจารณาเลือกวิธีควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคาร เพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้งานคือ ต้องเป็นวิธีที่เหมาะสมกับเขตร้อนชื้นอย่างแท้จริง ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์วัสดุตกแต่งภายในหรือเครื่องใช้ต่างๆ ควรเน้นการใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีค่าการกักเก็บความร้อนและความชื้นน้อย และเพิ่มความร้อนและความชื้นให้กับอาคารน้อยที่สุด อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าที่อยู่ภายในอาคารควรมีประสิทธิภาพสูงและไม่เพิ่มความร้อนให้กับอาคาร หากเป็นไปได้ควรนำอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สร้างความร้อน เช่น ตู้เย็น กระติกน้ำร้อนไฟฟ้าไว้นอกบริเวณที่ปรับอากาศ ในที่นี้ควรเข้าใจว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิด คือแหล่งกำเนิดของความร้อนภายในอาคารนั่นเอง ด้วยเหตุนี้การนำเอาแสงธรรมชาติที่เป็นแสงสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Light) ที่ปราศจากแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์มาใช้ในตอนกลางวันแทนการใช้หลอดไฟจึงเป็นประโยชน์มาก

การออกแบบและเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานในส่วนที่เป็นเปลือกอาคารต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งานภายในอาคาร ซึ่งมีผลกระทบต่อการพิจารณาเลือกใช้วัสดุในส่วนนั้นๆ ด้วย เพราะการควบคุมสภาวะภายในอาคารไม่ว่าจะโดยการใช้เครื่องปรับอากาศ หรือการใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ผู้ออกแบบจำเป็นต้องนำมาพิจารณา วิธีควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคารอาจจำแนกออกได้เป็น 2 รูปแบบหลัก คือ

1. อาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ เช่น โบสถ์และบ้านไทยในอดีต
2. อาคารที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ แต่มีระยะหรือช่วงเวลาในการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศแตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น
   - อาคารที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลา เช่น โรงแรม โรงพยาบาล
   - อาคารที่มีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศระยะยาว (เปิดเวลากลางวันและปิดเวลากลางคืน) เช่น อาคารสำนักงาน
   - อาคารที่มีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศระยะสั้น เช่น บ้านพักอาศัย ห้องประชุม

อาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ

อาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ หมายถึง อาคารที่ใช้เฉพาะระบบการระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยไม่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในอาคารจะมีความสัมพันธ์กับสภาวะภายนอกมาก ผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความเข้าใจถึงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับอาคารในช่วงเวลาต่างๆ เมื่อเลือกใช้วัสดุต่างชนิดกัน เพราะวัสดุผนังที่มีมวลสารแตกต่างกัน จะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในอาคารแต่ละช่วงเวลา ถ้าเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน หรือผนังคอนกรีตจะทำให้อุณหภูมิภายในมีการเปลี่ยนแปลงไม่รุนแรง เมื่อเปรียบเทียบกับผนังที่มีมวลสารน้อย เพราะมวลสารของผนังจะทำหน้าที่สะสมความร้อนไว้ในช่วงเวลาหนึ่ง ก่อนจะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร (เกิดการหน่วงความร้อน) ทำให้ในเวลากลางวันที่ภายนอกมีอากาศร้อนจัด แต่ภายในอาคารมีอุณหภูมิไม่สูงนัก บางครั้งอาจต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกได้ ซึ่งเป็นเหตุผลเดียวกับการที่อุณหภูมิภายในโบสถ์ไทยโบราณเย็นสบายในเวลากลางวัน

ลักษณะของระบบผนังหรือเปลือกอาคารที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในอาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศภายในอาคาร คือ

- ความหนามากกว่าปกติ เพื่อให้เกิดการหน่วงความร้อนไว้เป็นระยะเวลานาน หรือตลอดช่วงระยะเวลาที่อุณหภูมิภายนอกสูงกว่าภายในอาคาร
- ค่าความต้านทานความร้อนสูง เพื่อให้มีความร้อนที่ผ่านเข้า มาภายในอาคารน้อยที่สุด
- ดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นน้อย

อาคารที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ

อาคารที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ หมายถึง อาคารมีการติดตั้งระบบปรับอากาศเพื่อควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคารให้ผู้ใช้อาคารอยู่ในสภาวะน่าสบาย ผู้ออกแบบจำเป็นต้องพิจารณาถึงรูปแบบการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศที่แตกต่างกันในอาคารแต่ละประเภท เพราะรูปแบบของการควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคารที่แตกต่างกัน มีผลกระทบอย่างมากต่อปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการทำความเย็นให้กับอาคาร ลักษณะของระบบผนังหรือเปลือกอาคารที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานของอาคารที่แตกต่างกันมีดังนี้

อาคารที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลา

อาคารที่มีการปรับอากาศภายในตลอดเวลา ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในให้คงที่ในระดับที่ต้องการ ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมภายนอก แนวทางในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อน (R-Value) สูง หรือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ต่ำ เพื่อลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

อาคารที่มีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศระยะยาว

อาคารที่มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศระยะเวลานานๆ เช่น ตลอดเวลากลางวันและปิดเวลากลางคืน ต้องมีการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ให้ผสมผสานกันอย่างเหมาะสม เพื่อให้สามารถควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคารและประหยัดพลังงาน โดยอาจพิจารณาจากตำแหน่งในการติดตั้งและคุณสมบัติของวัสดุดังนี้

- การนำมวลสารไว้ด้านนอก เป็นการลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากสภาวะภายนอก
- การติดตั้งฉนวนกันความร้อนไว้ด้านในผนังอาคาร เพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร
- การใช้ฉนวนสะท้อนความร้อน เช่น ฟอยล์ เพื่อเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนให้กับช่องว่างอากาศ[6]

อาคารที่มีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศระยะสั้น

อาคารที่ต้องมีการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศบ่อยๆ เป็นระยะเวลาสั้นๆ ควรเลือกใช้ผนังที่มีมวลสารน้อย มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนและใช้วัสดุที่มีการสะสมความร้อนและความชื้นน้อย

---

[6] ดูรายละเอียดเพิ่มเติม - หนังสือการใช้ฉนวน หัวข้อตัวอย่างการประยุกต์ใช้ฉนวนและมวลสารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

การพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ภายในอาคาร

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

แนวความคิดที่สำคัญเพื่อการประหยัดพลังงานในด้านแสงสว่างในอาคารคือ การลดการใช้พลังงานสำหรับแสงประดิษฐ์หรือหลอดไฟต่างๆ ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ และใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในเวลากลางวัน ซึ่งทำได้โดยควบคุมความสม่ำเสมอของแสงสะท้อนจากท้องฟ้าและสภาพแวดล้อมข้างเคียง (Indirect Light) ในการออกแบบควรให้มีแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารได้มากที่สุดโดยปราศจากแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Sun) ยกเว้นเฉพาะในช่วงเช้ามากๆ และเย็นมากๆ (เช่น ก่อน 8 โมงเช้าและหลัง 4 โมงเย็น) ในด้านการออกแบบผู้ออกแบบควรออกแบบให้อาคารมีส่วนยื่นของอาคารหรืออุปกรณ์บังแดด หรืออาจใช้การปลูกต้นไม้รอบๆ บริเวณและเทคนิคอื่นๆ ที่เหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ทั้งนี้เนื่องจากรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์เมื่อส่องผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในอาคารจะแปรเปลี่ยนเป็นความร้อนและเกิดความจ้ามาก ซึ่งเป็นบรรยากาศที่ไม่พึงปรารถนา

การส่องสว่างด้วยระบบไฟฟ้าแสงสว่างนอกจากจะเป็นภาระไฟฟ้าสำหรับอาคารแล้วยังส่งผลกระทบต่อภาระไฟฟ้าโดยรวมของอาคาร เนื่องจากความร้อนจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะไปเพิ่มภาระการทำความเย็นแก่ระบบปรับอากาศอีกด้วย ดังนั้นการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จึงควรเลือกให้มีประสิทธิภาพในการส่องสว่างสอดคล้องกับการใช้งานขณะเดียวกันก็ควรให้มี ประสิทธิภาพที่ดีในด้านการประหยัดพลังงานด้วย กล่าวคือจะต้องออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้มีการส่องสว่างพอเหมาะกับการใช้งาน โดยจะต้องจำกัดกำลังไฟฟ้าให้น้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เพิ่มภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศมากเกินไปนั่นเอง

การกำหนดค่ามาตรฐานกำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด

ในอาคารทั่วไปหากพิจารณาถึงที่มาของแหล่งความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในอาคารจะพบว่ามาจากหลายตัวแปร เช่น ความร้อนจากตัวคน ความร้อนจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอื่นๆ ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะมีผลถึงภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศโดยตรง ตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ง่ายที่สุดและมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารโดยรวมค่อนข้างมาก คือ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ดังนั้นกฎกระทรวง (พ.ศ.2538)

จึงได้กำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยใช้ค่ามาตรฐานกำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งานไว้ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงค่ามาตรฐานกำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดจำแนกตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน

ประเภทอาคาร	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด
1. สำนักงาน โรงแรม สถานศึกษาและ โรงพยาบาล / สถานพักฟื้น	16 วัตต์ต่อตารางเมตร
2. ร้านขายของ ซุปเปอร์มาเก็ต หรือศูนย์การค้า	23 วัตต์ต่อตารางเมตร

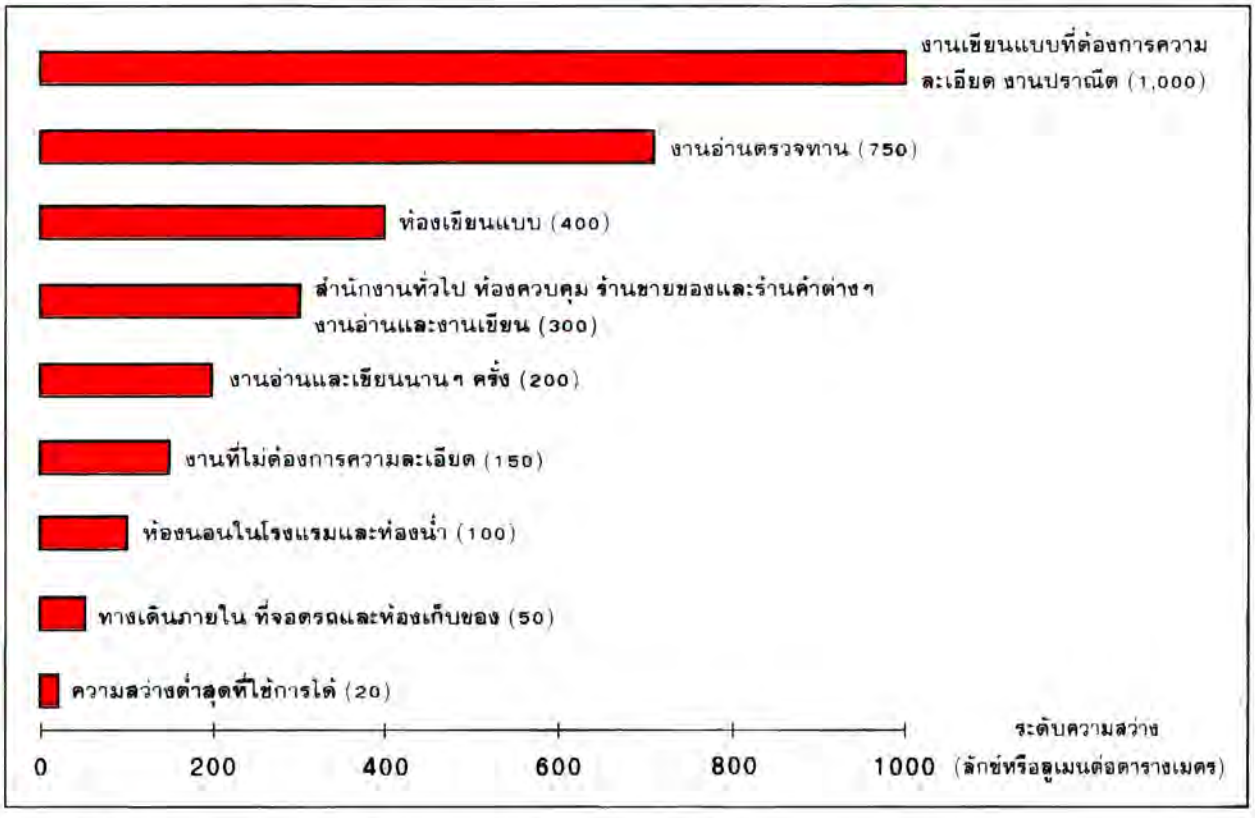
ที่มา : จากกฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคาร โดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคาร (วัตต์ต่อตารางเมตร)} = \frac{\text{ผลรวมของค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของหลอดส่องสว่างทั้งหมดที่ติดตั้งในอาคาร (วัตต์)} + \text{ผลรวมของค่ากำลังสูญเสียของบัลลาสต์ทั้งหมดที่ติดตั้งในอาคาร (วัตต์)}}{\text{พื้นที่ใช้งานรวมในอาคาร (ตารางเมตร)}}$$

การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในอาคาร นอกจากจะต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดภายในอาคารตามตารางข้างต้นแล้ว ยังต้องคำนึงถึงระดับความสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทต้องมีอย่างเพียงพอตามหลักการและวิธีการที่ยอมรับได้ทางวิศวกรรม[8] ระดับความสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทมีดังนี้

[7] ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากตารางที่ 3-1 ในหนังสือคู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2538.



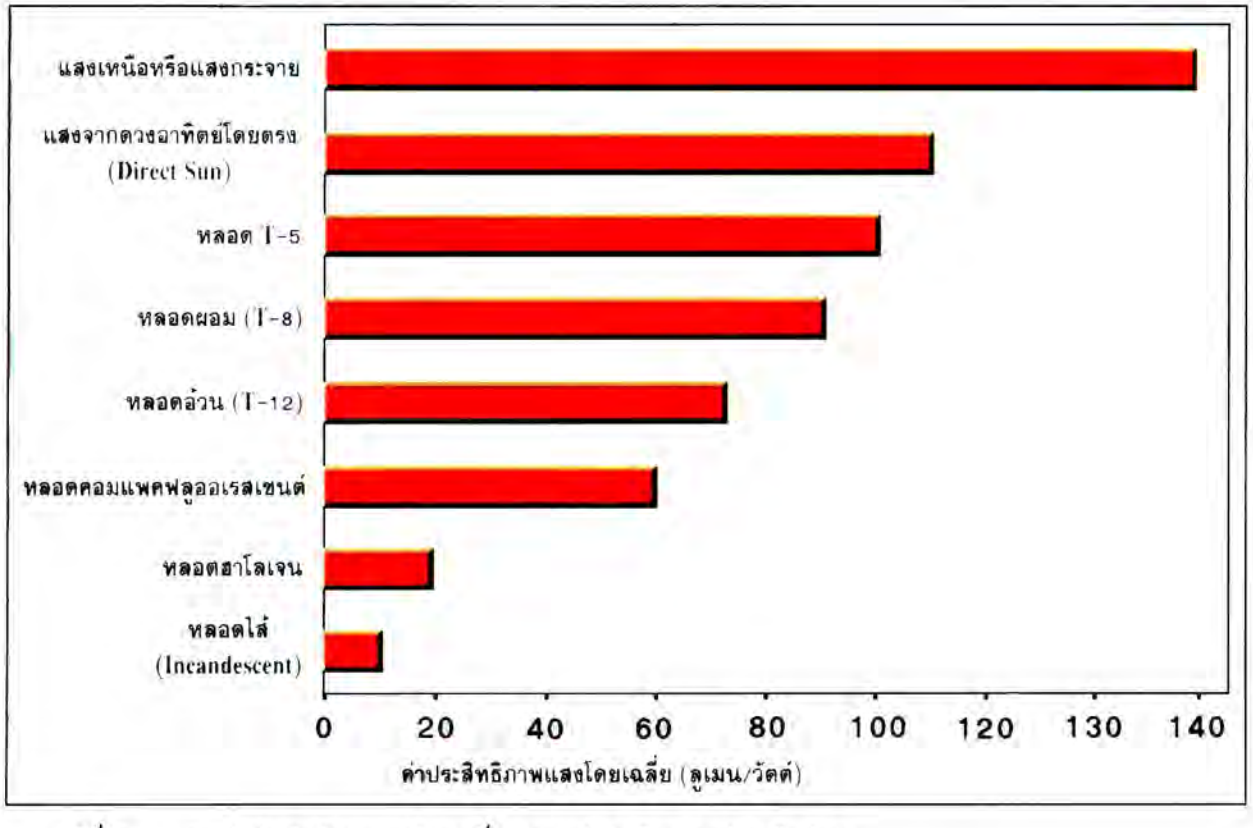
แผนภูมิที่ 6 *แสดงระดับความสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทเป็น ลักซ์หรือลูเมนต่อตารางเมตร*
(ที่มา : คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคารของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2538)

การลดกำลังไฟฟ้าตามข้อกำหนดในกฎกระทรวง โดยที่ยังคงไว้ซึ่งประสิทธิผลของระดับความสว่างนี้ สามารถทำได้โดยการเลือกใช้ชุดหลอดไฟฟ้า (อาจรวมบัลลาสต์) และโคมไฟที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดต่ำลงได้ ในเชิงปฏิบัติพบว่าสามารถทำได้ไม่ยากนัก

ในกรณีที่ต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟซึ่งเป็นแสงประดิษฐ์จะต้องพิจารณาเลือกใช้หลอดไฟตามความเหมาะสม โดยประสิทธิภาพของหลอดไฟนั้นจะขึ้นอยู่กับหลายตัวแปร อย่างไรก็ตามการเลือกใช้หลอดไฟหรือแหล่งกำเนิดแสงแต่ละชนิดในตำแหน่งต่างๆ กัน จะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในด้านอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น วัตถุประสงค์ในการใช้งาน ลักษณะการใช้งาน ความยืดหยุ่นในการใช้งาน ราคา ฯลฯ แหล่งกำเนิดแสงบางชนิดอาจมีประสิทธิภาพของแสงสูง แต่ในแง่ของการใช้งานอาจไม่เหมาะสมสำหรับบางตำแหน่ง ดังนั้นการเลือกใช้จึงต้องพิจารณารายละเอียดการใช้งานของแหล่งกำเนิดแสงสว่างแต่ละชนิดด้วย ดังนี้

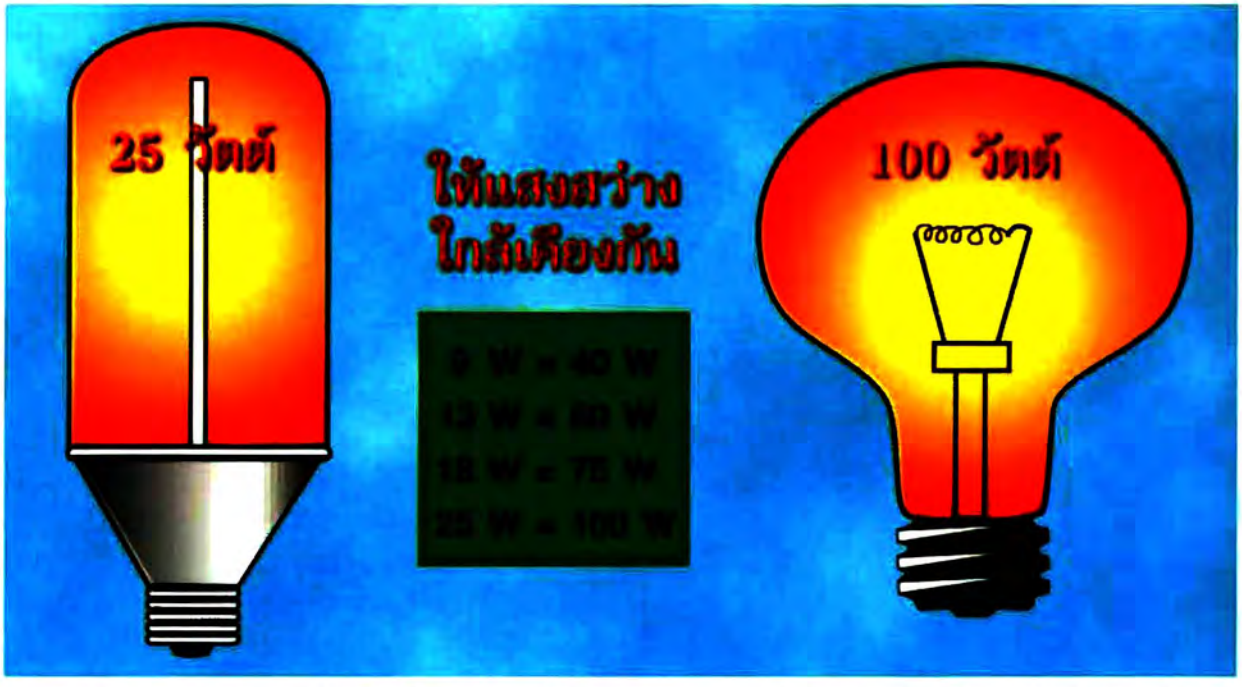
- หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์และหลอดไส้ใช้เป็นไฟส่องลง (Down Light) ได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์แทนหลอดไส้ได้ โดยที่การใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์จะให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดไส้ถึงประมาณ 4 เท่า

- หลอดฮาโลเจนควรใช้เพื่อเน้นแสง-สี และเน้นบรรยากาศเฉพาะจุด (High Light) เท่านั้น
- การใช้งานทั่วไปและพื้นที่สำนักงาน ควรเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดหลอดผอม เพราะมีประสิทธิภาพสูง
- แสงจากดวงอาทิตย์โดยตรงมีค่าประสิทธิภาพสูงถึงประมาณ 110 ลูเมนต่อวัตต์ แต่มีข้อเสียคือเป็นแสงสว่างที่ควบคุมได้ยากและมีความเข้มของการส่องสว่างสูง จึงควรหลีกเลี่ยงไม่ใช้ในพื้นที่ที่ต้องการใช้งานอย่างจริงจัง ไม่ควรใช้ภายในอาคาร แต่อาจใช้เน้นแสงสว่างในบางส่วนของอาคารได้
- แสงเหนือหรือแสงกระจายจากท้องฟ้าเป็นแสงที่เหมาะสมอย่างยิ่งกับการใช้งานภายในอาคาร เนื่องจากเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพสูงถึงประมาณ 140 ลูเมนต่อวัตต์ นอกจากนั้นยังเป็นแสงสว่างที่มีคุณภาพสูงอีกด้วย

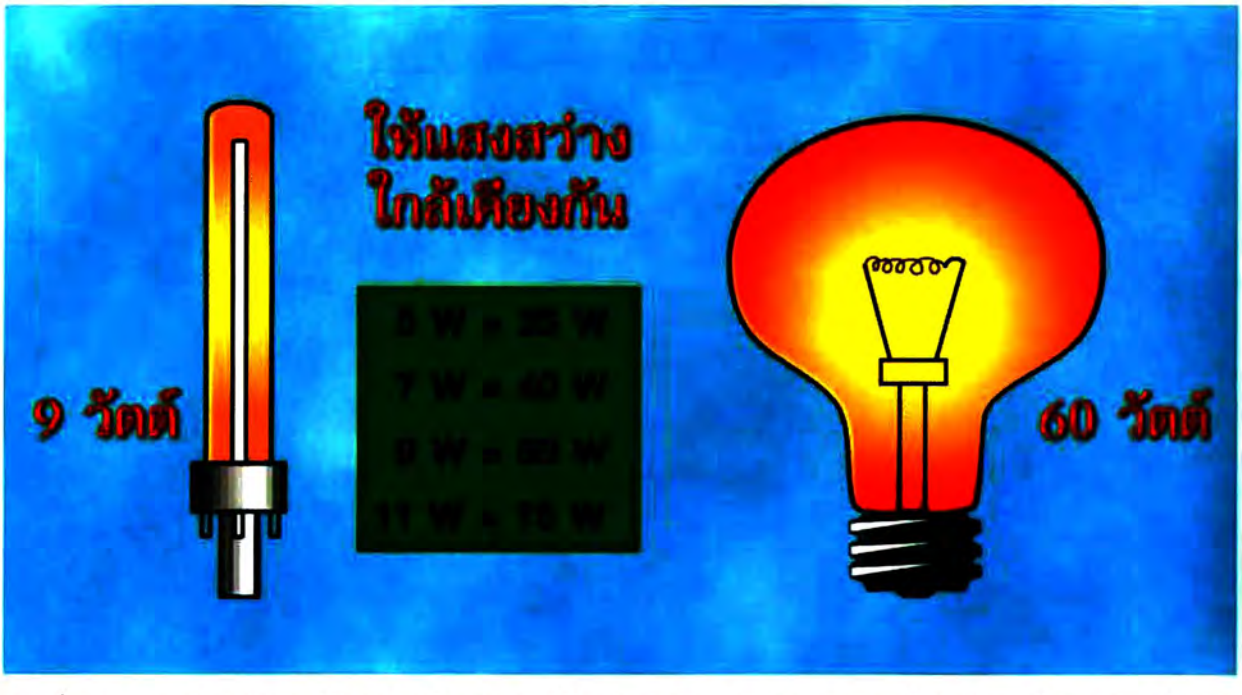


แผนภูมิที่ 7 *แสดงค่าประสิทธิภาพแสงโดยเฉลี่ยของแหล่งกำเนิดแสงสว่างชนิดต่าง ๆ*

หมายเหตุ : หลอด T-5 เป็นหลอดไฟรุ่นใหม่ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเล็กมาก (5/8 นิ้ว) และมีอุณหภูมิผิวหลอดสูง เหมาะสำหรับการใช้งานในประเทศที่มีอากาศร้อนเช่นประเทศไทย สามารถให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่อุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 27 *การเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดไส้และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ชนิดบัลลาสต์ภายใน โดยที่มีฟลักซ์การส่องสว่างใกล้เคียงกัน*



ภาพที่ 28 *การเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดไส้และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ชนิดบัลลาสต์ภายนอก หรือหลอดตะเกียบโดยที่มีฟลักซ์การส่องสว่างใกล้เคียงกัน*

ระบบปรับอากาศ

การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศสำหรับระบบปรับอากาศ ควรเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่ทำความเย็นได้มากโดยใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย สำหรับประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารให้มีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (Full Load) หรือที่ภาระใช้งานจริง (Actual Load) ของเครื่องทำความเย็นแบบติดหน้าต่าง/แยกส่วน (Window/Split Type) ไม่เกิน 1.40 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับฉลากประหยัดไฟที่กำหนดโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยแล้ว พบว่าเครื่องปรับอากาศที่มีฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 3, 4 และ 5 เท่านั้นที่มีประสิทธิภาพตามค่ามาตรฐานดังกล่าว

ภาพที่ 29 *ลักษณะฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ของเครื่องปรับอากาศ*

การกำหนดค่ามาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร

เครื่องปรับอากาศจัดเป็นอุปกรณ์ที่จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการขจัดความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารหรืออาจกล่าวให้ง่ายก็คือ เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับนำความร้อนภายในอาคารออกไปทิ้งภายนอก ในกฎกระทรวงได้กำหนดค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น (Energy Efficiency Ratio; EER) สำหรับอาคารเก่าและอาคารใหม่ไว้ไม่เกินค่าที่แสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ชนิดส่วนทำความเย็น / เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ (กิโลวัตต์/ ตันความเย็น)	อาคารเก่า (กิโลวัตต์/ ตันความเย็น)
1. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller)		
- ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	0.75	0.90
- ขนาด 250 - 500 ตันความเย็น	0.70	0.84
- ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	0.67	0.80
2. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)		
- ขนาดไม่เกิน 35 ตันความเย็น	0.98	1.18
- ขนาดเกินกว่า 35 ตันความเย็น	0.91	1.10
3. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package Unit)	0.88	1.06
4. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (Screw Chiller)	0.70	0.84

ที่มา : กฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

หมายเหตุ : ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องปรับอากาศอ้างอิงที่สภาวะต่อไปนี้

1. น้ำเย็นเข้าและออกเครื่องทำน้ำเย็นมีค่า 12 องศาเซลเซียส และ 7 องศาเซลเซียสตามลำดับ

2. น้ำระบายความร้อนที่เข้าและออกเครื่องระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นมีค่า 32 องศาเซลเซียส และ 38 องศาเซลเซียสตามลำดับ

ตารางที่ 3 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

ชนิดส่วนทำความเย็น / เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ (กิโลวัตต์/ ตันความเย็น)	อาคารเก่า (กิโลวัตต์/ ตันความเย็น)
1. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller)		
- ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	1.40	1.61
- ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น	1.20	1.38
2. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)		
- ขนาดไม่เกิน 50 ตันความเย็น	1.30	1.50
- ขนาดเกินกว่า 50 ตันความเย็น	1.25	1.44
3. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package Unit)	1.37	1.58
4. ส่วนทำน้ำเย็นแบบติดหน้าต่าง / แยกส่วน (Window / Split Type)	1.40	1.61

ที่มา : กฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

หมายเหตุ : ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องปรับอากาศอ้างอิงที่สภาวะต่อไปนี้

1. อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องระบายความร้อนมีค่า 35 องศาเซลเซียส

2. สภาวะอากาศก่อนเข้าคอยล์เย็นไม่เกิน 26.7 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิกระเปาะแห้ง) และ19.4 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิกระเปาะเปียก)

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อเดือน เมื่อใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน หรือ 12.66 เมกะจูลต่อชั่วโมง (12,000 บีทียูต่อชั่วโมง) ตามมาตรฐานโดยแยกตามฉลากประหยัดไฟ

มาตรฐานเครื่องปรับอากาศ	ค่า EER	ค่ากำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	กิโลวัตต์ตันความเย็น	ค่าไฟฟ้าต่อเดือน (บาท)		
				6 ชั่วโมง/วัน	8 ชั่วโมง/วัน	24 ชั่วโมง/วัน
เบอร์ 1	6.6	1.82	1.82	733	977	2,932
เบอร์ 2	7.6	1.58	1.58	637	849	2,547
เบอร์ 3	8.6	1.42	1.40	563	750	2,250
เบอร์ 4	9.6	1.25	1.25	504	672	2,016
เบอร์ 5	10.6	1.13	1.13	456	609	1,826

หมายเหตุ : กำหนดให้ 1 เดือนเท่ากับ 30 วัน ค่าไฟฟ้า 2.8 บาทต่อหน่วย และ Load Factor เท่ากับร้อยละ 80
(ที่มา : เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน, 2542.)

อย่างไรก็ตามในการออกแบบอาคารเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานสูงสุดนั้น ยังมีตัวแปรอื่นๆ อีกมากที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร ค่าต่างๆ ที่กำหนดในกฎกระทรวงดังกล่าวข้างต้น เป็นเพียงจุดเริ่มต้นที่จะกระตุ้นให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน ในการออกแบบอาคารจริงจะสามารถออกแบบให้อาคารมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้สูงกว่านี้มาก แต่อาจจะต้องมีการลงทุนเพิ่มมากขึ้นและจำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญให้คำปรึกษา ซึ่งรายละเอียดต่างๆ ตลอดจนแนวทางการพิจารณาเพื่อการอนุรักษ์พลังงานที่มากไปกว่านี้ สถาปนิก วิศวกร และผู้ที่เกี่ยวข้องควรให้ความสนใจมากขึ้นในการวิเคราะห์และวิจัยเพื่อหาทางออกที่ดีกว่าต่อไป

อิทธิพลของพื้นที่ผนังโปร่งแสง ต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง

การศึกษาอิทธิพลของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในที่นี้จะใช้แผนภูมิระหว่างค่าอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณากับการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร หรือค่า OTTV ที่คำนวณได้เป็นตัวอย่างในการศึกษา ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก แต่ละด้าน ($OTTV_i$) สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้[8]

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

เมื่อ $OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา (มีหน่วยเป็น W/m^2 หรือ $Btu/h \cdot ft^2$)

U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (มีหน่วยเป็น $W/m^2 \cdot {}^\circ C$ หรือ $Btu/h \cdot ft^2 \cdot {}^\circ F$)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Different Equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ โดยให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมประกาศกำหนด[9] (มีหน่วยเป็น $^\circ C$ หรือ $^\circ F$)

---

8 ดูรายละเอียดในกฎกระทรวงฯ หมวด 4 ข้อ 7

9 ดูรายละเอียดในหัวข้อ "ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านด้านนอก" หัวข้อย่อย "ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง (มีหน่วยเป็น $W/m^2\ ^\circ C$ หรือ $Btu/h\ ft^2\ ^\circ F$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (มีหน่วยเป็น $^\circ C$ หรือ $^\circ F$) กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนดให้ใช้ค่าเท่ากับ 5 องศาเซลเซียสในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง ซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนด[10]

SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor) ที่ผ่านหน้าต่างโปร่งแสงและ/หรือผนังโปร่งแสง (มีหน่วยเป็น W/m^2 หรือ $Btu/h{\cdot}ft^2$) โดยให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมประกาศกำหนด[11]

จากสมการการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารดังกล่าว สามารถนำมาเขียนในรูปสมการเส้นตรง $y = ax + b$ ได้ดังนี้

$$OTTV = [(U_f.\Delta T) + (SC.SF) - (U_w.TD_{eq})]\ WWR + (U_w.TD_{eq})$$

เมื่อแทนค่าตัวแปรทั้งหมดลงในสมการ จะได้สมการเส้นตรง ซึ่งมีแกน x เป็นอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนัง และแกน y เป็นค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณาในการสร้างแผนภูมิอิทธิพลของพื้นที่หน้าต่างและ/หรือผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังกำหนดให้ x มีค่าตั้งแต่ 0.00 - 1.00 (0.00 คือผนังไม่มีกระจกเลย และ 1.00 คือ ผนังเป็นกระจกหรือหน้าต่างโปร่งแสงทั้งหมด) ซึ่งในที่นี้ได้แสดงตัวอย่างของผนังที่แตกต่างกัน 4 แบบ เพื่อศึกษาอิทธิพลของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง ดังนี้

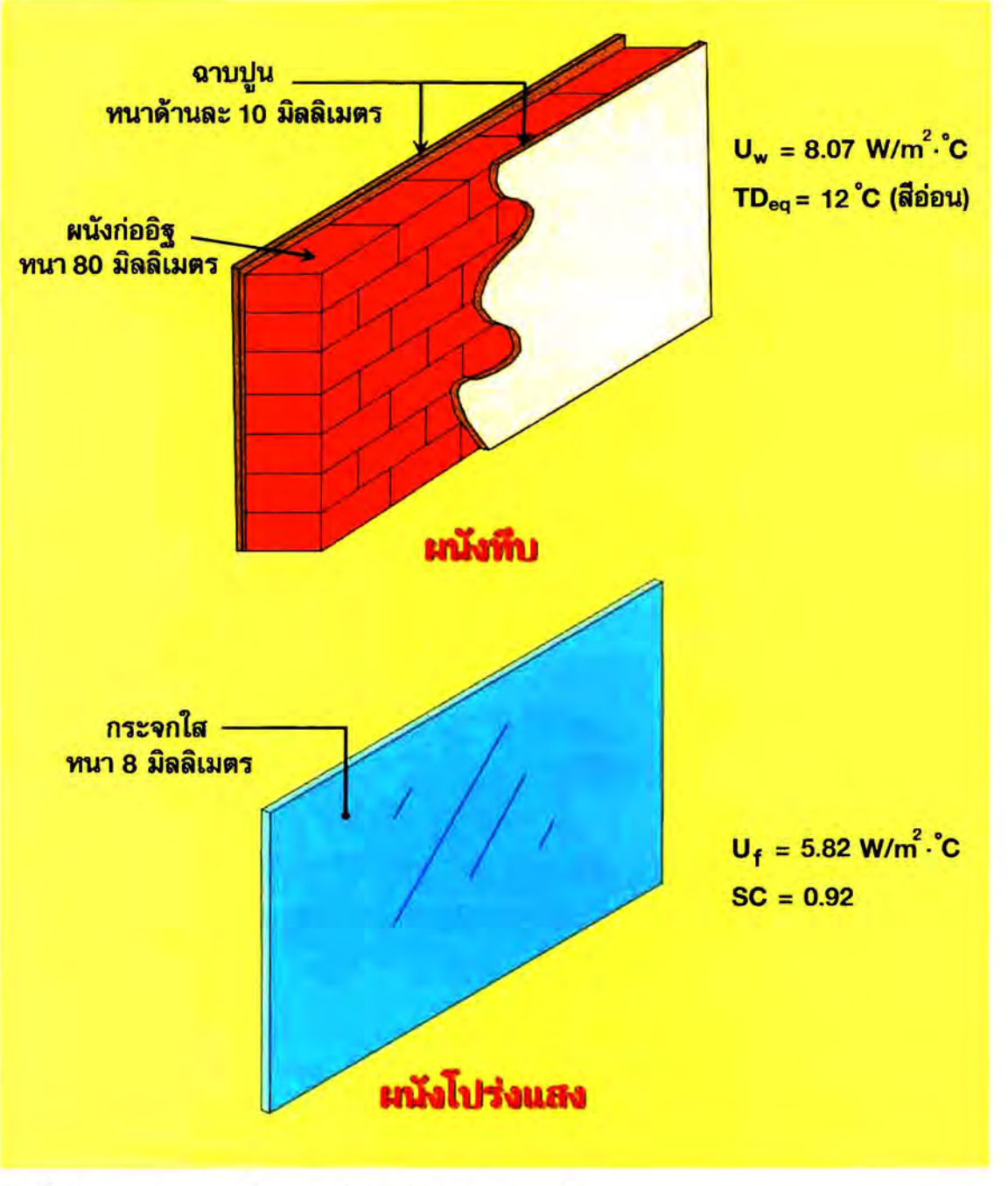
---

[10] ดูรายละเอียดการคำนวณค่า SC ในประกาศกระทรวงฯ ข้อ 3.

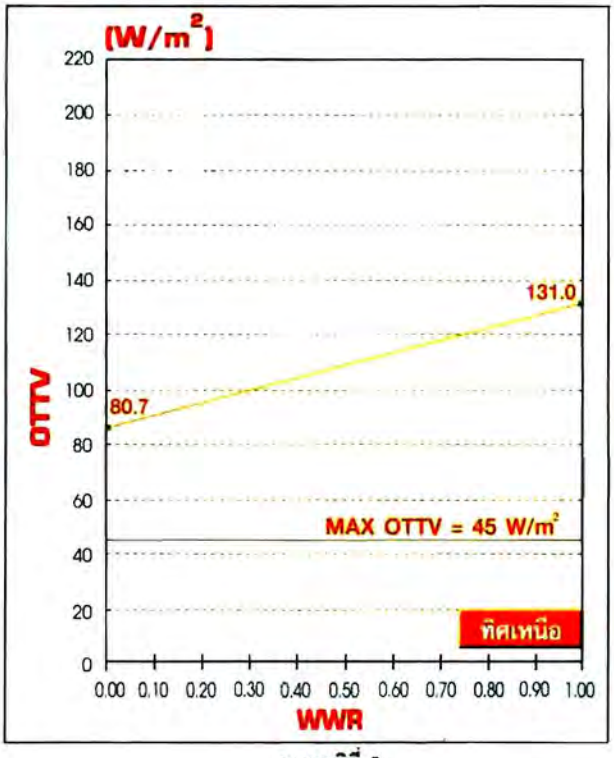
[11] ดูรายละเอียดในหัวข้อ "ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก" หัวข้อย่อย "ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (SF)

ตัวอย่างที่ 1 กำหนดให้ผนังทึบเป็นผนังก่ออิฐ หนา 80 มิลลิเมตร ผิวฉาบปูนทั้งสองด้าน หนาด้านละ 10 มิลลิเมตร และผนังโปร่งแสงเป็นกระจกใส หนา 8 มิลลิเมตร (ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดด)

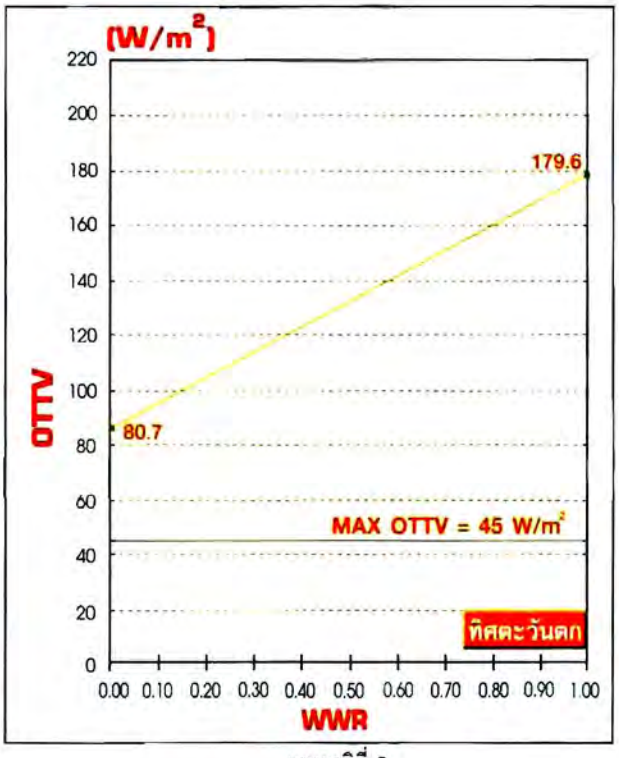
จากประกาศกระทรวงฯ กำหนดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ (TD_{eq}) มีค่าเท่ากับ 12 °C และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกใสเท่ากับ 0.92



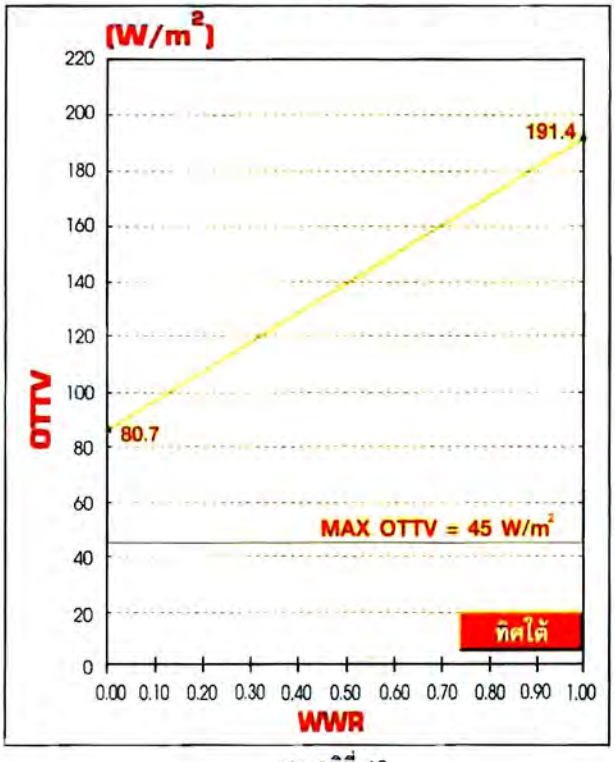
ภาพที่ 30 *แสดงลักษณะผนังทึบและผนังโปร่งแสง สำหรับตัวอย่างที่ 1*



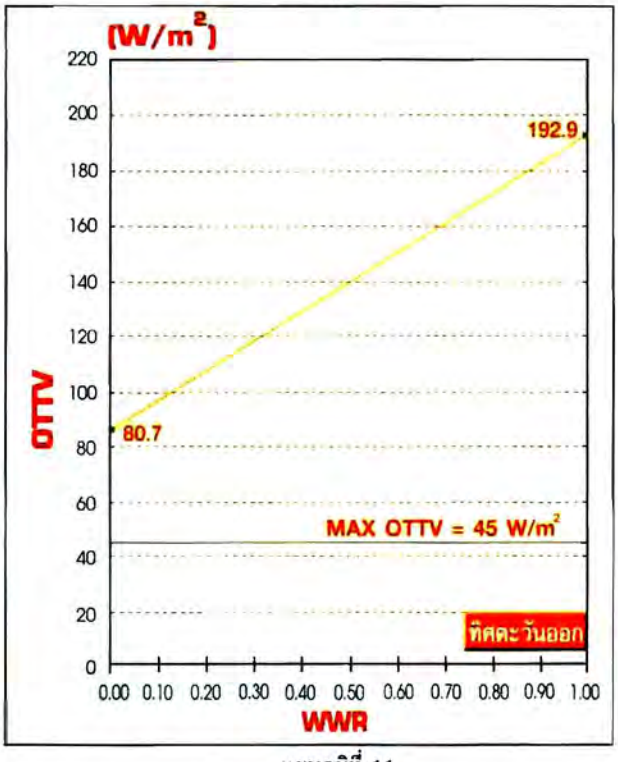
แผนภูมิที่ 8



แผนภูมิที่ 9



แผนภูมิที่ 10



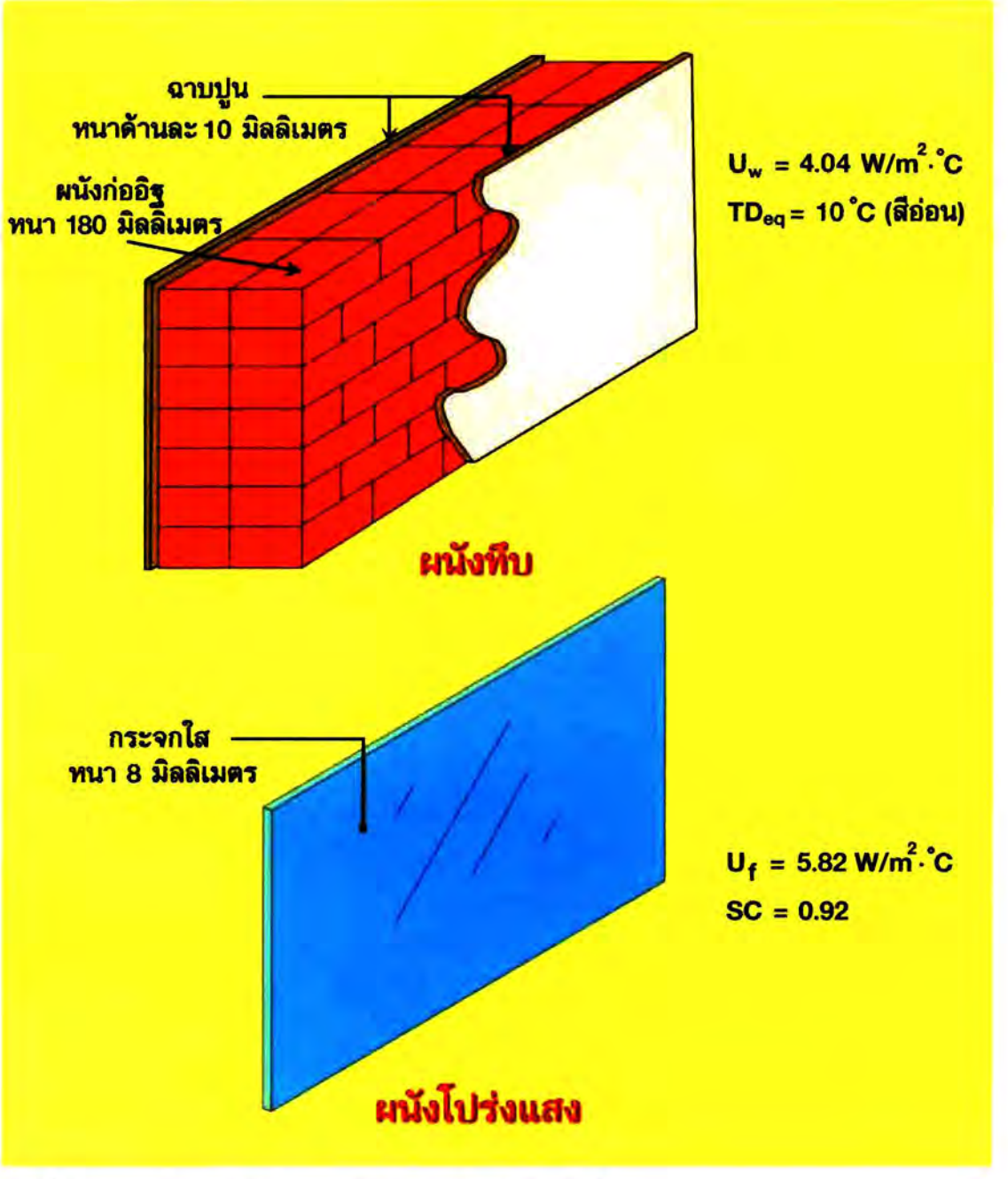
แผนภูมิที่ 11

แผนภูมิที่ 8-11 *แสดงอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (WWR) กับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) ในทิศต่าง ๆ สำหรับตัวอย่างที่ 1*

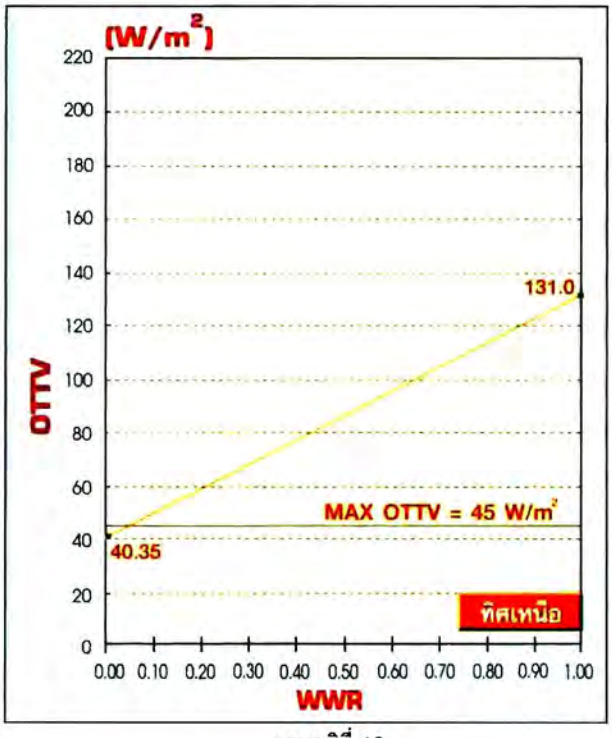
จากตัวอย่างที่ 1 พบว่าผนังมีค่า OTTV เกินค่าที่กฎหมายกำหนดในทุกๆ ทิศทาง แม้ว่าจะไม่มีส่วนที่เป็นผนังโปร่งแสงเลยก็ตาม และเมื่อเพิ่มพื้นที่ของผนังโปร่งแสง ค่า OTTV ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

ตัวอย่างที่ 2 กำหนดให้ผนังทึบเป็นผนังก่ออิฐ หนา 180 มิลลิเมตร ผิวฉาบปูนทั้งสองด้าน หนาด้านละ 10 มิลลิเมตร และผนังโปร่งแสงเป็นกระจกใส หนา 8 มิลลิเมตร (ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดด)

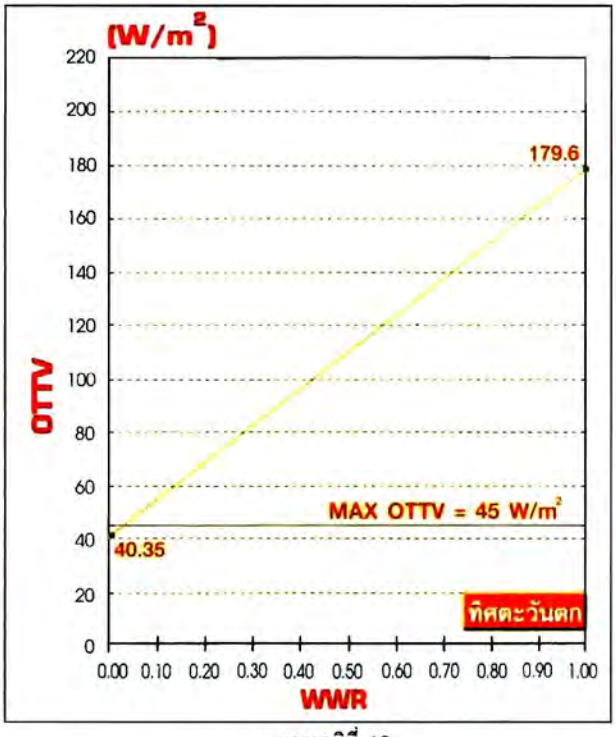
จากประกาศกระทรวงฯ กำหนดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ (TD_{eq}) มีค่าเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกใสเท่ากับ 0.92



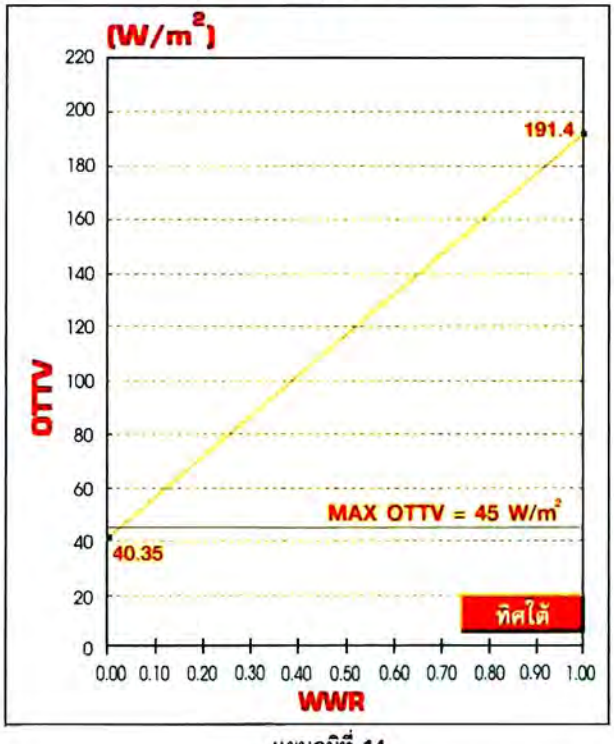
ภาพที่ 31 *แสดงลักษณะผนังทึบและผนังโปร่งแสง สำหรับตัวอย่างที่ 2*



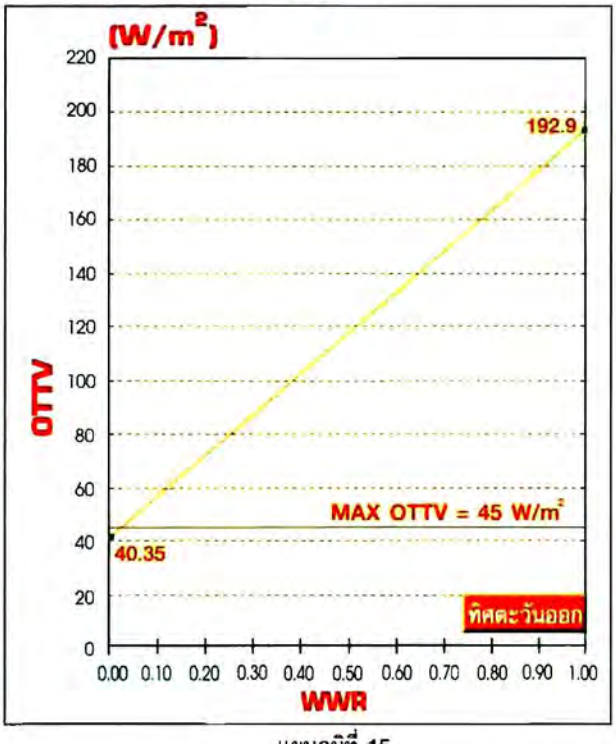
แผนภูมิที่ 12



แผนภูมิที่ 13



แผนภูมิที่ 14



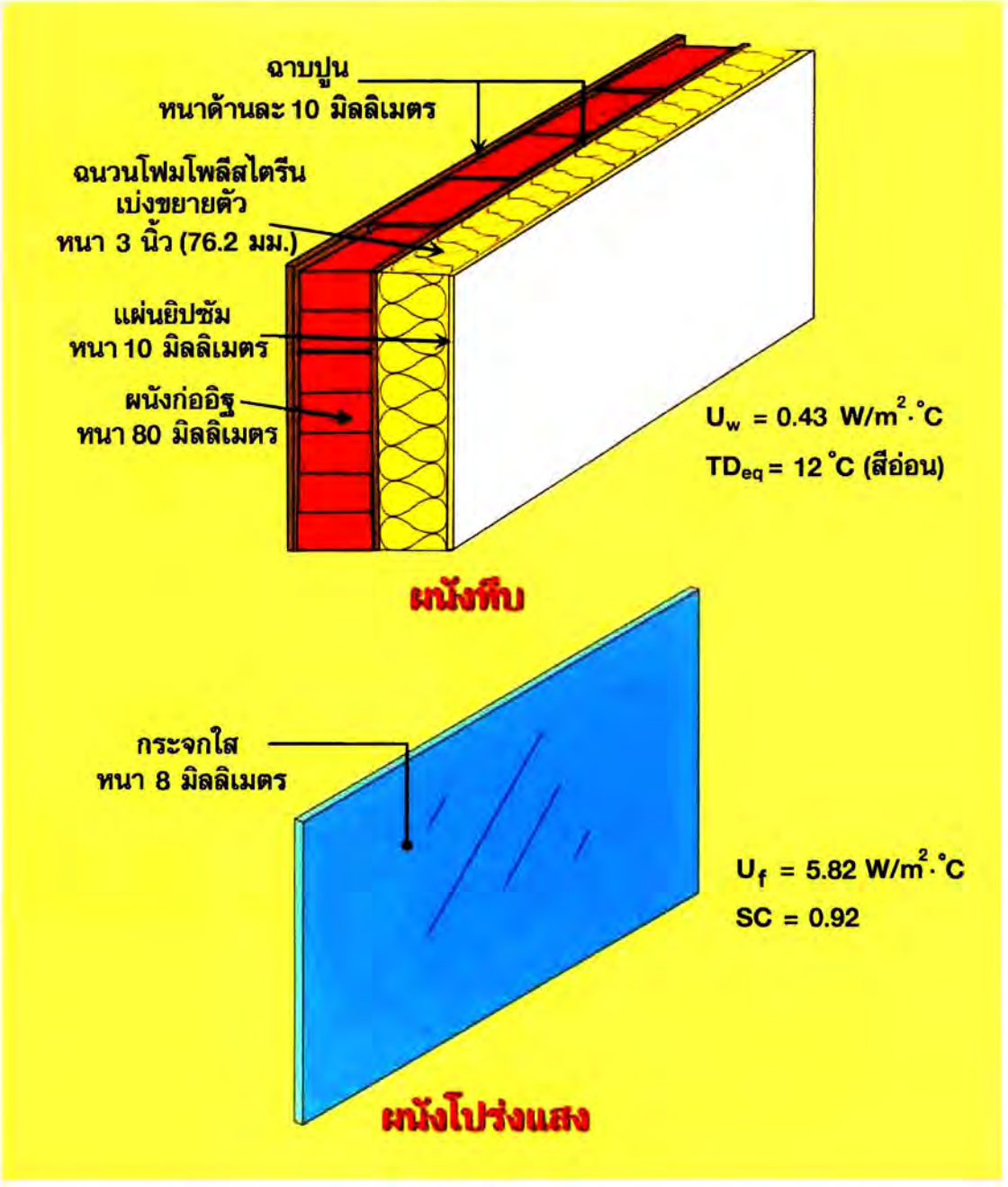
แผนภูมิที่ 15

แผนภูมิที่ 12-15 *แสดงอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (WWR) กับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) ในทิศต่าง ๆ สำหรับตัวอย่างที่ 2*

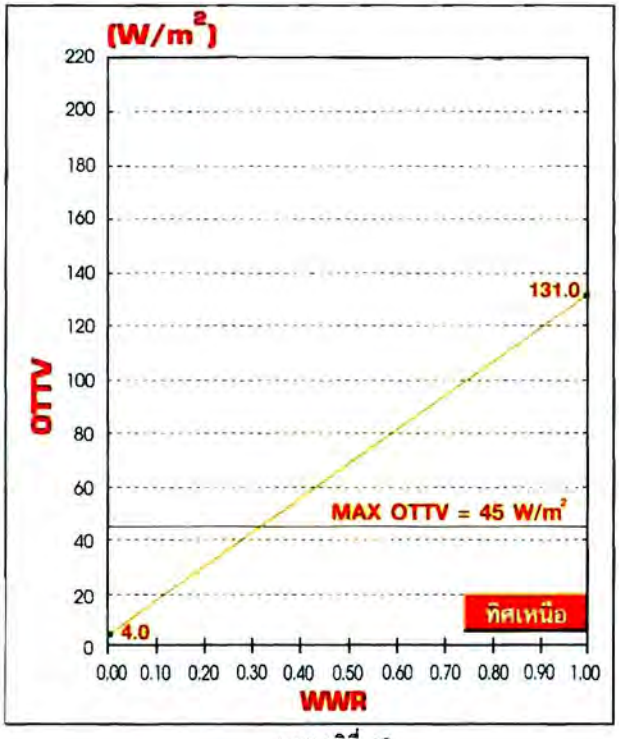
ตัวอย่างที่ 2 เป็นการปรับปรุงส่วนของผนังทึบในตัวอย่างที่ 1 โดยเพิ่มความหนาของผนังทึบเพื่อทำให้ค่า R ของผนังเพิ่มขึ้นและมีผลให้ค่า OTTV ของผนังลดลง จากแผนภูมิพบว่า เมื่อเป็นผนังทึบทั้งหมดหรือมีพื้นที่ของผนังโปร่งแสงประมาณ 3-5% ของพื้นที่ผนังทั้งหมด ค่า OTTV ของผนังจะไม่เกินค่าที่กฎหมายกำหนด

ตัวอย่างที่ 3 กำหนดให้ผนังทึบเป็นผนังก่ออิฐ หนา 80 มิลลิเมตร ผิวฉาบปูนทั้งสองด้านหนาด้านละ 10 มิลลิเมตร ติดตั้งฉนวนโฟมโพลีสไตรีนเบ่งขยายตัว หนา 76.2 มิลลิเมตร และปิดด้วยแผ่นยิปซัม หนา 10 มิลลิเมตรและผนังโปร่งแสงเป็นกระจกใส หนา 8 มิลลิเมตร (ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดด)

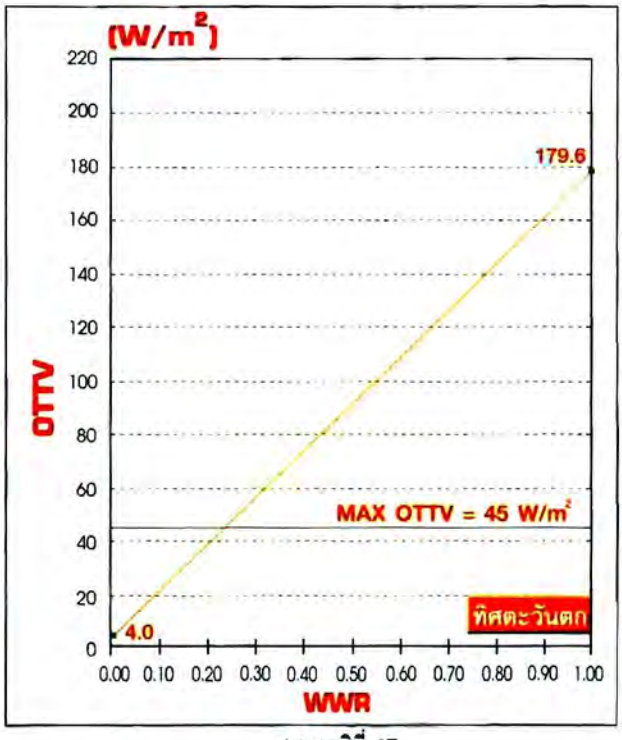
จากประกาศกระทรวงฯ กำหนดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ (TD_{eq}) มีค่าเท่ากับ 12 °C และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกใสเท่ากับ 0.92



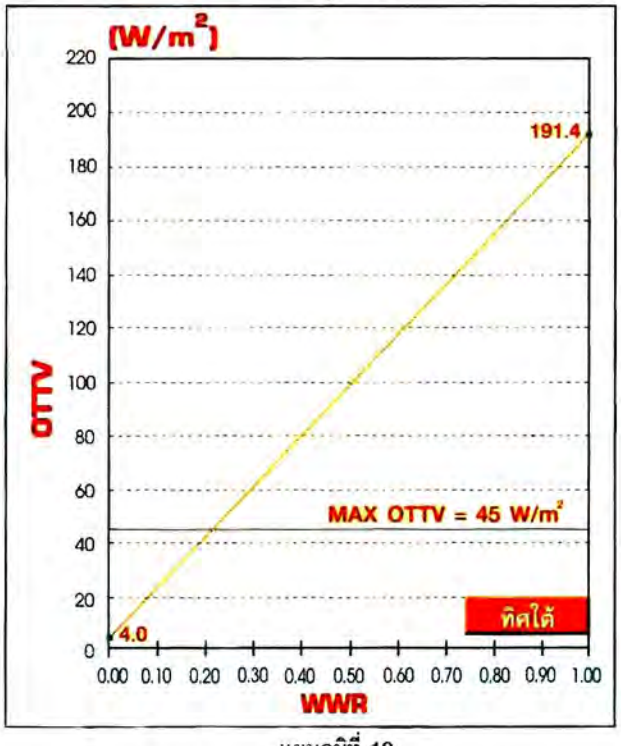
ภาพที่ 32 แสดงลักษณะผนังทึบและผนังโปร่งแสง สำหรับตัวอย่างที่ 3



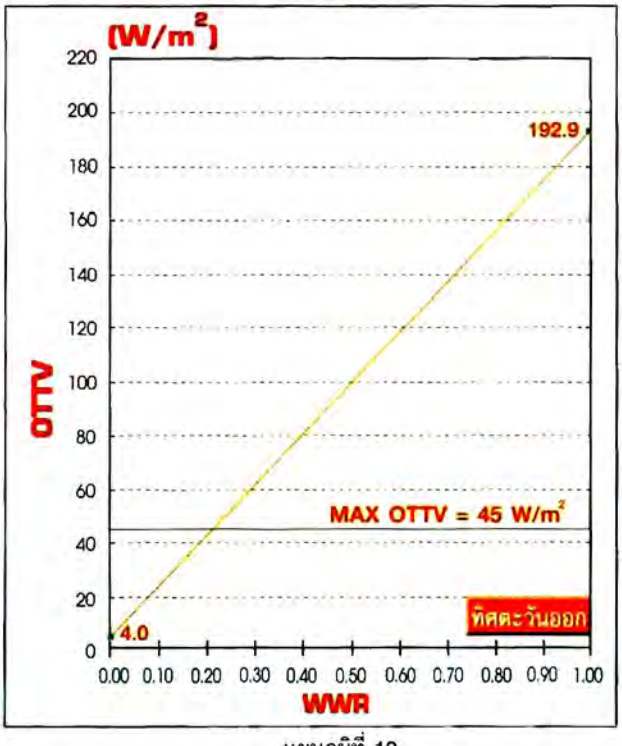
แผนภูมิที่ 16



แผนภูมิที่ 17



แผนภูมิที่ 18



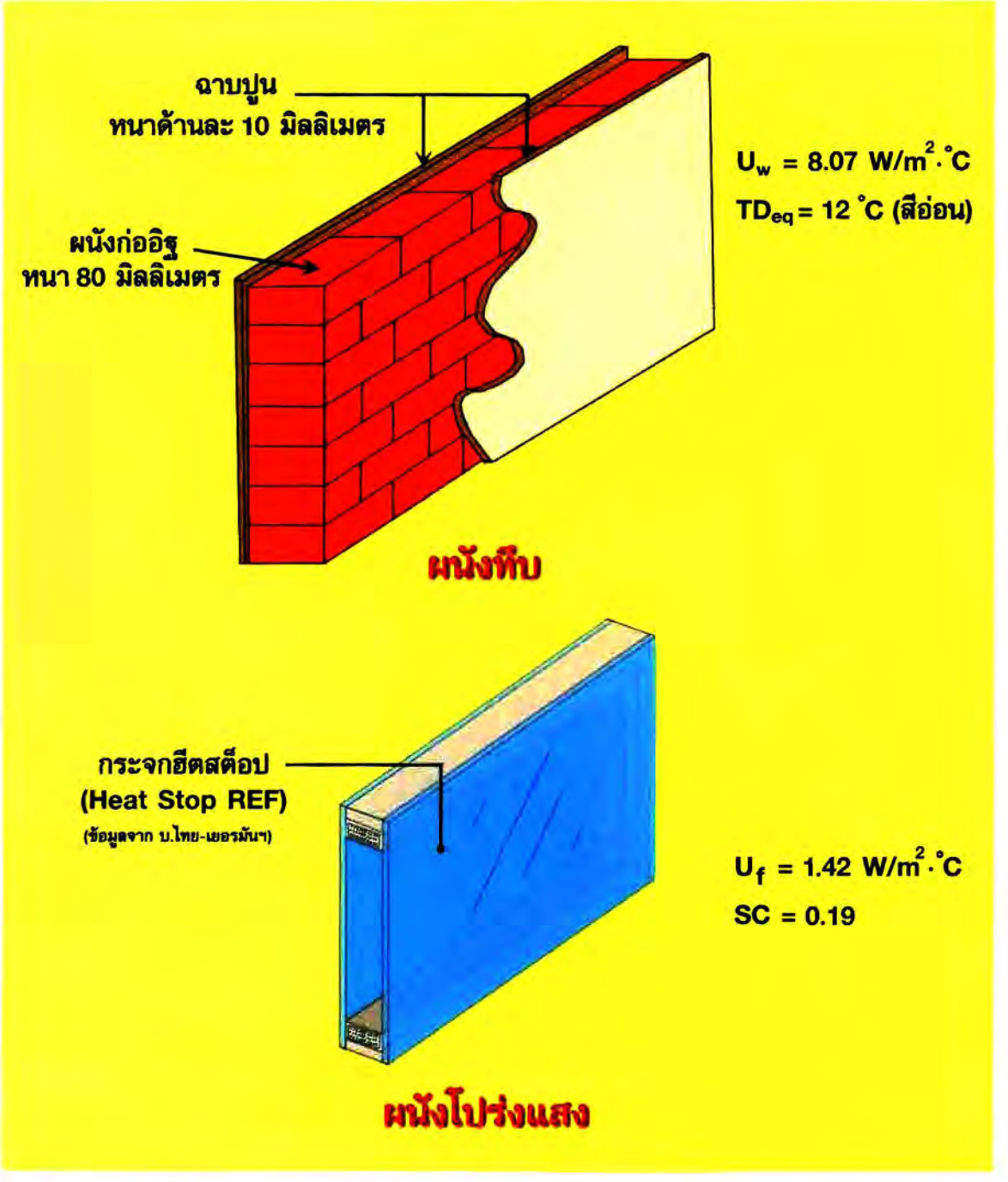
แผนภูมิที่ 19

แผนภูมิที่ 16-19 *แสดงอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (WWR) กับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) ในทิศต่าง ๆ สำหรับตัวอย่างที่ 3*

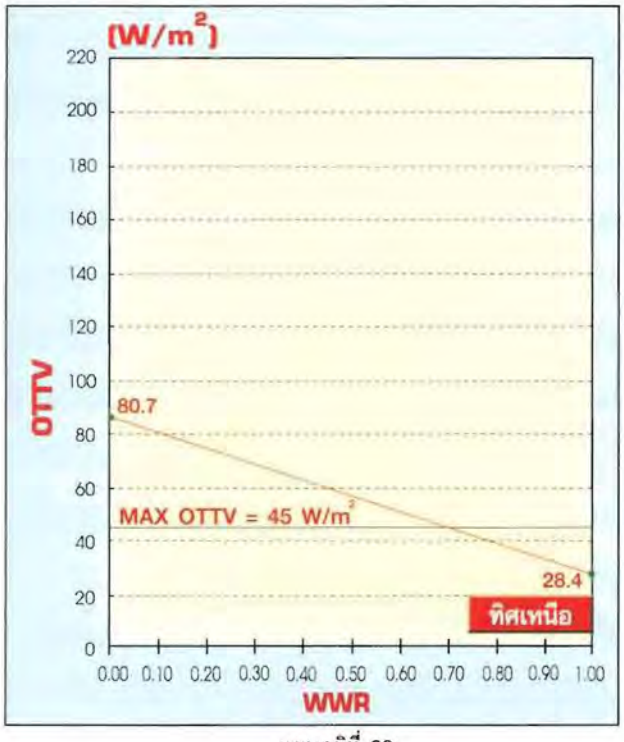
ตัวอย่างที่ 3 เป็นการปรับปรุงผนังทึบจากตัวอย่างที่ 1 โดยเพิ่มฉนวนให้กับผนัง เพื่อทำให้ค่า R ของผนังเพิ่มขึ้นและมีผลให้ค่า OTTV ของผนังลดลง จากแผนภูมิพบว่า เมื่อเป็นผนังทึบทั้งหมดหรือมีพื้นที่ของผนังโปร่งแสง ประมาณ 22-32% ของพื้นที่ผนังทั้งหมด ค่า OTTV ของผนังจะไม่เกินค่าที่กฎหมายกำหนด

ตัวอย่างที่ 4 กำหนดให้ผนังทึบเป็นผนังก่ออิฐ หนา 80 มิลลิเมตร ผิวฉาบปูนทั้งสองด้านหนาด้านละ 10 มิลลิเมตร และผนังโปร่งแสงเป็นกระจกฮีตสต็อป (ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดด)

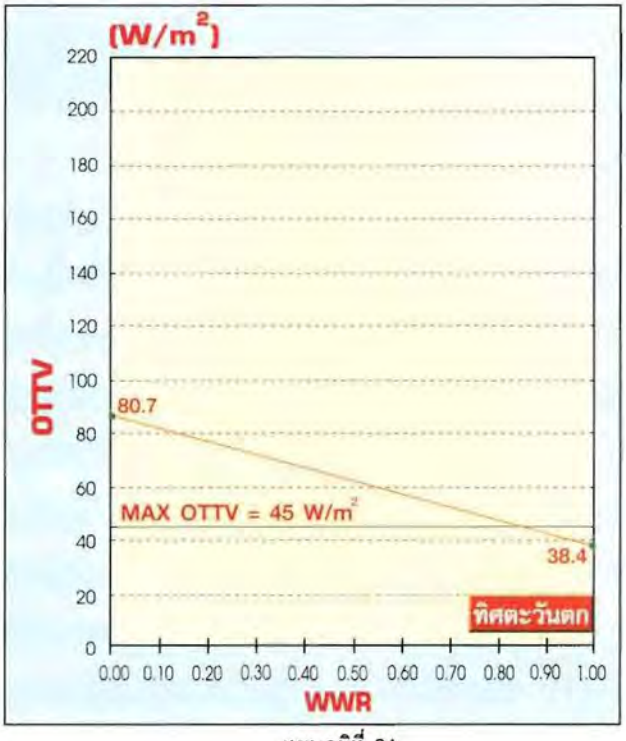
จากประกาศกระทรวงฯ กำหนดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ (TD_{eq}) มีค่าเท่ากับ 12 °C และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกฮีตสต็อป เท่ากับ 0.19



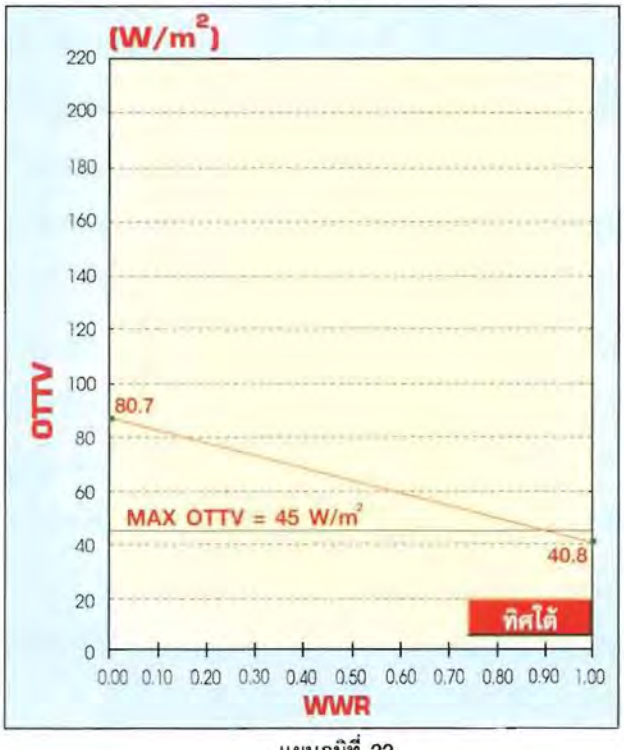
ภาพที่ 33 แสดงลักษณะผนังทึบและผนังโปร่งแสง สำหรับตัวอย่างที่ 4



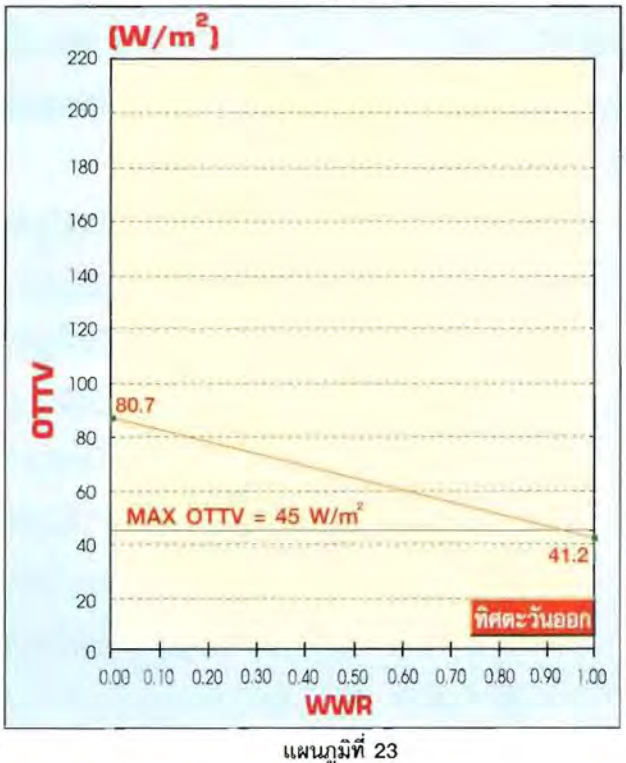
แผนภูมิที่ 20



แผนภูมิที่ 21



แผนภูมิที่ 22



แผนภูมิที่ 23

แผนภูมิที่ **20-23** *แสดงอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (WWR) กับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) ในทิศต่างๆ สำหรับตัวอย่างที่ 4*

ตัวอย่างที่ 4 เป็นการปรับปรุงผนังโปร่งแสงจากตัวอย่างที่ 1 โดยเปลี่ยนชนิดของกระจกจากกระจกใสเป็นกระจกฮีตสต็อป ทำให้ค่า OTTV ของผนังลดลง จากแผนภูมิพบว่า เมื่อเป็นผนังโปร่งแสงทั้งหมดหรือมีพื้นที่ของผนังโปร่งแสง ประมาณ 68-90% ของพื้นที่ผนังทั้งหมด ค่า OTTV ของผนังจะไม่เกินค่าที่กฎหมายกำหนด

จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนพื้นที่หน้าต่างโปร่งแสงและ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณากับการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารหรือค่า OTTV พบว่า ในตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) จะแปรผันตรงกับอัตราส่วนหรือพื้นที่ของหน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง (WWR) กล่าวคือ เมื่อค่า WWR เพิ่มขึ้น ค่า OTTV จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นค่า OTTV จะมีค่าต่ำสุดเมื่อค่า WWR ต่ำสุด หรือเมื่อผนังด้านที่พิจารณาเป็นผนังทึบทั้งหมด และค่า OTTV จะมีค่าสูงสุดเมื่อค่าWWR สูงสุด หรือเมื่อผนังด้านที่พิจารณาเป็นผนังโปร่งแสงทั้งหมด (ดูแผนภูมิที่ 8-19) ในตัวอย่างที่ 4 ค่า OTTV ของผนังจะแปรผกผันกับพื้นที่ของผนังโปร่งแสง กล่าวคือ พื้นที่ผนังโปร่งแสงมาก ค่า OTTV ของผนังจะน้อย เพราะผนังโปร่งแสงที่ปรับปรุงเป็นกระจกฮีตสต็อปมีศักยภาพในด้านการประหยัดพลังงานดีกว่าผนังทึบ (ดูแผนภูมิที่ 20-23)

เมื่อพิจารณาค่า OTTV ของผนังแบบเดียวกันในแต่ละทิศทางจะมีค่าแตกต่างกัน โดยค่า OTTV ของผนังที่มีค่าสูงสุดคือ ผนังในทิศตะวันออกและทิศใต้ (ดูแผนภูมิที่ 10, 11, 14, 15, 18, 19, 22 และ 23) ส่วนผนังที่มีค่า OTTV รองลงมาคือ ผนังในทิศตะวันตก (ดูแผนภูมิที่ 9, 13, 17 และ 21) และค่า OTTV จะต่ำสุด เมื่อเป็นผนังในทิศเหนือ ดังนั้นถ้าเปรียบเทียบผนังแบบเดียวกันจะพบว่า ผนังในทิศเหนือสามารถมีพื้นที่ของผนังโปร่งแสงได้มากที่สุด (ดูแผนภูมิที่ 8, 12, 16 และ 20)

จากตัวอย่างที่ 1-4 พบว่า การปรับปรุงผนังเพื่อให้มีค่า OTTV ลดลงสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

- ลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงให้เหลือน้อยที่สุด (ในตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3)
- ปรับปรุงผนังทึบให้มีค่า U ลดลง (มีค่า R เพิ่มขึ้น) โดยการเพิ่มความหนาของผนัง เพิ่มฉนวนให้กับผนัง หรือเปลี่ยนชนิดของผนังทึบ
- ปรับปรุงผนังโปร่งแสงให้มีค่า U ลดลง (มีค่า R เพิ่มขึ้น) หรือเปลี่ยนมาใช้กระจกที่มีค่า SC ต่ำลง

ดังนั้นจะพบว่า การปรับปรุงผนังสามารถเลือกทำวิธีการใดวิธีการหนึ่งก็ได้ แต่หากต้องการ ให้ค่า OTTV ลดต่ำลงมากๆ จะต้องปรับปรุงผนังโดยใช้หลายวิธีการร่วมกัน

คำศัพท์และคำนิยามที่ควรทราบ

เขตสบาย หรือ โซนสบาย (Comfort Zone)

เป็นขอบเขตของตัวแปรหรือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกร้อน-หนาวของมนุษย์โดยทั่วไป หมายถึง โซน (Zone) ที่มนุษย์ตัดสินไม่ได้ว่าร้อนหรือหนาว สภาวะดังกล่าวที่มนุษย์ไม่รู้สึกร้อนหรือหนาวนี้ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหรือตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์ 6 ตัวแปร ได้แก่

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

ความร้อนแฝง (Latent Heat)

หมายถึง ความร้อนที่ให้หรือดึงออกจากสสาร ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะ โดยที่อุณหภูมิยังคงที่อยู่

ความจุความร้อน (Heat Capacity)

หมายถึง ความสามารถในการกักเก็บความร้อนของสสาร ถ้าสสาร 2 ชนิดมีความจุความร้อนต่างกันแล้วจะพบว่า สสารที่มีความจุความร้อนมาก เมื่อได้รับความร้อนก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นช้ากว่าสสารที่มีความจุความร้อนน้อย ในอาคารมีสสารที่จัดว่ามีความจุความร้อนมากหลายชนิด เช่น คอนกรีต หิน อิฐ เป็นต้น

บีทียู (Btu)

คือ หน่วยที่ใช้วัดพลังงานความร้อน โดยกำหนดให้ปริมาณความร้อน 1 บีทียู หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์

ลูเมน (Lumen)

คือ หน่วยที่ใช้วัดฟลักซ์การส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสง คำจำกัดความของฟลักซ์การส่องสว่าง 1 ลูเมน หมายถึง พลังงานที่ได้จากเทียนมาตรฐานขนาด 1 กำลังเทียนที่ตกกระทบบนพื้นที่ 1 ตารางฟุต โดยมีระยะห่างจากเทียนมาตรฐาน 1 ฟุต จากคำจำกัดความนี้จะพบว่า เทียนมาตรฐานขนาด 1 กำลังเทียนจะมีฟลักซ์การส่องสว่างเท่ากับ 12.57 ลูเมน หน่วยนี้ใช้เป็นมาตรฐานในการวัดปริมาณแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงทั่วๆไป

สภาวะน่าสบาย

หมายถึง สภาวะที่ร่างกายไม่รู้สึกร้อนหรือหนาวจนเกินไป โดยมีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 6 ตัวแปร คือ (1) อุณหภูมิอากาศ (2) ความชื้นสัมพัทธ์ (3) อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (4) ความเร็วลม (5) อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย และ (6) เสื้อผ้าที่สวมใส่ สภาวะน่าสบายของมนุษย์ดังกล่าวนี้ อาจเกิดจากตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งหมดรวมกันก็ได้

อีออาร์ (EER)

เป็นคำจากภาษาอังกฤษย่อมาจากคำว่า Energy Efficiency Ratio ในด้านที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็น บีทียูต่อชั่วโมง (Btu/h) ต่อพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็น มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) ตัวอย่างเช่น ถ้าเครื่องปรับอากาศมีความสามารถในการทำความเย็นได้เท่ากับ 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นเท่ากับ 1,000 วัตต์ หมายความว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องนั้นมีค่า EER เท่ากับ 12,000 / 1,000 = 12 เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

สุนทร บุญญาธิการ และ บัณฑิต เอื้ออาภรณ์. ***การวิจัยประยุกต์ประกอบการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน.*** กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยพลังงาน, 2539.

สุนทร บุญญาธิการ, รศ. กรณีศึกษา อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติการวิจัยประยุกต์เพื่อการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน. ***วารสารอาษา*** (สิงหาคม 2539): 60-102.

สุนทร บุญญาธิการ, รศ. การใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ. ***วารสารอาษา*** (กรกฎาคม 2539): 102-103.

สุนทร บุญญาธิการ, รศ. ปรัชญาการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อประหยัดพลังงาน. *วารสารวิชาการ* ***คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*** ฉบับพิเศษครบรอบ 60 ปี (2536): 8-15.

สุนทร บุญญาธิการ, รศ. อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ: อาคารอนุรักษ์พลังงานตัวอย่างของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. ***วารสารอาษา*** (มิถุนายน 2539): 12-16.

สุนทร บุญญาธิการ. ***เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน.*** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. ***1997 ASHRAE Handbook Fundamentals.*** I-P Edition. Atlanta Geogia, 1997.

America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. ***ASHRAE Systems and Equipment Handbook.*** SI Edition. (n.p.), 1996.

John Hancock Callender. ***Time-Saver Standards for Architectural Design Data.*** New York: McGraw-Hill International Book Company,1983.

Moore, Fuller, ***Environmental Control Systems.*** New York: McGraw-Hill,1993.

Stein, B., and Reynolds, J. S. ***Mechanical and Electrical Equipment for Buildings.*** 8th Edition. New York: John Wiley & Sons, 1992.

คณะจัดทำหนังสือ

ที่ปรึกษา

ดร. อิทธิ พิชเยนทรโยธิน

นายปราโมทย์ เอี่ยมศิริ

คณะอำนวยการ

นางนพมาศ ไตรวชิรางกูร

นายธีระ มนัสธรรม

นายอารมณ์ ธรรมบรรยง

นายสมสิทธิ์ วิทยาภรณ์

นายอัมพร กุญชรรัตน์

ผู้เขียน

ศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ

นางสาวอุษณีย์ มิ่งวิมล

ผู้เรียบเรียง

นางสาวรังสิมา กาญจนสมบัติ

ประสานงาน

นายนภา วงษ์ประดิษฐ์

นายคมกริช อรุณนภา

จัดทำรูปเล่ม

นายมานพ แพศย์ตระกูล

นายปรีชา เทพธานี

ผู้อัดพิมพ์แผ่นเพรส

สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

108 อาคารบางกอกไทยทาวเวอร์ ถนนรางน้ำ เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

ผู้สนับสนุน

กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

ดำเนินการโดย

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน

188/138 ซ.ลาดพร้าว 84 ถ.ลาดพร้าว แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310

โทร. 933-6205 และ 933-6207

พิมพ์ครั้งแรก พ.ศ.2543 จำนวน 4,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

พิมพ์ที่ โรงพิมพ์ดอมฟอร์ม 212 หมู่ 13 ถ.กรุงเทพกรีฑา แขวงสะพานสูง เขตสะพานสูง
กรุงเทพฯ 10250 โทร. 368-2942-7
ISBN : 974-7578-73-5
สกอ/66/9-42/TT03

21830

วว กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี
09 และสิ่งแวดล้อม. กรมพัฒนาและ
3.5 ส่งเสริมพลังงาน
333.79 การใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการ
2543 อนุรักษ์พลังงาน

สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน
กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม