บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปรัชญาในการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อการประหยัดพลังงาน

สุนทร บุญญาธิการ (2536) กล่าวถึงปรัชญาในการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อการประหยัดพลังงาน ไว้ว่า ในการออกแบบอาคารควรคำนึงถึงวิธีการหรือกระบวนการที่สร้างสรรค์อาคาร ให้มีความสุขสบายที่เพียงพอแก่ความต้องการของผู้ใช้อาคาร โดยเน้นการใช้ระบบต่างๆ ทางธรรมชาติที่เหมาะสมหรือการนำเอาสิ่งเอื้ออำนวย (Asset) ที่หาได้อันได้แก่ การใช้ประโยชน์จากธรรมชาติโดยรอบมาประยุกต์ใช้ให้มากที่สุดก่อน แล้วจึงพิจารณานำเอาระบบ Mechanical system ที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับการใช้งานของอาคารมาใช้ ซึ่งการออกแบบเปลือกอาคาร เป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นแนวทางในการป้องกันผลกระทบจากภายนอก ลดการใช้พลังงาน และเอื้ออำนวยประโยชน์จากสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี

ปรัชญาในการออกแบบระบบเปลือกอาคาร ส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องของการหาทางลดการสูญเสียพลังงานอันเนื่องมาจากปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์และจากภายนอก เช่น ผนังและหลังคาที่ดีควรมีการป้องกันความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่สะสมความร้อน นอกจากนั้นเปลือกอาคารที่ดีต้องสามารถนำประโยชน์จากสภาพแวดล้อมโดยรอบมาใช้ได้อย่างเต็มที่และเหมาะสม ที่เห็นได้ชัดเจนคือ การเปิดช่องแสง (Fenestration) ซึ่งจะต้องทำการพิจารณาทั้งส่วนของการนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างพอเหมาะ ประกอบกับการป้องกันความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการระบายอากาศที่เพียงพอ และควรคำนึงถึงประโยชน์ทางด้านมุมมองด้วยเช่นกัน สิ่งที่ควรพิจารณาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบเปลือกอาคาร คือ ความเหมาะสมในด้านการใช้พลังงานและการลงทุน ซึ่งความเข้าใจทางด้านการประหยัดพลังงานนั้นจะส่งผลให้อาคารมีสภาพแวดล้อมภายในใกล้เคียงเขตสบายและช่วยลดภาระการทำความเย็นในส่วนปรับอากาศของอาคารส่งผลต่อการลดการใช้พลังงานในอาคารลง

2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร

ในการใช้พลังงานในอาคารเกิดจาก กลุ่มตัวแปรหลัก ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ (สุนทร บุญญาธิการ, 1982:22)

2.2.1 ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร

1) กลุ่มของตัวแปรด้านที่ตั้งอาคารและภูมิอากาศ (Site and Climate)

หมายถึง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ประกอบด้วยองค์ประกอบทางด้านดิน ฟ้า อากาศ หมายถึง อุณหภูมิอากาศ (Air temperature) ความเร็วลม (Wind speed) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Solar radiation) และสภาพท้องฟ้า (Cloud) ซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

โดยองค์ประกอบที่ตั้งจะพิจารณาถึง พืชพรรณ (Vegetation) น้ำ (Water bodies) เนินดิน (Land slope) ค่าความจุความร้อน (Thermal capacity) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สภาพแวดล้อมเฉพาะ (Micro-Climate) ซึ่งทำหน้าที่ปรับแต่งสภาพอากาศโดยรอบของอาคารให้อยู่ในสภาวะน่าสบายมากขึ้น

2) กลุ่มของตัวแปรด้านตัวอาคารและระบบอาคาร (Building and system)

หมายถึง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอาคาร ซึ่งผู้ออกแบบต้องแสวงหารูปแบบของอาคาร และงานระบบต่างๆ ที่สอดคล้องกันเพื่อให้ได้มาซึ่งอาคารที่ใช้พลังงานน้อยในทุก ๆ สถานการณ์ ประกอบด้วย

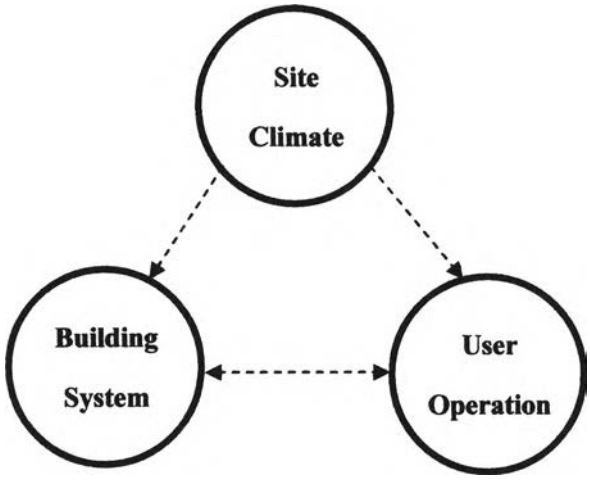
องค์ประกอบด้านอาคาร (Building) หมายถึง รูปร่างและรูปทรงอาคาร (Shape/form) ตำแหน่งที่ตั้ง (Building placement) ส่วนประกอบของเปลือกอาคาร (Envelope component) ซึ่งแบ่งย่อยเป็น มวลสาร (Mass) ค่าการส่งผ่านความร้อนเปลือกอาคาร (Envelope heat transfer coefficient; U value) ตำแหน่งที่ติดตั้งฉนวน (Placement of insulation) สีของผนัง (Wall color) คุณสมบัติผิววัสดุ หน้าต่าง (Window and fenestrations) และการควบคุมแสงอาทิตย์ (Solar control)

องค์ประกอบด้านระบบอาคาร (System) หมายถึงระบบหรือเครื่องกลที่ใช้ในอาคารเพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย

3) **กลุ่มของตัวแปรด้านผู้ใช้อาคารและการใช้งาน** (User and occupancy)

หมายถึง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้อาคาร และการควบคุมอาคาร ได้แก่ ประเภทของผู้ใช้อาคาร (Occupancy) รูปแบบการใช้งานหรือลักษณะของกิจกรรมต่าง ๆ (Activity) ความสบายที่ผู้ใช้อาคารต้องการ ทั้งทางความรู้สึกร้อนหนาวที่พอเหมาะแสงสว่างที่พอเหมาะ และคุณภาพเสียงที่พอเหมาะ ตลอดจนการใช้งานและการควบคุมระบบต่างๆ ในอาคาร

ตัวแปรทั้ง 3 กลุ่มนี้นอกจากจะมีผลต่อการใช้พลังงานแล้ว ยังมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ตัวแปรที่อยู่ในกลุ่มของตัวแปรด้านที่ตั้งอาคารและภูมิอากาศ จะเป็นตัวแปรหลักที่ส่งผลกระทบต่อกลุ่มตัวอาคารและระบบอาคาร กลุ่มผู้ใช้อาคารและการใช้งาน และทั้งหมดจะส่งผลถึงการใช้พลังงานในอาคาร



ภาพที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร (Energy Factor)
ที่มา: Boonyatikarn, Soontorn. 1982 :22

2.3 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

เปลือกอาคาร หมายถึง ส่วนของอาคารที่สัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารทั้งหมด โดยมีหน้าที่หลักเป็นส่วนกรองหรือป้องกันความรุนแรงของสภาพอากาศภายนอกเพื่อปรับสภาพอากาศภายในให้รู้สึกสบาย นอกจากนั้นยังเป็นส่วนที่สามารถเปิดเพื่อรับประโยชน์จากธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ เปลือกอาคารสามารถแบ่งได้ตามคุณลักษณะของวัสดุได้ 2 ประเภท คือ (1) ส่วนทึบแสง (Opaque) ได้แก่ ผนัง ,หลังคาและพื้น (2) ส่วนโปร่งแสง (Transparent) ได้แก่ ช่องแสง

2.3.1 **ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน**

ความร้อนจากแสงอาทิตย์และจากภายนอกสามารถถ่ายเทเข้าสู่อาคารโดยผ่านเปลือกอาคารได้ 3 วิธี คือ การนำความร้อน(Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) สุนทร บุญญาธิการ และ อุษณีย์ มิ่งวิมล (2542: 39-41) ได้ให้คำอธิบายไว้ดังนี้

1) **การนำความร้อน** (Conduction) คือ ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่งๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า การนำความร้อนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นบนชั้นอะตอมของอนุภาค ในโลหะการนำความร้อนเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ ในของเหลวและของแข็งที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำเป็นผลมาจากการสั่นของโมเลกุลข้างเคียง ในก๊าซการนำความร้อนเกิดขึ้นโดยการสั่นสะเทือนระหว่างโมเลกุล

2) **การพาความร้อน** (Convection) เป็นการถ่ายเทพลังงานความร้อนที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของมวลของของไหล เช่น อากาศ เมื่อของไหลสัมผัสกับพื้นผิวของวัตถุใดๆ ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนขึ้น ในสภาพธรรมชาติเมื่อของไหลถูกทำให้ร้อนจะสามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ ทำให้เกิดการไหลเวียนพาความร้อน เพราะโมเลกุลที่เย็นและหนักกว่าจะตกลงข้างล่าง ส่วนโมเลกุลที่ร้อนและเบากว่าจะลอยตัวขึ้นหรืออาจกล่าวได้ว่าการพาความร้อนเป็นลักษณะการถ่ายเทความร้อน โดยมีอากาศหรือลมเป็นสื่อกลาง

3) **การแผ่รังสีความร้อน** (Radiation) เป็นการถ่ายเทพลังงานทะลุผ่านช่องว่างใดๆ ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากพื้นผิวของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในทุกทิศทาง การเกิดการแผ่รังสีความร้อนจะไม่ทำให้อุณหภูมิของตัวกลางที่ความร้อนนั้นผ่านเพิ่มสูงขึ้น แต่จะมากหรือน้อยขึ้นกับอุณหภูมิของวัตถุและลักษณะของผิววัสดุ ข้อแตกต่างของการแผ่รังสีความร้อน คือ คุณสมบัติในการส่งผ่านสุญญากาศได้

2.3.2 **การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารส่วนทึบแสง**

การถ่ายเทความร้อนที่มีการผสมผสานระหว่าง การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผิวผนังภายนอกที่เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์และพื้นผิวโดยรอบ ประกอบกับการพาความร้อนของอากาศภายนอก จะถ่ายเทด้วยการนำความร้อนภายในเนื้อวัสดุเข้าไปยังผิวภายในอาคาร ทำให้อุณหภูมิผิวภายในสูงขึ้นส่งผลให้อากาศที่พัดผ่านผิวภายในสูงขึ้นและเกิดการพาความร้อนเข้าไปในอาคาร นอกจากนั้นยังเกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างพื้นผิวต่างๆในอาคารอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายใน

ส่วนหลังคาในช่วงเวลากลางวันจะมีการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านวัสดุหลังคา และเกิดการพาความร้อน และแผ่รังสีความร้อนเข้าไปภายในอาคารเหมือนกับผนัง เมื่อมีความร้อนสะสมใต้หลังคามากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่ใต้หลังคาสูงขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นของอากาศน้อยลงอากาศที่ร้อนจึงลอยตัวขึ้น ถ้าหากมีช่องระบายอากาศร้อนออกไปก็จะช่วยลดการสะสมความร้อนใต้หลังคาได้อย่างมาก ซึ่งปริมาณความร้อนจะมากหรือน้อยขึ้นกับ มวลสาร ความสามารถในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน การดูดซับรังสี สะท้อนรังสี และคายรังสีความร้อน ของวัสดุต่างกัน ในช่วงกลางคืนจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างหลังคากับท้องฟ้าขึ้น (Night Sky Radiation) ทำให้อุณหภูมิผิวหลังคาภายนอกเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากอิทธิพลของ Sol-air Temperature ดังนั้นช่องว่างอากาศใต้หลังคาที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะสูญเสียความร้อนให้กับผิววัสดุมุงหลังคาภายนอก ส่งผลให้อุณหภูมิภายในหลังคาลดลง

2.3.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารส่วนโปร่งแสง

เมื่อพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดความร้อนผ่านทางกระจก จะพบว่า โดยทั่วไปเกิดขึ้นจาก 2 แหล่ง คือ ความร้อนจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งค่าตัวเลขที่เป็นคุณสมบัติของวัสดุที่บ่งบอกถึงปริมาณพลังงานความร้อนที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมินี้ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) มีค่าแตกต่างกันไปตามชนิดของวัสดุ และอีกแหล่งคือ ความร้อนจากการแผ่รังสีอาทิตย์โดยตรง ซึ่งสามารถบ่งบอกปริมาณความร้อนได้โดย ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient; SC)

สำหรับกรณีของกระจก ซึ่งทำหน้าที่เป็นเปลือกอาคาร มีการถ่ายเทความร้อนโดย การแผ่รังสีอาทิตย์ตกกระทบที่ผิวกระจกด้านนอก ความร้อนบางส่วนจะสะท้อนกลับออกไปยังภายนอก โดยการพาและการแผ่รังสี ความร้อนบางส่วนจะถูกดูดกลืนเอาไว้ภายในโมเลกุลของผิวด้านนอกกระจกแล้วถ่ายเทไปยังโมเลกุลที่อยู่ถัดไปโดยการนำความร้อน จนกระทั่งถึงผิวด้านใน จากนั้นความร้อนจะถูกส่งผ่านไปยังภายในอาคาร โดยการนำความร้อนระหว่างโมเลกุลของอากาศ การพาความร้อนผ่านอากาศ และการแผ่รังสีความร้อน (สุนทร บุญญาธิการ และ อุษณีย์ มิ่งวิมล, 2542: 42)

2.3.4 **เกณฑ์การพิจารณาคุณสมบัติทางด้านพลังงานของวัสดุ**

ในการออกแบบระบบเปลือกอาคารสิ่งที่ควรจะต้องพิจารณาเป็นระดับแรก คือ คุณสมบัติของวัสดุที่เลือกใช้ โดยเฉพาะคุณสมบัติทางด้านพลังงาน เพื่อที่จะได้มีความเข้าใจและนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมในการนำคุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1) **ค่าการนำความร้อน** (Thermal Conductivity - K) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ผ่านเนื้อวัสดุต่อหน่วยความหนา ต่อหนึ่งหน่วยเวลา ต่อหนึ่งหน่วยอุณหภูมิ (Delta T) และต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็น Btu/h. ft. ^{O}F หรือ W/m. ^{O}C

2) **อัตราการถ่ายเทความร้อนรวม** (Thermal Conductance - C) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างค่าการนำความร้อนต่อความหนาของวัสดุ หน่วยเป็น Btu/h.ft^2. ^{O}F หรือ W/ m^2. ^{O}C สามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$C = K/dX$$

เมื่อ X คือ ความหนาของวัสดุ (ft หรือ m.)

C คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนรวม (Btu/h. ft^2. ^{O}F หรือ W/m^2. ^{O}C)

K คือ ค่าการนำความร้อน (Btu/h.ft. ^{O}F หรือ W/m. ^{O}C) ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรอง โดยผู้ผลิตหรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้ในกรณีที่ไม่มีผลการทดสอบให้ใช้ค่าที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

3) **ค่าการต้านทานความร้อน** (Thermal Resistance - R) หมายถึง ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุซึ่งแสดงประสิทธิภาพความเป็นฉนวนของวัสดุนั้นๆ หรือ เป็นส่วนกลับของอัตราการถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น h.ft^2. ^{O}F / Btu หรือ m^2. ^{O}C/ W ซึ่งวัสดุที่มีค่า R สูง จะมีค่าการต้านทานความร้อนได้ดี สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$R = 1/C = dX/ K$$

เมื่อ R คือ ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ (h.ft^2. ^{O}F / Btu หรือ m^2. ^{O}C/ W)

4) **ค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อน** (Heat Transfer Coefficient หรือ U-Value) หมายถึง ปริมาณการถ่ายเทความร้อนโดยการนำหรือการพา ต่อหนึ่งองศาความแตกต่างระหว่างด้านที่ร้อนกว่าไปยังพื้นผิวด้านที่เย็นกว่า (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 222) มีหน่วยเป็น (Btu / h.ft^2.^{O}F หรือ m^2.^{O}C/ W) มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$U = 1/\Sigma R$$

เมื่อ ΣR คือ ผลรวมของค่าการต้านทานความร้อนของเปลือกอาคารทั้งหมดกับค่าความต้านทานฟิล์มอากาศด้านนอก

5) **ค่าความจุความร้อนจำเพาะ** (Specific Heat) คือ ค่าความสามารถในการในการกักเก็บความร้อนของมวลสาร หรือค่าพลังงานของวัสดุ 1 ปอนด์ (lb) ที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิทุกๆ 1 ^{O}F มีหน่วยเป็น Btu/lb.^{O}F (สุนทร บุญญาธิการ, 2545: 128)

6) **ค่าความจุความร้อน** (Heat Capacity) หมายถึง ความสามารถในการกักเก็บความร้อนของวัดสุ ซึ่งได้จากผลคูณระหว่างคุณสมบัติความจุความร้อนจำเพาะกับมวลของวัสดุ ดังนั้นในกรณีที่วัดสดุมีค่าความจุความร้อนจำเพาะเท่ากัน วัสดุที่มีมวลสารมากจะมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนได้สูงกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อย ส่วนใหญ่มักจะใช้คำว่า มวลสาร แทนความหมาย ของคำว่า ความจุความร้อน

7) **การหน่วงเหนี่ยวความร้อน** (Time Lag) หมายถึง ระยะเวลาที่ความร้อนถ่ายเทจากด้านหนึ่งไปยังด้านที่เย็นกว่าของผนังหรือหลังคา ระยะเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับมวลสารและความจุความร้อนของวัสดุ โดยทั่วไปผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว มีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนนานถึง 4 ชั่วโมง หมายความว่า ความร้อนที่เกิดจากด้านหนึ่งของผนังต้องใช้เวลานานถึง 4 ชั่วโมงเพื่อการถ่ายเทไปสู่อีกด้านหนึ่ง

8) **ค่าการดูดซับความร้อนและการคายความร้อนของวัสดุ** (Surface Absorption and Surface Emission) เมื่อพลังงานการแผ่รังสีความร้อนกระทบพื้นผิว พื้นผิวนั้นจะสามารถดูดซับความร้อน(absorption:α) และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนซึ่งจะทำให้ผิววัสดุร้อนขึ้น และสามารถสะท้อนความร้อน(reflection :ε) นั้นกลับไปได้บางส่วน ส่วนความร้อนที่สามารถผ่านไปได้ จะทะลุผ่าน(transmission :T) ชั้นวัสดุเข้าไป ค่าการดูดซับความร้อน การสะท้อนความร้อน และการทะลุผ่านของความร้อนนั้นไม่มีหน่วยและมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0–1.0 ค่าของคุณสมบัติทั้ง 3 ส่วนรวมกันจะเท่ากับ 1

$$\alpha + \varepsilon + T = 1$$

เมื่อ α คือ ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ(Absorption)

ε คือ ค่าการคายความร้อนของวัสดุ(Emission)

T คือ ค่าการทะลุผ่านของความร้อนของวัสดุ(Reflection)

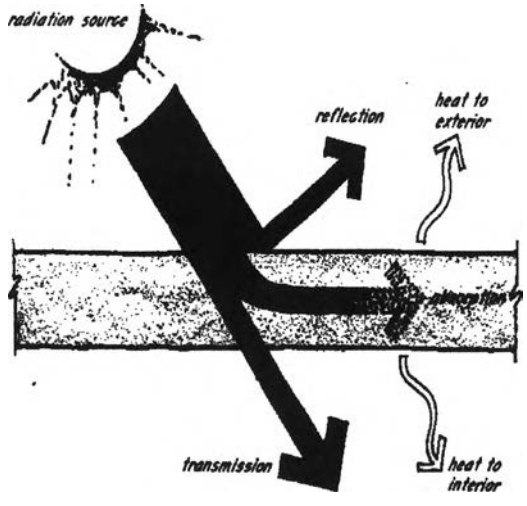
การคายความร้อน (emissivity :) เป็นหน่วยการวัดความสามารถของผิววัสดุที่จะคายรังสีความร้อนออกมาในอุณหภูมิที่กำหนด ค่าการคายความร้อนสามารถวัดได้เป็น 0.0 ในกรณีที่วัสดุไม่มีการคายความร้อน ไปจนถึง 1.0 ซึ่งเป็นการคายความร้อนที่สูงที่สุดเทียบได้กับวัสดุจำลอง Black body ในอุณหภูมิต่าง ๆ กันจะพบว่าค่าการคายความร้อนจะเท่ากับค่าการดูดซับความร้อน

$$\varepsilon = \alpha \text{ (black body)}$$

เมื่อ α คือ ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ

ε คือ ค่าการคายความร้อนของวัสดุ

วัสดุที่ผิวมันหรือเป็นโลหะ จะมีความสามารถสะท้อนรังสีความร้อนได้มากกว่า ส่วนวัสดุสีเข้มจะสามารถดูดซับความร้อนได้ดีทำให้อุณหภูมิสูงได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่วัสดุสีอ่อนจะสะท้อนความร้อนได้ดี ทำให้มีอุณหภูมิผิวลดต่ำลง



ภาพที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของวัสดุ (Absorption, reflection, and transmission or radiation striking a semitransparent material)

ที่มา: Fuller Moor,1993: 15

2.4 แนวทางการออกแบบระบบเปลือกอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

โดยทั่วไปความร้อนภายในอาคารเกิดขึ้นจาก 2 ปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยที่หนึ่งความร้อนจากภายในอาคาร ได้แก่ ความร้อนจากผู้อาศัยภายในอาคาร จากไฟฟ้าแสงสว่าง และจากเครื่องไฟฟ้า ปัจจัยที่สองคือ ความร้อนจากภายนอกอาคาร ได้แก่ ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคารผ่านทางหน้าต่างและช่องเปิดต่างๆ ความร้อนจากอุณหภูมิอากาศภายนอกซึ่งถ่ายเทผ่านเปลือกอาคารโดยการนำความร้อน

หากพิจารณาความร้อนที่เกิดขึ้นจะพบว่า แหล่งที่มาส่วนใหญ่จะมาจากความร้อนภายนอกอาคารในรูปแบบต่างๆ ดังนั้นหากสามารถลดความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารได้ ก็จะสามารถลดความร้อนที่จะเข้ามาในอาคารได้ ซึ่งคุณสมบัติที่แสดงถึงความสามารถในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคารได้แก่ ค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคาร ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพื้นที่กรอบอาคารและวัสดุกรอบอาคาร

2.4.1 แนวทางการลดการสูญเสียพลังงานที่เกิดจากเปลือกอาคาร

2.4.1.1 การออกแบบรูปทรงเพื่อการประหยัดพลังงาน

การออกแบบรูปทรงของอาคารเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการป้องกันความรุนแรงจากสภาพแวดล้อมภายนอก รูปทรงที่มีความเหมาะสมต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน จะต้องเป็นรูปทรงที่มีพื้นที่ผิวน้อยที่สุดและมีพื้นที่ใช้สอยมากที่สุด หรือ อาจกล่าวได้ว่า ต้องมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารน้อยที่สุด (Minimize Surface Area) เนื่องจากปริมาณความร้อนที่เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารจะแปรผันตามกับพื้นที่เปลือกอาคาร เมื่ออาคารมีพื้นที่ผิวน้อยก็จะส่งผลให้ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคารน้อยด้วย นอกจากนั้นในการออกแบบรูปทรงอาคารควรจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์จากปัจจัยธรรมชาติภายนอก เช่น การใช้แสงธรรมชาติ ด้วยเช่นกัน

2.4.1.2 การเลือกใช้ระบบเปลือกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

การเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคาร มีความสำคัญและเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร ซึ่งการเลือกวัสดุทำเปลือกอาคารควรจะต้องระมัดระวังอย่างมากเพราะหากเลือกใช้ไม่ถูกต้องแล้วจะทำให้ปริมาณความร้อนที่ผ่านเปลือกอาคารเข้ามามีค่าสูง ภายในอาคารจึงร้อน เกิดความไม่สบายแก่ผู้ใช้อาคาร และยังเป็นการเพิ่มภาระในการทำงานของเครื่องปรับอากาศส่งผลให้เกิดความสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์

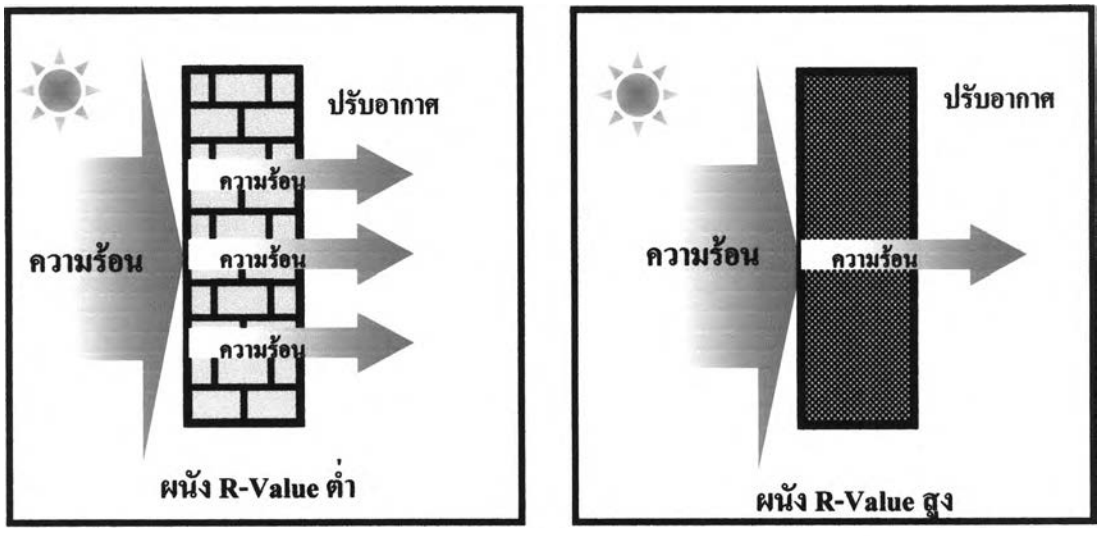
หลักในการใช้วัดสุก่อสร้างเพื่อการอนุรักษ์พลังงานสามารถอธิบายตามประเภทการใช้งานของวัสดุได้ดังนี้

1) แนวทางการออกแบบระบบผนังอาคารปรับอากาศ

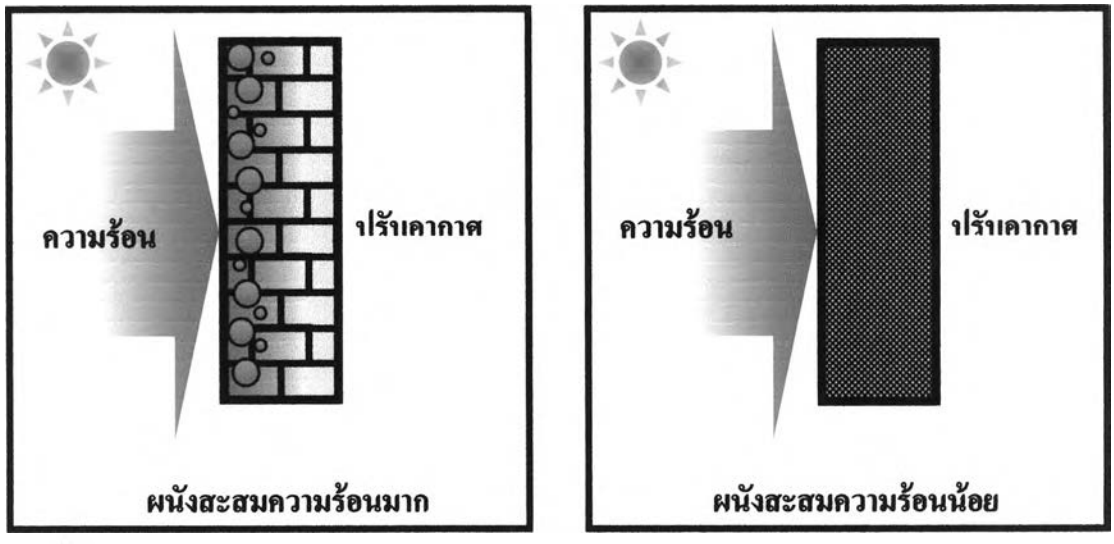
เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น และมีฝนตกชุก โดยมีอุณหภูมิที่สูงตลอดทั้งปี ปัญหาใหญ่อย่างหนึ่งของการออกแบบอาคารคือ การลดปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ, 2537) จากการศึกษาพบว่าการที่จะนำความเย็นในช่วงเวลากลางคืนมาใช้ในตอนกลางวันนั้นทำได้ยากเนื่องจากมีความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนไม่มากพอ ดังนั้นการควบคุมความร้อนให้เข้ามาในอาคารให้น้อยที่สุดจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น และถ้าต้องการลักษณะของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำผนังภายนอกของอาคารที่มีการปรับอากาศ ควรพิจารณาคุณสมบัติดังนี้

1.1) **คุณสมบัติในการป้องกันความร้อนของวัสดุ** (R-value) ผนังที่มีค่าการต้านความร้อนที่สูง ทำให้ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในผนังโดยการนำความร้อน (Conduction) จะมีปริมาณที่ต่ำส่งผลให้ค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่กระทำต่อความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางผนังต่ำไปด้วย และในทางตรงกันข้ามวัสดุที่มีค่าการต้านทานความร้อนต่ำ ปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังจะมีปริมาณมากเป็นผลต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ทำให้ใช้พลังงานมากขึ้นจึงเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน

1.2) **คุณสมบัติการสะสมความร้อนหรือความจุความร้อนของวัสดุ** ผนังที่มีค่าการสะสมความร้อนสูงทำให้ความร้อนที่สะสมในตัววัสดุแผ่รังสีความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร การทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจะทำการลดความร้อนที่สะสมในผนังพร้อม ๆ กับการลดความร้อนภายในห้อง ดังนั้นวัสดุผนังที่มีค่าการสะสมความร้อนสูงจึงส่งผลให้ภาระการทำความเย็นสูงขึ้น เครื่องปรับอากาศจึงทำงานมากขึ้น ในทางกลับกันผนังที่มีค่าการสะสมความร้อนต่ำจะมีปริมาณรังสีความร้อนที่แผ่เข้ามาในอาคารต่ำจึงส่งผลให้ลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลง



ภาพที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของผนัง (ค่า R-Valueต่ำ และ สูง)



ภาพที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติการสะสมความร้อนของผนัง

1.3) **คุณสมบัติการขยายตัวและหดตัวของวัสดุ** ผนังที่มีคุณสมบัติการขยายและหดตัวได้ง่ายเมื่อสภาพอากาศภายนอกมีการเปลี่ยนแปลง ปัญหาที่พบคือมีการแตกร้าวของผนังทำให้ความร้อนและความชื้นเข้ามาในอาคาร รวมทั้งฝุ่นละอองต่างๆ ซึ่งเป็นปัจจัยของการเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

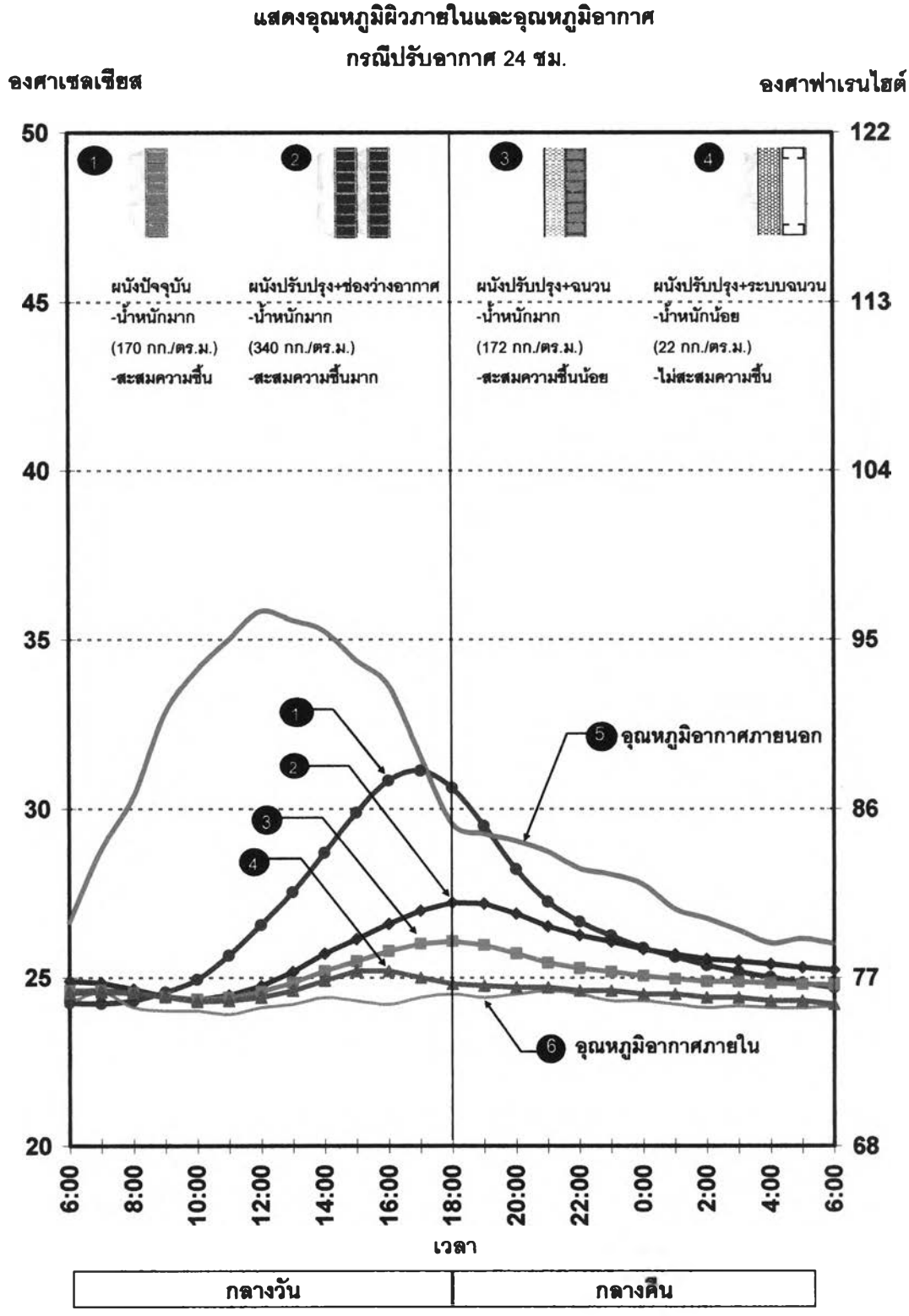
1.4) **คุณสมบัติการสะสมความชื้น** ผนังที่มีการสะสมความชื้นเป็นสาเหตุของการเพิ่มภาระการทำความเย็นแก่เครื่องปรับอากาศ ทำให้ต้องใช้พลังงานที่สูงขึ้นเพื่อการลดความชื้นที่สะสมในผนัง และก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพของวัสดุผนัง เช่น การผุกร่อน การโก่งตัว การเกิดสนิม เป็นต้น รวมทั้งทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อรา ไรฝุ่น และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ทำให้เกิดกลิ่นอับชื้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพอากาศภายในห้อง

1.5) **คุณสมบัติการกันน้ำ/กันความชื้น** ผนังที่ไม่มีมีคุณสมบัติการกันน้ำมีโอกาสที่เกิดการสะสมของความชื้นภายใน ก่อความเสียหายแก่วัสดุผิวผนังด้านในอาจเกิดการหลุดร่อนของผิวผนังภายใน รวมทั้งเป็นแหล่งสะสมเชื้อราซึ่งก่อให้เกิดโรคทางเดินหายใจได้ และถ้าเป็นผนังที่ใช้ในห้องปรับอากาศยิ่งเป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศอีกด้วย

1.6) **คุณสมบัติการรั่วซึมของอากาศ** การรั่วซึมของอากาศที่ผ่านผนัง เป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศเช่นเดียวกันแต่ปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณอากาศที่รั่วซึมผ่านผนังมาได้นั้นก็คือกระแสลมที่กระทำต่อผนังอาคาร ความเร็วลมยิ่งแรงการรั่วซึมของอากาศมากขึ้นไปด้วย ดังนั้นวัสดุที่ใช้ทำผนังควรมีลักษณะเป็นเซลล์ปิดเพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศ

การออกแบบระบบผนังอาคารนอกจากจะคำนึงถึงความเหมาะสมทางด้านพลังงานที่กล่าวข้างต้นแล้วยังต้องพิจารณาความเหมาะสมทางด้านระบบเศรษฐกิจและการก่อสร้างควบคู่กันไปด้วย ได้แก่ ควรมีน้ำหนักเบา มีความสะดวกและยืดหยุ่นในการทำงานสูง แข็งแรงทนทาน และมีราคาถูกสามารถจัดซื้อได้ง่าย

ในปัจจุบันการปรับปรุงผนังเพื่อให้ภาระการทำความเย็นลดลงทำได้โดยการเพิ่มค่าความเป็นฉนวนให้กับผนัง โดยการเพิ่มขนาดมวลสาร การเพิ่มช่องว่างอากาศ การเพิ่มวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูงหรือฉนวน และการผสมผสานกันระหว่างฉนวนและมวลสารของวัสดุ เป็นต้น ซึ่งการติดตั้งฉนวนเป็นวิธีที่ง่ายและให้ผลที่ดีที่สุด โดยตำแหน่งการติดตั้งฉนวนที่ดีที่สุดคือ ภายนอกอาคาร เพราะช่วยป้องกันความร้อนและความชื้นก่อนเข้าสู่ระบบผนังอาคารจึงไม่เกิดการสะสมในเนื้อวัสดุสามารถลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศได้มากขึ้น



แผนภูมิที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังปัจจุบัน ผนังปรับปรุงโดยเพิ่มช่องว่างอากาศ ผนังปรับปรุงโดยเพิ่มฉนวน และผนังระบบฉนวน

ที่มา รายงานการวิจัยการทำฐานข้อมูลผนังในประเทศไทย, 2548

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) **แนวทางการออกแบบระบบหลังคาอาคารปรับอากาศ**

การเลือกวัสดุหลังคาในเบื้องต้นจำเป็นต้องพิจารณาความต้องการและหน้าที่หลักของวัสดุทำหลังคา ซึ่งมีดังนี้

2.1) **การกันรั่ว** หน้าที่หลักของหลังคาที่สำคัญ คือ การกันรั่วได้ 100% เนื่องจากเป็นส่วนที่ต้องทำหน้าที่ในการป้องกันน้ำฝน น้ำค้าง และความชื้นจากอากาศไม่ให้ผ่านเข้ามาภายในอาคาร

2.2) **ความแข็งแรงทนทาน** สามารถกันลมได้ดี และมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม เนื่องจากต้องสัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอกตลอดเวลา การเลือกวัสดุที่มีความเหมาะสมสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมได้ จะทำให้วัสดุมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงและมีอายุการใช้งานยาวนาน

2.3) **การกันความร้อน** เนื่องจากหลังคาเป็นส่วนที่ต้องรับความร้อนจากรังสีอาทิตย์โดยตรงในเวลากลางวัน คุณสมบัติการกันความร้อนจึงเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณา โดยเฉพาะการใช้งานในเขตร้อน ซึ่งมีอุณหภูมิสูงมากในช่วงกลางวัน สิ่งสำคัญที่ควรจะต้องพิจารณา คือมวลสารของวัสดุมุงหลังคา ควรมีมวลสารน้อย เพื่อให้มีการดูดกลืนและสะสมความร้อนต่ำ ทำให้การถ่ายเทความร้อนจากวัสดุมุงหลังคาเข้ามายังภายในอาคารลดลง และควรเป็นวัสดุที่มีค่าการต้านทานความร้อนสูง เพื่อให้สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคารได้ดี

เมื่อความร้อนผ่านเข้ามาภายในอาคารได้น้อย ภายในอาคารก็จะเย็นสบายโดยไม่ต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศ หากต้องการปรับอากาศเพื่อเพิ่มความสบายให้มากขึ้น พลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศก็จะน้อย เนื่องจากมีความร้อนซึ่งเป็นภาระในการทำความเย็นไม่มากนัก

3) **แนวทางการออกแบบระบบช่องแสงอาคารปรับอากาศ**

การออกแบบระบบช่องแสงให้มีความเหมาะสมทางด้านพลังงานนั้น ควรจะต้องมีความเข้าใจทฤษฎีและองค์ประกอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีผลกระทบต่อปริมาณแสงโดยตรงก่อน ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นโลกประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่างๆกัน ดังนี้

ก. **รังสีอัลตราไวโอเลต** เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.29-0.4 ไมโครเมตรหรือไมครอน สามารถสร้างความเสียหายต่อผิวหนังและทำให้สีของเครื่องใช้และเฟอร์นิเจอร์เปลี่ยนแปลงไป มีสัดส่วนเป็น 9% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด

ข. **แสงที่มองเห็นได้** เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.4-0.7 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นที่สายตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ เป็นพลังงานที่อยู่ใน

รูปของแสง ได้แก่ สีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และสีแดง ทำให้มนุษย์มองเห็นวัตถุต่างๆ ได้ มีสัดส่วนเป็น 38% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด

ค. รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.7-3.5 ไมโครเมตร อยู่ในรูปของความร้อนซึ่งเป็นพลังงานส่วนใหญ่ของพลังงานจากแสงอาทิตย์ กล่าวคือ มีสัดส่วน 53% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด ดังนั้นเมื่อสัมผัสกับแสงอาทิตย์จึงรู้สึกร้อน

3.1) **การพิจารณาคุณสมบัติของกระจก**

ผนังโปร่งแสงของอาคาร(Fenestration) เป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน เพราะเป็นส่วนที่ความร้อนจากแสงแดดภายนอกจะเข้ามาในอาคารได้มากที่สุด แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นส่วนที่อาคารจะได้รับแสงธรรมชาติด้วย ในการออกแบบที่ดีนั้นช่องแสงควรมีขนาดที่เหมาะสม คือมีขนาดเล็กพอที่จะไม่ให้ความร้อนเข้ามาในอาคารได้มาก แต่ใหญ่พอที่จะสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ ซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการนำแสงธรรมชาติมาใช้งานได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของกระจก

กระจกเป็นวัสดุโปร่งแสงที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการก่อสร้างโดยเฉพาะในอาคารสูง มีการนำกระจกมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบผนังภายนอกอาคาร เนื่องจากคุณสมบัติทางด้านความทนทานและความสวยงาม ข้อควรคำนึงในการพิจารณาเลือกกระจกสำหรับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น มีคุณสมบัติดังนี้ (สุนทร บุญญาธิการ และ อุษณีย์ มิ่งวิมล, 2542: 52-53)

3.1.1) **คุณสมบัติในการประหยัดพลังงานและการกันความร้อน**

- ควรมีความสามารถในการกันความร้อนได้ดี (มีค่า U-Value ต่ำ)
- มีการกันรั่วซึมได้ดี กันน้ำและความชื้นได้ดี
- มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำ (Shading Coefficient; SC)
- มีค่าการส่งผ่านของแสงสูง(Light Transmission; LT) ควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 20% (สุนทร บุญญาธิการ และ วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, 2546)
- มีค่าอัตราส่วนระหว่างค่าการส่องผ่านของแสงต่อสัมประสิทธิ์การบังแดดสูง (LT/SC) หมายความว่า ยอมให้แสงผ่านเข้ามาได้มาก แต่ความร้อนเข้ามาน้อย โดยทั่วไปกระจกที่มีอัตราส่วนอยู่ประมาณ 1.7 ถือว่าเป็นกระจกที่มีประสิทธิภาพสูงในระดับหนึ่งแล้ว

3.1.2) **คุณสมบัติในการก่อสร้างและการลงทุน**

นอกจากมีความปลอดภัยสูง น้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง สามารถต้านทานแรงลมและการสั่นสะเทือนได้เป็นอย่างดี ทนความร้อนได้สูง คือ หาซื้อง่าย ราคาถูก และค่าบำรุงรักษาต่ำ

3.2) **วิธีการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารส่วนผนังกระจก**

แม้ว่ากระจกมีประโยชน์ในการแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกระจก ซึ่งถ้ามีปริมาณที่สูงเกินไปจะส่งผลต่อการเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นการลดถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารส่วนกระจกจึงต้องนำมาพิจารณาด้วย ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

3.2.1) ***การเลือกกระจกโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธ์การถ่ายเทความร้อน*** **(U-Value)** ในกรณีที่ต้องการลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งเกิดจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร ควรเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ โดยการเลือกใช้กระจกฉนวนกันความร้อน ซึ่งอาจประกอบด้วยกระจก 2 หรือ 3 แผ่นมาประกบกันโดยมีช่องว่างอากาศระหว่างกระจกแต่ละแผ่นเพื่อให้เกิดช่องว่างอากาศซึ่งมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนมากขึ้น อาจทำได้ด้วยวิธีการดังนี้

- ใช้กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำมาประกอบเป็นกระจกฉนวนกันความร้อน เพื่อลดอัตราส่วนแผ่รังสีความร้อนจากกระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำไปยังกระจกอีกแผ่นหนึ่ง ซึ่งทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทคความร้อนรวมของกระจกต่ำลงกว่ากระจก 2 ชั้นที่ใช้กระจกใส

-ใช้ก๊าซอาร์กอนบรรจุในช่องว่างระหว่างกระจกทั้ง 2 แผ่น แทนอากาศเนื่องจากก๊าซอาร์กอนมีคุณสมบัติในการนำความร้อนน้อยกว่าอากาศธรรมดาถึงประมาณ 1.5 เท่า ดังนั้นการใช้ก๊าซอาร์กอน จึงสามารถลดอัตราการนำความร้อนที่เกิดขึ้นภายในช่องว่างระหว่างกระจกได้

3.2.2) **การเลือกกระจกโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธ์การบังแดด**(SC) สำหรับในกรณีที่ต้องการลดปริมาณพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ ที่เกิดจากการส่งผ่านผนังกระจกเข้ามาภายในอาคารโดยตรง ควรเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำ สามารถเลือกใช้ได้ 2 ประเภท คือ

- ใช้กระจกที่เคลือบด้วยสารโลหะ (Metallic Coated Glass) หรือกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ ซึ่งจะทำให้สามารถสกัดกั้นการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ได้โดยตรง

- ใช้กระจกฉนวนกันความร้อนที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ ชนิดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำ เช่น กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการสกัดกั้นการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ได้โดยตรงเช่นเดียวกัน

3.2.3) **การประยุกต์คุณสมบัติของกระจกโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด**ในกรณีที่ต้องการกระจกที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อน ทั้งปริมาณความร้อนที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร และปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงควรเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนอาจได้จากการประยุกต์ใช้กระจก เช่น ใช้กระจกเคลือบสารโลหะหรือกระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำเป็นกระจกด้านนอกและกระจกด้านในเป็นกระจกใส โดยมีช่องว่างอากาศตรงกลาง หรือบรรจุก๊าซอาร์กอนลงในช่องว่างระหว่างกระจก

4) เทคนิคการใช้วัสดุฉนวนในอาคาร

ในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดทางหนึ่ง คือ การเลือกใช้วัสดุที่สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้เป็นอย่างดี หรือมีค่า R-Value สูง ฉนวน คือ วัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน โดยมีค่าการหน่วงเหนี่ยงความร้อน (Time Lag) น้อย ทำให้อิทธิพลภายนอกที่เข้ามาภายในเกิดขึ้นค่อนข้างรุนแรง ซึ่งมีทางแก้โดยการเพิ่มความหนาให้มากขึ้นแต่จะทำให้มีราคาแพง ดังนั้นการออกแบบโดยการผสมผสานการใช้ฉนวนและมวลสารจะเป็นผลดีในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารไม่เปลี่ยนแปลงรุนแรงเหมือนภายนอก และถ้าสามารถหน่วงเหนี่ยวเวลาได้อย่างเหมาะสม คือ ทำให้ปริมาณความร้อนเข้ามาภายในอาคารในช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายนอกลดต่ำลงมากที่สุด ก็จะยิ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งมีข้อควรพิจารณาในการเลือกชนิดของฉนวนดังนี้

- ความสามารถในการกันความร้อน (Thermal Conductivity)
- ลักษณะทางกายภาพ (Physical Forms) เช่น เป็นม้วน แผ่น ฝอย เป็นต้น
- ความหนาแน่นและน้ำหนัก (Bulk Density)
- ช่วงอุณหภูมิของการใช้งาน (Suitability for Service Temperature)
- การยืดหดตัวเมื่อได้รับความร้อน (Thermal Expansions)
- การกันน้ำและความชื้น (Resistance to Water Penetration)
- การทนต่อแรงอัด (Resistance to Compaction)
- การแข็งแรงทนทาน (Mechanical Strength)

- อันตรายจากเพลิงไหม้ (Fire & Explosion Hazards)
- การทนต่อแมลงและเชื้อรา (Resistance to Vermin & Fungus)
- ความปลอดภัยต่อสุขภาพ (Health Hazards)
- ความจุความร้อน (Optimum Heat Capacity)
- การปลอดภัยจากสารเคมีและกลิ่น (Freedom from Objectionable Odor)
- การเสื่อมสภาพ (Corrosion)
- ความทนทานต่อสารเคมี (Chemical Resistance)
- ความต้องการในการบำรุงรักษา (Maintenance Requirements)

วัสดุประเภทฉนวนในปัจจุบันมีหลายชนิดให้เลือกใช้ ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน ผู้ออกแบบต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงคุณสมบัติของฉนวนประเภทต่างๆ ประเภทของวัสดุฉนวนบางประเภทที่นิยมใช้มีดังนี้

4.1) **ฉนวนกันความร้อนแบบโฟมโพลิยูรีเทน** (Polyurethane Foam) สำหรับใช้ฉีดฟนใต้หลังคาหรือภายนอกอาคาร โดยฉนวนชนิดนี้จะมีคุณสมบัติดังนี้

- มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity : k) ไม่เกิน 0.023 W/mK ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 24 °C เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 591 หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า
- มีค่าการดูดซับความชื้นของเนื้อฉนวนต่ำกว่า 5 % โดยน้ำหนัก ตามมาตรฐาน ASTM C 1140 หรือ มาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า
- เป็นชนิดไม่ติดไฟ, ไม่ลามไฟ, ไม่หยดเมื่อติดไฟ ตามมาตรฐาน ASTM E 84, BS 476 หรือ มาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า
- สามารถใช้งานได้ในอุณหภูมิถึง 90 °C
- ทนต่อกรด และ ด่าง
- มีค่าความหนาแน่นตามแต่การใช้งาน แต่ไม่เกิน 50 กก. ต่อ ลบ.ม.
- มีความหนาของฉนวน โดยทั่วไปควรมีความหนาไม่น้อยกว่า 25 มม.
- มีการรับประกันอายุการใช้งาน ไม่น้อยกว่า 5 ปี

4.2) **ฉนวนประเภทโฟม** การใช้ฉนวนประเภทโฟมมีความจำเป็นต้องห่อหุ้มหรือปกป้องจากการทำลายของรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ ซึ่งโฟมส่วนใหญ่มีข้อดีคือ สามารถคงสภาพเดิมได้แม้จะโดนความเปียกชื้น (ทนน้ำ) แต่เนื่องจากโฟมมีจุดหลอมเหลวต่ำ (โดยทั่วไปจะต่ำกว่า 100 °C) ทำให้เมื่อโดนความร้อนสูงเป็นเวลานานๆ โฟมก็จะเปลี่ยนรูป เช่น บิด งอ บุบ สลาย หรือไหม้ไปในที่สุด แต่ในบ้านทั่วๆไปมักจะไม่มีอุณหภูมิสูงถึงระดับนั้น ยกเว้นกรณีที่มีการนำโฟมไปใช้บุหลังกระจกโดยตรงจะทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่า 100 °C ซึ่งโฟมไม่สามารถคงสภาพเดิมเอาไว้ได้

4.3) **ฉนวนป้องกันความร้อนแบบเยื่อไม้หรือเยื่อกระดาษ** (Cellulose Fiber) สำหรับติดตั้งใต้หลังคา ผนังหรือ เหนือเพดาน โดยทั่วไปแล้วฉนวนประเภทนี้มักทำขึ้นจากเยื่อกระดาษที่ใส่สารกันไฟลาม ทำให้สามารถป้องกันไฟไหม้ได้ระดับหนึ่ง เมื่อโดนไฟไหม้จะมีควันคล้ายควันธูปและดับไปเองในที่สุด ถ้าเยื่อกระดาษนี้มีสารเคมีที่ผสมอย่างถูกต้อง ก็สามารถใช้เป็นวัสดุกันไฟได้ ฉนวนชนิดนี้มีคุณสมบัติดังนี้

- มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนไม่เกิน 0.045 W/mK ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 24 °C เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C177, C739 หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า
- มีค่าการดูดซึมความชื้นของเนื้อฉนวนไม่เกิน 5 % โดยน้ำหนัก ตามมาตรฐาน ASTM C 1140 , E 1149 หรือ มาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า
- ไม่ติดไฟ ไม่ลามไฟ ตามมาตรฐาน ASTM E 84, BS 476 หรือ มาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า
- ทนต่ออุณหภูมิการใช้งานได้ถึง 85 °C
- ไม่ขึ้นรา ไม่กัดกร่อนต่อโลหะ
- มีความหนาแน่น ไม่เกิน 52 กก.ต่อ ลบ.ม.
- มีความหนาของฉนวน ซึ่งโดยทั่วไปใช้ไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร
- มีการรับประกันอายุการใช้งานไม่น้อยกว่า 5 ปี

4.4) **ไฟเบอร์กลาส** ในประเทศไทยจะรู้จักกันภายใต้ชื่อของ ไมโครไฟเบอร์ หรืออื่นๆตามชื่อของผู้ผลิต ฉนวนประเภทนี้นอกจากจะสามารถกันความร้อนแล้ว ยังมีคุณสมบัติในการกันเสียงได้ด้วย และมีค่าการกันไฟได้สูงประมาณ 300 องศาเซลเซียส แต่ไม่ทนทานต่อความเปียกชื้น การกลั่นตัวของหยดน้ำจะทำให้สูญเสียคุณสมบัติในการกันความร้อนไปเมื่อเปียกชื้น และในปัจจุบันยังพิสูจน์ไม่ได้ว่าไฟเบอร์กลาสเป็นอันตรายต่อสุขภาพ จึงยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป

2.5 ทฤษฎีและหลักการให้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน

2.5.1 ทฤษฎีและหลักการให้แสงธรรมชาติ

การให้แสงธรรมชาติในอาคารนอกจากจะเป็นประโยชน์ทางด้านการเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างอย่างมีคุณภาพที่ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแล้ว แสงธรรมชาติยังช่วยในด้านความงดงาม ความสดชื่น และทำให้บรรยากาศภายในดูโอ่โถงหรูหราขึ้น ซึ่งแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคารมาจากหลายทางได้แก่ แสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Sun) , รังสีดวงอาทิตย์ที่กระจายมาจากท้องฟ้า (Diffuse Light) , แสงสะท้อนจากพื้นดินหรืออาคารข้างเคียง และแสงสะท้อนภายในอาคาร ซึ่งก่อนที่จะทำการศึกษาเทคนิคการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร ควรจะต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการใช้แสงธรรมชาติในอาคารก่อน สามารถสรุปได้ดังนี้

1) **ความแปรปรวนของสภาพท้องฟ้า** (Variation) สภาพท้องฟ้าส่วนใหญ่จะมีความแปรปรวนเกือบตลอดทั้งวัน เป็นปัญหาที่สำคัญในการควบคุมทั้งคุณภาพและปริมาณแสงธรรมชาติที่จะนำมาใช้ในอาคาร การแก้ปัญหา สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

1.1 **การใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้า** (Diffuse Light) วิธีนี้เป็นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุโดยวิธีการหลีกเลี่ยงแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ที่มีความแปรปรวนควบคุมยาก ซึ่งการใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้าหรือ เรียกว่า แสงเหนือ มีความสม่ำเสมอมากกว่า

1.2 **การกำหนดกิจกรรมในพื้นที่ส่วนที่มีการนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างเหมาะสม** โดยพิจารณาจากกิจกรรมหรือประโยชน์ใช้สอยในพื้นที่นั้นว่าสามารถยอมรับความแปรปรวน ของสภาพแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นในระดับมากน้อยเพียงใด ซึ่งกิจกรรมแต่ละกิจกรรมมีความต้องการระดับการส่องสว่างที่แตกต่างกัน บางกิจกรรมจะยอมรับการเปลี่ยนแปลงระดับการส่องสว่างตามสภาพแสงภายนอกได้ไม่มากนัก เช่น ห้องประชุม ห้องจัดแสดงงาน เป็นต้น

1.3 **การใช้เทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอของสภาพแสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคาร** เช่น การใช้ม่านกระจายแสง (Diffused Curtain) ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้แสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ เพื่อช่วยในการกระจายแสงให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น

2) **ความต้องการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในทุกทิศทาง** ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้า การพิจารณากิจกรรมที่สอดคล้องกับสภาพแสง และการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม เช่นเดียวกับข้อแรก

3)**การควบคุมความจ้าของแสงที่ทำให้เกิดการระคายเคืองตา**(Glare)ความสามารถของสายตามนุษย์ ในการยอมรับความสว่างหรือความจ้าของแสง ขึ้นอยู่กับทิศทางของมุมมองที่

แสงนั้นเข้าสู่สายตา (Flynn, 1988 อ้างถึงใน สุนทร บุญญาธิการ, 2541: 94) ถ้ามุมมองเป็นมุมเงยที่มีองศาของการมองยิ่งมากก็จะยิ่งทำให้สายตาสามารถยอมรับความจ้าได้มากขึ้น การแก้ปัญหามี 3 วิธี ดังนี้

3.1 **การคำนึงถึงมุมมองของสายตาผู้ใช้อาคาร** การเปิดมุมมองเพื่อสร้างความต่อเนื่องระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (Visual Connection) มนุษย์ต้องการรับรู้การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมรอบตัว ควรมีความเข้าใจในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุที่จะช่วยให้การมองผ่านทางช่องหน้าต่างได้ชัดเจนสบายตา

3.2 **การออกแบบและควบคุมสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอาคาร** โดยคำนึงถึงการสะท้อนแสงจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารไม่ให้มีแสงเข้ามามากจนรบกวนสายตาของผู้ใช้อาคาร แนวทางแก้ปัญหานี้คือการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานอาคาร

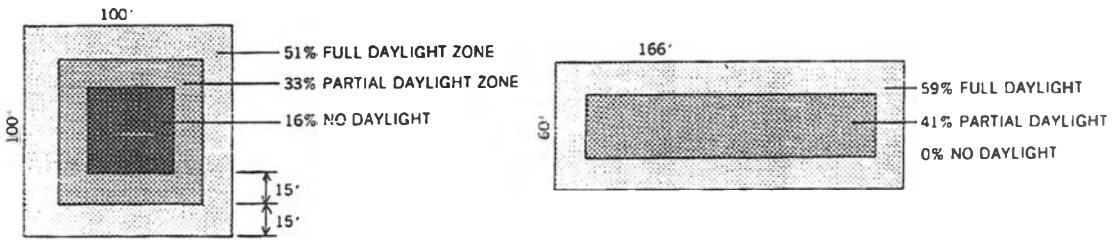
4) **การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้อย่างคุ้มค่า** คือ การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารได้ลึกมากที่สุดปริมาณความสว่างของแสงที่ตกลงบนพื้นที่ทำงาน (Working Plane) ใดๆจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบของแสงระนาบนั้นๆที่กระทำกับเส้นตั้งฉากกับระนาบ ตัวเลของศาของมุมดังกล่าวนี้จะแปรผกผันกับค่าความเข้มของปริมาณแสงสว่างบนระนาบ ถ้ามุมยิ่งน้อยปริมาณแสงสว่างที่ระนาบของพื้นที่ใช้งานก็จะยิ่งมากขึ้นซึ่งเป็นแนวทางการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้อย่างคุ้มค่าที่สุดนั่นเอง นอกจากนี้ แล้วค่าความเข้มของแสงบนระนาบใดๆจะขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนแสงของสภาพแวดล้อมภายห้องด้วย (Indirect Component)

การทราบถึงตัวแปรเกี่ยวกับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้อาคารดังกล่าว เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่นักออกแบบการให้แสงสว่างควรจะต้องทราบเบื้องต้น เพื่อที่จะได้นำข้อมูลนั้นมาใช้ในวิธีการให้แสงธรรมชาติได้อย่างเหมาะสม นอกจากการคำนึงถึงตัวแปรดังกล่าวแล้ว นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลักที่เกี่ยวข้องกับอาคาร ดังต่อไปนี้

4.1) **การคำนึงถึงทิศทางการเปิดช่องแสง**(orientation) เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกก่อนการออกแบบอาคาร ซึ่งการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารนั้นถึงแม้จะเป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์ในหลายๆด้านแต่ก็ควรระมัดระวังในเรื่องของผลของความร้อนและผลกระทบทางการมองเห็นที่ตามมาอีกมากมาย ดังนั้นในการเปิดช่องแสงจึงควรมีการศึกษาอย่างละเอียดรอบคอบ ซึ่งทิศทางที่ไม่ควรทำการเปิดช่องแสงหรือเปิดได้เพียงเล็กน้อยคือ ทิศตะวันตกและทิศตะวันออก เนื่องจากมีมุมของแสงแดดทอดต่ำจึงทำการบังแดดได้ยาก รองลงมาคือทิศใต้ และทิศที่เหมาะสมที่สุดคือ ทิศเหนือ (ในกรณีที่ตั้งอยู่ในซีกโลกเหนือ เขตร้อนชื้น) ซึ่งแต่ละทิศควร

จะมีการเลือกรูปแบบช่องแสงและอุปกรณ์กันแดดให้เหมาะสม เพื่อประโยชน์ในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้อย่างมีประสิทธิภาพและมีผลกระทบน้อยที่สุด

4.2) **รูปฟอร์มของอาคาร** (form) เป็นสิ่งที่บอกถึงขนาดพื้นที่ที่ต้องการการให้แสงธรรมชาติภายในอาคาร และเป็นตัวกำหนดรูปแบบและลักษณะการให้แสงว่าควรจะเป็นทางแนวนอนหรือแนวตั้ง การวางอาคารในลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าแคบยาวสามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาได้ทั่วถึงกว่าแบบสี่เหลี่ยมจตุรัสซึ่งบริเวณตรงกลางนั้นไม่ได้รับแสงธรรมชาติเลย ในการแก้ปัญหานี้อาจจะใช้ช่องเปิดด้านบนเข้ามาช่วย อย่างไรก็ตามอาคารที่แคบยาวแม้นำแสงธรรมชาติมาใช้ได้ดีแต่ควรพิจารณาอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยประกอบด้วย เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้ามาในอาคาร



ภาพที่ 2.5 แสดงถึงการวางผังพื้นของอาคารสำนักงานในรูปแบบต่างๆที่ส่งผลต่อรูปแบบการนำแสงธรรมชาติมาใช้ (ที่มา: Norbert Lechner, 2001 : p 374)

4.3) **การใช้สี** (color) การใช้สีที่สว่างภายในอาคาร นอกจากจะช่วยสะท้อนแสงให้กระจายทั่วทั้งห้องแล้ว ยังช่วยลดความมืด, แสงบาดตา และอัตราส่วนความสว่างจ้าลง โดยทั่วไปฝ้าเพดานควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงมากที่สุด แต่ในทางกลับกันพื้นและเฟอร์นิเจอร์ควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงน้อยที่สุดในห้อง

ตารางที่2.1 แสดงค่าการสะท้อนความร้อน(Reflectivity)ของวัสดุต่างๆที่มีทั้งการทาสีวัสดุและที่เป็นผิวธรรมชาติ

สี (Color)	การสะท้อน (% Total Incident Heat Reflected)
ขาว	75
ครีม	65
เขียวอ่อน	50
แดง	26
เทา	25
ดำ	7

ที่มา: ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539: 38

4.4) **การคำนึงถึงรูปแบบช่องแสงอาคาร** ควรแบ่งส่วนช่องแสงเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้ประโยชน์ทางด้านมุมมอง(ช่องแสงส่วนล่าง) ซึ่งส่วนนี้ควรใช้กระจกที่สามารถกันความร้อนและแสงบาดตาได้ และส่วนที่ให้แสงธรรมชาติ (ช่องแสงส่วนบน) ซึ่งควรใช้กระจกใส ได้แก่ ช่องเปิดด้านข้างส่วนบน , Clerestory window เป็นต้น เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร และความจ้าของแสงที่มีต่อสายตาของผู้ใช้อาคาร

2.5.2 ระดับการส่องสว่างมาตรฐานในสำนักงาน

อาคารสำนักงาน ถือได้ว่าเป็นอาคารที่มีความจำเป็นในเรื่องของการให้การส่องสว่างเป็นอย่างมาก เนื่องจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในสำนักงานล้วนแล้วแต่ต้องใช้สายตาทั้งสิ้น ซึ่งเป้าหมายหลักของการให้แสงสว่างในอาคารสำนักงาน คือ การให้ความสบายทางสายตาแก่ผู้ใช้อาคาร ไม่ว่าจะเป็นการได้รับปริมาณแสงที่พอเหมาะไม่มืดหรือสว่างเกินไป การไม่เกิดการรบกวนทางสายตาขณะทำงาน เช่น แสงจ้า แสงบาดตา และนอกจากนี้ควรคำนึงถึงการป้องกันความร้อนที่แฝงมากับการให้แสงสว่าง เพื่อลดภาระการทำความเย็นของการปรับอากาศภายในอาคารด้วย

ดังนั้นในการออกแบบอาคารจึงได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานการส่องสว่างของอาคารสำนักงานขึ้นเพื่อเป็น ข้อบังคับให้ผู้ออกแบบได้ให้ความสำคัญในเรื่องนี้ ซึ่งโดยทั่วไปค่ามาตรฐานในการให้การส่องสว่างในอาคารสำนักงานจะมีหลายมาตรฐาน สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบค่าความสว่างในอาคารสำนักงานตามมาตรฐาน CIE ,IES และ BS

พื้นที่ใช้งาน	มาตรฐาน CIE International Commission Illumination	มาตรฐาน IES Illumination Engineering Society	มาตรฐาน BS British Standard
ห้องทำงานทั่วไป	300-500-750	200-300-500	500(ระนาบทำงาน)
ห้องคอมพิวเตอร์	300-500-750	200-300-500	500(ระนาบทำงาน)
ห้องเขียนแบบ	500-750-1,000	500-750-1,000	750(ระนาบทำงาน)
ทางเดิน	50-100-150	100-150-200	100(ระนาบทำงาน)

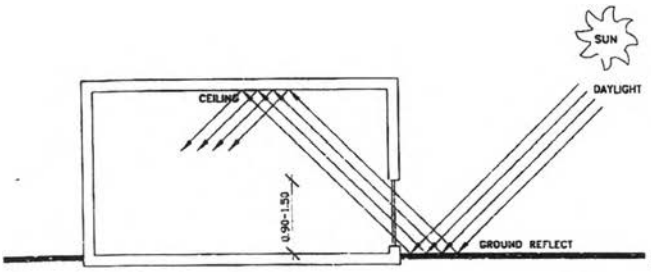
ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540: 4 และสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, 2542: 15

2.5.3 เทคนิคการให้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน

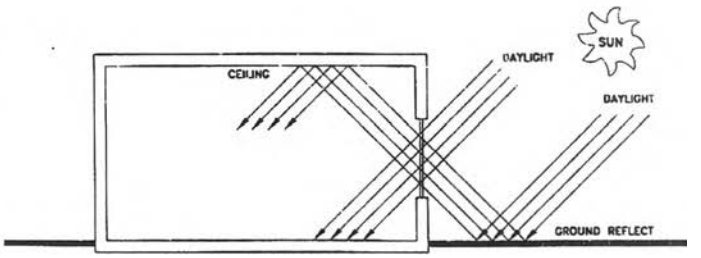
จากปัจจัยข้างต้นทำให้การนำประโยชน์จากแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารให้มีประสิทธิภาพเต็มที่เป็นสิ่งที่ทำได้ยาก โดยเฉพาะปัจจัยทางด้านความแปรปรวนของสภาพท้องฟ้าที่ควบคุมได้ยาก ดังนั้นการออกแบบการให้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานจึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเทคนิคต่างๆเพื่อทำให้เกิดการนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ได้สูงสุด การออกแบบช่องแสงนับได้ว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร ซึ่งผู้ออกแบบควรมีความรู้และทำการศึกษาทั้งในเรื่องรูปแบบ ความเหมาะสมในการใช้งาน และรายละเอียดต่าง เพื่อใช้ประกอบในการออกแบบการให้แสงธรรมชาติได้อย่างเหมาะสม จากการศึกษาพบว่าช่องแสงส่วนใหญ่ที่ใช้ในอาคารสำนักงาน คือช่องแสงด้านข้าง (Side concept) แสงธรรมชาติจะส่องผ่านช่องเปิดหน้าต่างที่อยู่ในส่วนของกรอบอาคารด้านข้างเข้ามาภายในอาคาร ลักษณะของแหล่งกำเนิดแสงที่ส่องผ่านเข้ามา เช่น แสงจากท้องฟ้า แสงจากพื้นดิน พื้นผิวภายนอกที่เป็นตัวสะท้อนแสง และการสะท้อนแสงภายในอาคาร ซึ่งในสภาวะที่ท้องฟ้ามืดครึ้ม(Overcast Sky) แหล่งกำเนิดแสงที่มีผลต่อช่องเปิดหน้าต่างด้านข้างมากที่สุดคือ แสงจากท้องฟ้า ส่วนสภาพท้องฟ้าเปิดโล่ง(Clear Sky) ค่าการสะท้อนแสงจากพื้นดินมีความสำคัญมาก ข้อดี คือ ช่วยสร้างทัศนวิสัยที่ดี แต่มีข้อเสียคือ เนื่องจากช่องแสงประเภทนี้อยู่ในตำแหน่งที่คนทั่วไปสามารถทนต่อความจ้าเมื่อมองในแนวระดับได้เพียง 170 ฟุตแลมเบิร์ต เท่านั้น ในการใช้งานจริงจึงมีความจำเป็นต้องใช้กระจกของช่องแสงที่ตัดแสงได้มาก(SC ต่ำ) เพื่อให้เกิดความสบายตาในการมองออกสู่ภายนอก

ส่งผลให้มีแสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการใช้งานในระยะเพียง 2-3 เมตร (สุนทร บุญญาธิการ, 2541: 98) ของช่องแสงด้านข้างสามารถจำแนกได้ดังนี้

1) หน้าต่างช่วงล่าง (Low Windows) มีความสูงจากพื้นประมาณ 0.90-1.50 ม. ได้รับผลกระทบจากการสะท้อนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่อยู่ใกล้โดยรอบ หรือบริเวณที่อยู่ต่ำกว่าระดับสายตา เช่น แสงสะท้อนจากพื้นดิน และผิวสะท้อนแสง หน้าต่างช่วงล่างนี้ไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องความจ้า (Glare) ในส่วนของความร้อนของแสงแดดโดยตรงจะมีผลต่อหน้าต่างช่วงล่างน้อยมาก ข้อเสีย คือ จะเกิดลักษณะของความเปรียบต่าง(Contrast) ระหว่างแนวผนังช่วงบนเหนือช่องหน้าต่างกับบริเวณฝ้าเพดานที่อยู่ติดต่อกันซึ่งเป็นส่วนที่ส่องสว่างไม่ถึง การปรับแก้ลักษณะดังกล่าวจึงต้องปรับระดับแนวฝ้าเพดานให้มีความลาดเอียงเพื่อลดระดับความเปรียบต่างที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ในส่วนของทัศนวิสัยมีข้อจำกัดในระดับที่ไม่เกินสายตา



ภาพที่ 2.6 รูปแบบหน้าต่างช่วงล่างและการส่องสว่าง
ที่มา : เจริญ เตชเจษฎาวงศ์, 2545: 39

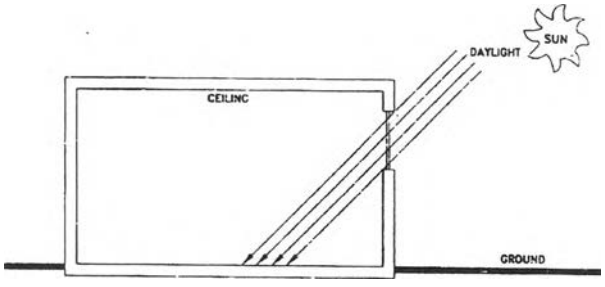


ภาพที่ 2.7 ลักษณะการส่องผ่านแสงของหน้าต่างช่วงกลาง
ที่มา : เจริญ เตชเจษฎาวงศ์, 2545: 40

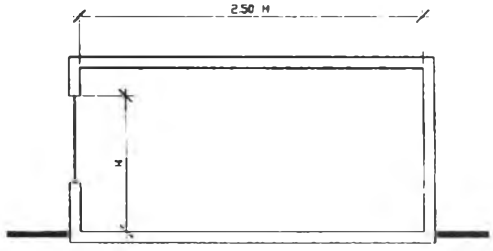
2) หน้าต่างช่วงกลาง (Middle Windows) พบเห็นโดยทั่วไป มีความสูงจากระดับพื้นห้องประมาณ 0.90-2.00 ม. ประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงจากพื้นดินเข้ามาภายในจะไม่ดีเท่ากับหน้าต่างช่วงล่าง และประสิทธิภาพในการกระจายแสงไม่เท่ากับหน้าต่างช่วงบน มีความเพียงพอต่อระดับการใช้งานในช่วงระยะ 2-3 ม.จากช่องหน้าต่าง มีลักษณะทัศนวิสัยที่ดีกว่าแบบอื่น เนื่องจากอยู่ในระดับแนวสายตา ปัญหาที่พบส่วนใหญ่ คือปริมาณความจ้าของแสงที่ได้รับโดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้หน้าต่างแนวทางการปรับแก้โดยการใช้อุปกรณ์บังแดดหรือการปรับความลาดเอียงของกระจก

3) หน้าต่างช่วงบน (High Windows) สูงจากพื้น 2 ม.ขึ้นไป ให้การส่องสว่างผ่านเข้ามาภายในได้ลึกกว่าทุกแบบ ทั้งจากแสงตรง, แสงกระจาย,ท้องฟ้าปิด และท้องฟ้าเปิด ข้อเสียของหน้าต่างชนิดนี้ คือปริมาณของแสงที่ส่องผ่านเข้ามาภายในระดับของการใช้งาน ใน

บริเวณที่อยู่ใกล้หน้าต่างจะมีปริมาณแสงที่ไม่เพียงพอ ทัศนวิสัยด้อยกว่าหน้าต่างชนิดอื่น แต่ไม่มีปัญหาเรื่องความจ้าของแสงเนื่องจากเป็นช่วงที่อยู่เหนือระดับสายตา



ภาพที่ 2.8 ลักษณะการส่องผ่านแสงของหน้าต่างช่วงบน
ที่มา : เจริญ เตชเจษฎาวงศ์, 2545: 42



ภาพที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ของช่องเปิดที่มีผลต่อการส่องสว่างภายในห้อง
ที่มา : เจริญ เตชเจษฎาวงศ์, 2545: 44

หลักการออกแบบช่องแสงด้านข้าง มีดังนี้

รูปแบบและขนาดของช่องเปิดมีผลต่อสภาพการส่องสว่างภายใน โดยทั่วไปสัดส่วนของช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับลักษณะการส่องสว่าง 2 กรณี คือ มีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงและลักษณะการกระจายแสง ที่ส่องผ่านเข้ามายังพื้นที่ภายในในแนวกว้าง แนวยาว และแนวตั้งโดยความลึกของห้องนั้นไม่ควรเกิน 2.5 H เมื่อ H คือ ความสูงของช่องเปิด(ภาพที่ 2.9)

ความสูงและความกว้างของหน้าต่าง (Windows Height and Windows Width) ความสูงของหน้าต่างจะเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อความลึกในการส่องสว่างของแสงที่ผ่านเข้ามาภายในส่วนความกว้างจะมีผลต่อปริมาณการส่องสว่างภายใน ตัวอย่างเช่น หน้าต่างที่กว้างและสูงจะมีประสิทธิภาพในการส่องสว่างที่ดีกว่าหน้าต่างที่แคบและเตี้ย

2.5.4 หลักการใช้กระจกเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

สุนทร บุญญาธิการ (2546) ได้กล่าวถึงเทคโนโลยีการออกแบบกระจกยุคใหม่เพื่อหาวิธีการกำจัดความร้อนส่วนเกินเป็นรูปแบบต่างๆ ดังนี้

1. **การลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์** คือ การกำจัดช่วงคลื่นของรังสีดวงอาทิตย์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นของมนุษย์ ได้แก่ รังสีอินฟาเรด รังสีอัลตาไวโอเลต รังสีที่ผ่านเข้ามาในอาคารจึงเป็นรังสีจากดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่นที่มีความจำเป็นต่อการมองเห็นของมนุษย์เพียงอย่างเดียว ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด(Shading coefficience: SC) หาก

กระจกมีค่า SC ต่ำจะยอมให้มีรังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารได้น้อย และค่าอัตราส่วนการทะลุผ่านของแสงในช่วงคลื่นที่จำเป็นต่อการมองเห็น(Light Transmission : LT) ถ้าการที่ค่า LT สูงจะยอมให้แสงในช่วงคลื่นที่จำเป็นต่อการมองเห็นผ่านได้มา ดังนั้นการพิจารณากระจกนั้นจะต้องทำการพิจารณาอัตราส่วนระหว่างค่าอัตราส่วนการทะลุผ่านของแสงในช่วงคลื่นที่จำเป็นต่อการมองเห็น และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดเพื่อให้ปริมาณแสงภายในอาคารไม่ต่ำมากเกินไป

การพิจารณาการใช้กระจก = LT / SC

ส่วนการลดสัมประสิทธิ์การบังแดดด้วยการใช้สีกระจกที่เข้มขึ้นจะทำให้ค่าการดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์ของผิวกระจกภายนอกเพิ่มขึ้น อุณหภูมิผิวกระจกภายนอกจึงสูงขึ้นและส่งผลให้ความร้อนส่วนเกินถูกกักเก็บไว้ในมวลสารของกระจก เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในห้องโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสี

2. **การเพิ่มความเป็นฉนวนของกระจก** กระจกเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง การลดการนำความร้อนจะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในและภายนอกอาคาร โดยการเพิ่มช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำให้กับกระจก เป็นลักษณะกระจก 2 ชั้น (Double glazing) และกระจก 3 ชั้น (Triple glazing) ทำให้กระจกมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ(U)สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนโดยการนำได้ดีกว่ากระจกที่มีค่า U สูง นอกจากนั้นวิธีการลดค่าการนำความร้อนของกระจกอีกวิธีหนึ่งคือ การใช้กระจกติดฟิล์ม Low E และมีการเคลือบการ Sun Protection ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดที่ต่ำเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

3. **การลดความร้อนที่ผิวกระจกภายในอาคาร** จากการที่กระจกนั้นสามารถเก็บสะสมความร้อนแล้วแผ่รังสีและพาความร้อนมาสู่พื้นที่ใกล้เคียงได้ ดังนั้นการแก้ปัญหานี้จึงต้องใช้ Air flow window มีหลักการอยู่ที่การเปิดช่องด้านในอาคาร เพื่อนำอากาศเย็นภายในอาคารไหลผ่านช่องว่างระหว่างกระจก 2 ชั้น เพื่อใช้อากาศที่เย็นลดอุณหภูมิผิวกระจกและระบายอากาศร้อนที่อยู่ระหว่างช่องว่างอากาศทิ้งไปทำให้เนื้อกระจกมีอุณหภูมิที่ต่ำลงจึงไม่เกิดการแผ่รังสีความร้อนให้กับภายในอาคาร

การพัฒนากระจกไม่ใช่เพียงแค่การปรับปรุงในด้านภาระการทำความเย็นหรือสภาวะน่าสบายเพียงอย่างเดียวแต่ได้มีการผนวกเทคโนโลยีต่างๆเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกระจกในยุคอนาคต เช่น

- การผลิตกระจกในลักษณะลามิเนตเข้ากับฟิล์มชนิดต่างๆเพื่อประโยชน์ในการใช้งาน เช่น การผนวกกระจกหลายชั้นเข้ากับฟิล์มโพลีไวนิลบิวทิเรต (Polyvinyl Butyrate: PVB)หลายชั้นเพื่อเพิ่มความทนทานให้กับเนื้อกระจก จนสร้างกระจกที่สามารถรับแรงกระแทกในระดับสูงได้มากยิ่งขึ้น เช่น กระจกกันกระสุน กระจกนิรภัย เป็นต้น
- การเคลือบผิวกระจกใสสามารถสะท้อนรังสีในช่วงคลื่นที่ไม่จำเป็นต่อการมองเห็นจะทำให้สามารถสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงดังกล่าวทิ้งโดยไม่ทำให้เกิดความระคายเคืองสายตาต่อผู้ที่พบเห็นอาคาร
- การผลิตกระจกในลักษณะกระจก 2 ชั้น และกระจก 3 ชั้น สามารถเพิ่มความสามารถในการป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารได้
- การใช้วัสดุพิเศษแทนฟิล์มโพลีไวนิลบิวทิเรต ที่ใช้ในการลามิเนตกระจกเพื่อใช้เป็นแผงรับพลังงานจากดวงอาทิตย์สำหรับผลิตไฟฟ้าในอนาคต
- กระจกพิเศษที่สามารถปรับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของตนเองอัตโนมัติตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไป

I 22610510