บทที่ 2
ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร

2.1.1 การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร

วัตถุประสงค์ของการตรวจวิเคราะห์

- การศึกษารูปแบบ และตัวแปรที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า และประสิทธิภาพของอุปกรณ์อาคาร
- การศึกษาแนวทางในการดำเนินการจัดการพลังงาน การปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพอันจะก่อให้เกิดการใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

ระดับการตรวจวิเคราะห์พลังงาน

ความละเอียดของการตรวจวิเคราะห์พลังงานมีหลายระดับ ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมหลาย ๆ ประการและความเหมาะสมทางด้านเวลา การตรวจวิเคราะห์สามารถแบ่งได้ 2 ระดับ คือ

ก. การตรวจวิเคราะห์เบื้องต้น (Preliminary Auditing)

การตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร และดูแนวโน้มการใช้พลังงานจากกราฟในระยะที่ผ่านมา ข้อมูลที่ได้จะใช้เป็นฐานสำหรับการเทียบประเมินการใช้ในระยะเวลาต่อไป และจะแสดงถึงชนิดของพลังงานที่สมควรได้รับการพิจารณาให้ความสำคัญในการตรวจสอบโดยละเอียด ทำให้สามารถแจกแจงให้เห็นได้ว่าพลังงานถูกใช้เป็นสัดส่วนเท่าใดในกิจกรรมแต่ละประเภท นอกจากนี้ยังจะทำให้ทราบถึงแนวทางเลือกที่จะดำเนินการประหยัดพลังงาน ว่าควรจะมีทิศทางใดที่จะเป็นไปได้มากที่สุด และส่งผลให้มีศักยภาพสูงสุด (กฎกระทรวง ฉบับที่ 3, พ.ศ. 2538)

ข. การตรวจวิเคราะห์อย่างละเอียด (Detail Auditing)

เป็นขบวนการที่ต่อเนื่องจากข้อ ก. เป็นการตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลโดยมุ่งสนใจไปยังระบบย่อยต่าง ๆ ที่ได้รับการตัดสินที่จะหาแนวทางประหยัดพลังงานให้กับระบบนั้น ๆ ผลที่ได้จะทำให้ทราบถึงสภาพการใช้พลังงานของระบบย่อยอย่างละเอียดตลอดจนความบกพร่องหรือความผิดปกติของระบบ พร้อมกันนี้จะสามารถหาวิธีต่าง ๆ ที่จะลดความบกพร่องหรือความผิดปกตินั้นให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งจะยังผลให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลตามต้องการ โดยรายละเอียดที่เพิ่มเติมขึ้น คือ การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรการต่าง ๆ ดังนี้

- การลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร
- การปรับอากาศและการใช้แสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ
- การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่ช่วยอนุรักษ์พลังงาน
- การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์

แนวทางในการสำรวจอาคารเพื่อพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

(Retrofitting of BLDG. For Energy Conservation,1984) มีรายละเอียด ดังนี้

1) การสำรวจเก็บข้อมูลของระบบเปลือกอาคาร

ก. การสำรวจลักษณะทางกายภาพของตัวอาคาร

- ประเภทของโครงสร้างและขนาดของอาคาร
- ทิศทางและแนวแกนของอาคาร
- วัสดุก่อสร้างอาคาร
- ขนาดและพื้นที่ช่องแสงในอาคาร และลักษณะการกันแดดให้ตัวอาคาร

ข. พื้นที่ใช้สอยในอาคาร

ค. การกำหนดตำแหน่งของห้องต่าง ๆ ในอาคาร

2) การสำรวจเก็บข้อมูลงานระบบในอาคาร

ก. ประเภทของระบบเครื่องกลที่ใช้ในอาคาร

ข. ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในเครื่องกลแต่ละชนิด

ค. ระบบการให้แสงสว่าง

- กำหนดตำแหน่งดวงโคม ชนิด และขนาดของดวงโคมที่ใช้ในอาคาร
- เก็บข้อมูลวงจรในการเปิด / ปิดด้วงโคมและตำแหน่งสวิตช์ไฟฟ้าในอาคาร
- เก็บข้อมูลระดับความส่องสว่างในอาคาร
- พิจารณาลักษณะการใช้งานในแต่ละพื้นที่ที่มีการติดตั้งดวงโคม
- เก็บข้อมูลตารางการใช้งานระบบแสงสว่างในแต่ละห้อง

3) การสำรวจเก็บข้อมูลลักษณะการใช้งานของผู้ใช้อาคาร

ก. เก็บข้อมูลตารางการทำงานของผู้ใช้อาคาร

ข. พิจารณาจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงเวลา

4) การสำรวจเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร

ก. เก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารแยกแต่ละกิจกรรม

ข. เก็บข้อมูลตารางการเปิด / ปิด หรือตารางการทำงานของระบบปรับอากาศ วิธีการปรับ อากาศในแต่ละช่วงของปี ตารางและวิธีการดูแลรักษาเครื่อง

5) การสำรวจเก็บข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในอาคาร

6) การสำรวจและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานที่ผ่านมาทั้งปริมาณ ค่าใช้จ่ายและความต้องการใช้พลังงานในอาคาร ข้อมูลประเภทของพลังงานที่มีการใช้งานในอาคาร

7) การสำรวจเก็บข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

<u>ลักษณะของข้อมูลที่ใช้</u> การได้มาของข้อมูลอาจจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

ก. ข้อมูลจากเอกสาร เอกสารที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ รายละเอียดการใช้วัสดุเปลือกอาคาร ใบเสร็จค่าพลังงาน วิธีการคิดค่าพลังงาน แผนผังอาคารการใช้งานอาคาร แผนภูมิระบบรับ – จ่ายพลังงาน และรายละเอียดอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

ข. ข้อมูลจากการลงสนามสำรวจ ข้อมูลจากการสัมผัสกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ โดยใช้การสังเกตประกอบการใช้เครื่องมือตรวจวัด เพื่อวัดปริมาณต่าง ๆ ตามต้องการ ได้แก่ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ ค่าตัวประกอบกำลัง อุณหภูมิในพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ความชื้นสัมพัทธ์และค่าการส่องสว่าง เป็นต้น

ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์ : ขั้นตอนที่สำคัญประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ก. การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน เป็นการตรวจสอบการใช้พลังงานในอาคารที่ผ่านมา ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่อาจได้มาจากเอกสารต่าง ๆ รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้ใช้อาคารและเจ้าหน้าฝ่ายอาคาร เช่น การหาข้อมูลการใช้พลังงานเชิงปริมาณและค่าใช้จ่าย ระยะเวลาที่ตรวจสอบย้อนหลังไม่ควรต่ำกว่า 12 เดือน

ข. การลงสนามสำรวจข้อมูลเบื้องต้น เป็นการสำรวจสถานภาพการใช้พลังงานในปัจจุบัน โดยใช้ระยะเวลาสั้น ๆ และเสียค่าใช้จ่ายน้อย ทั้งนี้เพื่อตรวจดูว่ามีการใช้พลังงานอย่างไรและเป็นปริมาณเท่าใด โดยอาจพิจารณาเป็นรายชนิดเชื้อเพลิงทั้งนี้ เพื่อตรวจสอบดูว่ามีการใช้พลังงานใดมาก ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการจัดลำดับความสำคัญในการศึกษาละเอียดต่อไป นอกจากนี้แล้วการสำรวจในขั้นตอนนี้ยังจะเน้นไปที่การตรวจดูว่าการใช้พลังงานที่สูญเปล่า และไม่มีประสิทธิภาพอย่างเห็นได้ชัด เพื่อประเมินค่าศักยภาพในการประหยัดพลังงานในเบื้องต้นว่ามีมากน้อยเท่าใด คุ้มกับค่าใช้จ่ายและทรัพยากรที่จะใช้ไปเพื่อการศึกษาละเอียดหรือไม่

ค. การลงสนามสำรวจข้อมูลโดยละเอียด เป็นการนำอุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อเก็บและรวบรวมข้อมูลซึ่งเป็นการดำเนินงานต่อจากการตรวจวิเคราะห์เบื้องต้น ทั้งนี้เพื่อตรวจหาพลังงานสิ้นเปลืองและสามารถปรับให้ลดลงได้ ด้วยเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานวิธีต่าง ๆ การตรวจสอบในขั้นตอนนี้ใช้เวลาและค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก ดังนั้นสมควรที่จะแน่ใจว่าสิ่งที่เลือกตรวจวัดละเอียดนั้น ทำแล้วให้ประโยชน์ตอบแทนคุ้มกับค่าใช้จ่าย

ง. *การวิเคราะห์ผล* ได้แก่ การนำเอาข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ - ประเมินผลและจัดทำรายงาน

- ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน และสัดส่วนการใช้พลังงาน
- ดัชนีการใช้พลังงานในระบบต่าง ๆ
- ประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวม
- ประสิทธิภาพการสูญเสียของอุปกรณ์ต่าง ๆ
- ประสิทธิภาพทางด้านระบบเปลือกอาคาร

วิธีการประหยัดที่เป็นผลจากการตรวจวิเคราะห์ และปรับปรุงแก้ไขดังที่กล่าวมาแล้ว จะต้องนำมาวิเคราะห์เงินลงทุน ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ตอนแทน เพื่อดูระยะเวลาคุ้มทุนหรืออัตราของผลตอบแทนที่ได้และเทียบกับเกณฑ์ของอาคารเพื่อการตัดสินใจดำเนินการต่อไป

2.1.2 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์พลังงาน

ในการตรวจวิเคราะห์พลังงานต้องอาศัยข้อมูลต่าง ๆ ของทางอาคาร ดังนี้

ข้อมูลทางด้านปริมาณการใช้พลังงานและค่าใช้จ่าย

สำหรับปริมาณการใช้โดยรวมอาจหาได้จากใบแจ้งหนี้ หรือใบเสร็จรับเงินค่าพลังงานดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งมีสิ่งที่ต้องทำความเข้าใจเพิ่มเติม ดังนี้

ก. ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาหรือมากกว่า

ข. หากไม่มีข้อมูลที่สามารถเชื่อถือได้ ต้องใช้วิธีติดตั้งเครื่องมือวัดเฉพาะบริเวณที่ต้องการรู้ปริมาณการใช้พลังงาน

ค. หน่วยพลังงานที่ใช้ควรเป็นหน่วยทางกายภาพที่ซื้อขายกัน เช่น ตัน ลิตร ลูกบาศก์เมตร กิโลกรัม KWh เป็นต้น

ง. ใบเสร็จที่แสดงอัตรา ปริมาณ และวิธีการคำนวณราคาพลังงาน จะช่วยให้สามารถตรวจสอบเปรียบเทียบอัตราซื้อขาย เพื่อหาลู่ทางที่จะให้ได้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด

ข้อมูลเกี่ยวกับระบบพลังงาน

การตรวจวิเคราะห์เบื้องต้นและการวิเคราะห์ละเอียด จำเป็นต้องรู้ข้อมูลทางเทคนิคของระบบอุปกรณ์ที่ผลิตและใช้พลังงาน ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการเตรียมการจัดหาไว้ ดังนี้

ก. แผนผังของอาคารและระบบพลังงาน ประกอบด้วย

ผังเนื้อที่แสดงตำแหน่งที่ตั้ง ชื่อ ประเภทอาคาร ทิศทางและขนาดวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง บริเวณที่บุฉนวน จำนวนพื้นที่ใช้สอย และพื้นที่ปรับอากาศ นอกจากนี้ควรแสดงตำแหน่งของเครื่องจักร อุปกรณ์ที่สำคัญ ๆ

ข. ข้อมูลรายละเอียดของเครื่องจักร - อุปกรณ์ที่สำคัญ ๆ

โดยที่แต่ละเครื่องแสดงชื่อ ชนิด พิกัด ตำแหน่ง ระยะเวลาการทำงานปกติ กำลังส่งออกหรืออัตราผลผลิตปกติ และอัตราการใช้พลังงานปกติ ซึ่งรวมถึงเครื่องปั่นไฟฟ้าสำรอง เครื่องคอมพิวเตอร์ ฯลฯ ทั้งหมดนี้อาจหาได้จากข้อมูลที่แผ่นป้ายเครื่อง หนังสือคู่มือ ประจำเครื่อง หรือสอบถามจากผู้คุมเครื่อง หรืออ่านจากมาตรวัดประจำเครื่องแล้วแต่ความเหมาะสม

2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร

ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร ความรู้สึกร้อนหนาว หรือความน่าสบายของคน เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร ได้แก่ ปัจจัยด้านกายภาพและเศรษฐศาสตร์

2.2.1 **ปัจจัยเชิงกายภาพ** ได้แก่ ปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน รายละเอียดดังนี้

ก) **ปัจจัยภายนอก**

อุณหภูมิอากาศ

ตารางที่ 2 – 1 : อุณหภูมิอากาศเป็นมาตราวัดสภาวะน่าสบายขั้นพื้นฐาน โดยข้อมูลเบื้องต้นที่ควรคำนึงถึง ได้แก่

ปัจจัยที่ควรคำนึงถึง	รายละเอียด
1. Annual Curve	- อุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละเดือน - ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของวัน - อุณหภูมิสูงที่สุดและต่ำสุดที่บันทึก
2. Diurnal Temperature Swing	- ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิช่วงเวลากลางวันและกลางคืน
3. Heating – Cooling Degree Days	บอกระยะเวลาของ Ambient Temperature ที่อยู่นอกภาวะน่าสบาย และช่วยประมาณภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศได้ [1]

[1] Degree Days คือ จำนวนความต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายใน
Degree Base คือ ค่าอุณหภูมิมาตรฐาน ปกติใช้ที่ 65 F คูณด้วยจำนวนวันที่แตกต่างที่เกิดขึ้น
Degree Hours คือ ความแตกต่างอุณหภูมิในช่วงองศาหนึ่งสำหรับระยะเวลาหนึ่งชั่วโมง

ปัจจัยที่ควรคำนึงถึง	รายละเอียด
4. Bin Data	ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ความเร็วและทิศทางลม โดยสรุปเป็นจำนวนชั่วโมงเฉลี่ยที่อยู่ในสภาวะน่าสบายในทุก ๆ 5 องศาเซลเซียส

ที่มา : Energy in design Technique, 1982

ปริมาณความชื้น

ความชื้น คือ ปริมาณความชื้นที่อยู่ในอากาศ สามารถวัดออกมาใน 2 รูปแบบ คือ

- Absolute Humidity — ปริมาณของน้ำที่อยู่ในอากาศโดยคิดจากอัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในอากาศต่อน้ำหนักของอากาศ (ปอนด์)
- Relative Humidity — อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำในอากาศขึ้นอยู่กับปริมาณไอน้ำในอากาศอิ่มตัว ปริมาณสัดส่วนสูงสุดของไอน้ำที่สามารถคงอยู่ได้ในอากาศที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ก่อนจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำจะถือว่ามีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 100 %

ความชื้น มีผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายโดยตรง เนื่องจากความชื้นในอากาศมีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาว เมื่อค่าความชื้นสูงมาก ๆ จะทำให้ร่างกายไม่สามารถระบายความร้อนด้วยการระเหยเหงื่อได้ ทำให้เกิดสภาวะไม่สบายอีกทั้งยังช่วยในการเจริญเติบโตของราและตะไคร่ เป็นต้น *ความชื้นสัมพันธ์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20 – 80 %* (ธนิต จินดาวณิค, 2539)

ปริมาณรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์มีผลกระทบต่ออาคารและที่ตั้ง 2 ประการ คือ พลังงานดวงอาทิตย์ที่ตกลงมาบนพื้นที่ตั้งและทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ในที่ตั้งโครงการ

การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ประกอบด้วย

1) รังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งการแผ่รังสีโดยตรงมาก แต่ร่มเงาบังแดดนั้นมากเช่นกัน
2) รังสีที่กระจายจากท้องฟ้าที่สะท้อนจากเมฆและฝุ่นละอองในอากาศ มีปริมาณสูง 0 – 90% ของปริมาณพลังงานจากดวงอาทิตย์โดยรวมที่มาสู่อาคาร
3) รังสีที่สะท้อนจากพื้นดินและอาคารข้างเคียงซึ่งจะมากน้อยขึ้นกับทิศทาง สี ลักษณะพื้นผิว ฯลฯ

ปริมาณพลังงานความร้อนที่โลกได้รับมีค่าประมาณ 42 BTU / sq.ft.hr เมื่อพระอาทิตย์อยู่ตรงเหนือศีรษะและตกผ่านชั้นบรรยากาศที่บางที่สุด

ปริมาณ ทิศทางและความเร็วลม

ผู้ออกแบบสามารถใช้ลมช่วยในการปรับและควบคุมภาวะน่าสบายได้ โดยอาศัยข้อมูลดังนี้

1) ทิศทางของกระแสลมที่เกิดขึ้น
2) ความเร็วลม และความถี่ในการพัดผ่าน

ข้อมูลดังกล่าวแสดงใน Wind rose ซึ่งจะทำให้ผู้ออกแบบเห็นภาพรวมของการใช้ประโยชน์จากกระแสลม โดยกำหนดความเร็วลมที่ใช้ในการปรับเข้าสู่ภาวะน่าสบายต้องไม่น้อยกว่า 5 ไมล์/ชั่วโมง (8 กม.ต/ชั่วโมง)

ตารางที่ 2-2 : ความเร็วลมที่เคลื่อนที่เพื่อสร้างสภาวะที่พอเหมาะอยู่ระหว่าง 10-15 ฟุตต่อนาที

ความเร็วลมภายในห้องและสภาวะน่าสบาย		
ความเร็วลม (fpm)	ความเป็นไปได้ของความรู้สึกอุณหภูมิที่ลดลง	ผลที่อาจเกิดขึ้น
0-50	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึกน่าสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
50-100	ต่ำลง 2-3 F	สบาย
100-200	ต่ำลง 4-5 F	โดยทั่วไปรู้สึกสบายแต่รับรู้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ
200-300	ต่ำลง 5-7 F	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อยจนถึงรู้สึกถูกรบกวนได้
สูงกว่า 300	ต่ำลง 5-7 F	ต้องการแก้ไขที่ถูกต้อง

ลักษณะรูปร่างที่ตั้งโครงการ

ลักษณะรูปร่างมีผลต่อ Microclimate เนื่องจากอุณหภูมิอากาศจะเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงของที่ตั้งจากระดับน้ำทะเลและมีผลต่อการเคลื่อนตัวของอากาศที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของกระแสลมท้องถิ่นนั่นเอง

ต้นไม้และพืชพันธ์ต่าง ๆ

1) ช่วยลดอุณหภูมิโดยการดูดซึมปริมาณแสงอาทิตย์และอุณหภูมิผิวอาคารเนื่องจากการบังเงา
2) มวลต้นไม้ขนาดใหญ่สามารถเปลี่ยนทิศทางของกระแสลม ลด – เพิ่มความเร็วลม
3) การควบคุมผลกระทบด้านความร้อนที่ได้รับจากแสงแดด

แหล่งน้ำ

เนื่องจากน้ำมีค่า Specific Heat สูงทำให้บริเวณที่ตั้งรอบ ๆ แหล่งน้ำมีอุณหภูมิเย็นกว่าปกติ และช่วยลดการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิที่ขึ้นสูงสุดและต่ำสุด ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า "Evaporative Cooling"

ข) <u>ปัจจัยภายใน</u>

ตัวอาคารและระบบอาคาร (Building and Systems) หมายถึง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับอาคารและระบบของอาคาร ตัวแปรในกลุ่มนี้ ได้แก่ ระบบเปลือกอาคาร ระบบโครงสร้าง ระบบเครื่องกล ฯลฯ ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานนั้นผู้ออกแบบต้องแสวงหารูปแบบของอาคารและงานระบบต่างๆที่สอดคล้องกัน เพื่อให้ได้มาซึ่งอาคารที่ใช้พลังงานน้อยในทุก ๆ ด้าน

การพิจารณาความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร จากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้

- การนำความร้อนของผนังทึบ และการแผ่รังสีความร้อนของผนังกระจก
- ผู้ใช้อาคารและการใช้งาน (User and Operation) หมายถึง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับผู้ใช้อาคารและการควบคุมอาคาร ตัวแปรในกลุ่มนี้ ได้แก่ ประเภทของผู้ใช้อาคาร รูปแบบการใช้งานหรือลักษณะ

ของกิจกรรมต่าง ๆ กิจกรรมของผู้ใช้อาคาร ได้แก่ ความต้องการด้านการระบายอากาศ ความต้องการระดับการส่องสว่าง ความเป็นไปได้ในการจัดกลุ่มกิจกรรม เป็นต้น ตลอดจนตารางการใช้งาน และการควบคุมระบบต่าง ๆ ในอาคาร

- ระบบการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์
- อุปกรณ์ประกอบอาคารประเภทต่าง ๆ เช่น มอเตอร์ HVAC ปั๊มชนิดต่าง ๆ เป็นต้น
- การระบายอากาศและการรั่วซึมของอากาศ

2.2.2 ปัจจัยเชิงเศรษฐศาสตร์

คือ การศึกษาเปรียบเทียบแนวทางการปรับปรุงอาคารในแต่ละแนวทางเลือก ประกอบกับความเหมาะสมในการลงทุน เพื่อพิจารณาทางเลือกที่ให้ผลประโยชน์สูงสุดในการลงทุน โดยทำการศึกษาในเรื่องของ Cost Effective และระยะเวลาคืนทุน

2.3 ระบบเปลือกอาคาร (BUILDING ENVELOPE SYSTEM)

สามารถแบ่งระบบเปลือกอาคารได้ 2 ระบบ คือ

1) Heavy System
2) Light System

2.3.1 ระบบ Curtain Wall ในอาคารสูง

ระบบ Curtain Wall หมายถึง ระบบผนังอาคารเบาชนิดไม่รับน้ำหนักนอกจากน้ำหนักของตัวเอง แรงลมกรรโชก Dynamic Pressure เป็นต้น เป็นผนังเบาที่แขวนห้อยอยู่กับโครงสร้างหลัก โดยถ่ายน้ำหนักผ่านตัวยึดเกาะเข้าสู่โครงสร้าง ทุกชิ้นส่วนองค์ประกอบทำงานอย่างต่อเนื่อง เป็นระบบต่อเนื่องทั้งในแนวด้านข้างและโดยเฉพาะอย่างยิ่งในแนวดิ่ง

<u>การเลือกระบบเปลือกอาคารที่ใช้ผนัง Curtain Wall</u>

ปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ในการเลือกระบบเปลือกอาคารที่ใช้ผนัง Curtain Wall

- Comfort	สภาพความสบายของการใช้อาคาร
- Energy Consumption	ความสามารถในการประหยัดพลังงาน
- Daylight	การใช้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ
- Cost	ราคาของระบบที่เลือกใช้และการลงทุน
- Appearance	ความสวยงามและทนทานต่อสภาพแวดล้อม

<u>การป้องกันการถ่ายเทความร้อนของผนัง Curtain Wall</u>

การป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังใช้ Pressure Bar ออกจาก Mullion และมี Face Cover ครอบปิด Vinyl Spacer เป็นส่วนใหญ่ ระบบนี้มักจะเรียกกันว่า "Thermal Break"

<u>การป้องกันการถ่ายเทความร้อนของส่วนแผ่นผืน</u>

1) <u>ส่วนแผ่นผืนทึบ</u> จัดแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

- Veneer Type ประกอบด้วยเหล็กชุบเคลือบ หรืออลูมิเนียมชุบเคลือบ มีไส้และมีแผ่นประกับหลังซึ่งเคลือบสีสำเร็จ อาจจะบุฉนวนที่มีน้ำหนักเบา เช่น ใยแก้ว หรือใยหิน เป็นต้น
- Insulation Type ลักษณะเดียวกับแบบแรก แต่เพิ่มไส้และ Stabilizer ตรงกลางให้มีค่าความเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีขึ้น
- Sheet Type ส่วนมากเป็นแผ่นอลูมิเนียมที่มีความหนา ส่วนมากจะใช้ในบริเวณหน้าคานเพราะไม่ต้องมี Backing

2) <u>ส่วนแผ่นฝืนแบบใส</u> วัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นกระจก เนื่องจากระบบ Curtain Wall ยากแก่การติดตั้งที่กันแดด เพราะค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านเกิดจากความฝืดของผิว ความเร็วลมและรูปทรงของอาคารทำให้ผนังจะต้องรับน้ำหนักมากกว่าปกติ และถ้ามีที่กันแดดก็ไม่สามารถใช้ Gondola ทำความสะอาดระบบ Curtain Wall ได้ ดังนั้นการพัฒนาทางด้านค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา จึงมุ่งที่กระจกเป็นสำคัญ คือการพัฒนาโลหะบาง ๆ เคลือบเพื่อสะท้อนความร้อน เรียกว่า Reflective Coating หรือ Coating บนกระจกให้เป็น Heat Absorption ทำให้การผ่านของปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารน้อยลง

2.3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

<u>คุณสมบัติวัสดุเปลือกอาคาร</u>

เปลือกอาคาร หมายถึง ผนังอาคาร หลังคา และหน้าต่างที่ประกอบกันเป็นตัวอาคาร การออกแบบควรพิจารณาถึงการเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานของอาคารได้มากขึ้น อีกทั้งช่วยให้อาคารเข้าสู่ภาวะสบายได้ง่ายยิ่งขึ้น ในทางกลับกันถ้าไม่คำนึงถึงข้อนี้เลยอาคารนั้นจะใช้พลังงานสูงกว่าเดิม ดังนั้น*คุณสมบัติของวัสดุเปลือกอาคาร* (สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล, 2537) ที่สำคัญและนำมาพิจารณาประกอบการออกแบบปรับปรุงอาคาร ได้แก่

1) <u>ความจุความร้อนของผนัง</u> ผนังที่มีความจุความร้อนมากจะดูดและกักเก็บความร้อนไว้มาก ทำให้ความร้อนที่ไหลผ่านผนังเป็นไปในอัตราที่ช้าลง

2) <u>การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวผนังกับสภาพแวดล้อม</u> เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผนังกับวัสดุอื่น ๆ ก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้นโดยเฉพาะในรูปการแผ่รังสีความร้อน

3) <u>การถ่ายเทความร้อนของผนังให้อากาศโดยตรงด้วยพาความร้อน</u> การถ่ายเทความร้อนของผนังด้วย วิธีนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่พัดผ่านผิวและลักษณะของพื้นผิว

4) <u>ความสามารถในการดูดกลืนและกระจายความร้อนจากเปลือกอาคาร</u> โดยทั่วไปวัสดุจะมีค่า Surface Emission ค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 0.8 - 0.9 ซึ่งจะเพิ่มภาระการปรับอากาศของอาคาร ค่าการดูดกลืนความร้อนจะแปรตามความเข้ม - อ่อนของสีผิวอาคาร

5) <u>การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนัง</u> สามารถใช้กับอาคารที่มีการปรับอากาศตลอดเวลาในช่วงกลางวัน เช่น อาคารสำนักงาน เป็นต้น วัสดุที่มีมวลสารมาก ส่วนใหญ่จะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าวัตถุที่มีมวลสารน้อยกว่า

6) <u>สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุอาคาร</u> ปกติคำนวณได้จากปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารหรือออกจากอาคาร เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกกับภายใน มักใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุอาคารเป็นหลักในการพิจารณา

<u>การออกแบบเปลือกอาคารที่เหมาะสมในภูมิอากาศแบบเมืองไทย</u>

เพื่อให้เกิดผลดีที่สุดต่อการประหยัดพลังงาน ควรออกแบบโดยพิจารณาตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

1) <u>หลังคา</u>

การออกแบบหลังคาจะต้องคำนึงถึงการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ ที่จะถ่ายเทเข้าอาคารโดยการนำความร้อน โดยการเลือกวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง สามารถสะท้อนแสงอาทิตย์ได้ดี ทำให้อุณหภูมิของหลังคาลดลงด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

- *การใส่ฉนวนกันความร้อน* สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเข้าสู่อาคารได้โดยตรง ในกรณีที่มีแผ่นฟอยล์ที่มีผิวมันบุอยู่ผิวของแผ่นฟอยล์ช่วยสะท้อนรังสีความร้อนได้
- *การระบายอากาศใต้หลังคา* อาคารที่มีลักษณะเป็นจั่วสูงหรืออาคารที่มีช่องว่างอากาศใต้หลังคาเปรียบเสมือนฉนวนความร้อน และช่วยเพิ่มการระบายอากาศใต้หลังคาได้
- *การลดพื้นที่รับแสง* หรือหลีกเลี่ยงการรับแสงโดยตรงทำได้โดยอาศัยการบังเงาจากภายนอกอาคาร เช่น การปลูกต้นไม้ให้ร่มเงาแก่หลังคา การใช้อุปกรณ์บังแดดบังหลังคาหรือการใช้หลังคาสองชั้น ช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิผิวหลังคาด้านนอกและด้านใน

2) <u>ผนังอาคาร</u>

เป็นส่วนของกรอบอาคารอีกส่วนหนึ่งที่ความร้อนจากแสงอาทิตย์ สามารถถ่ายเทเข้าอาคารโดยการนำความร้อน อาคารขนาดเล็กจะได้รับผลกระทบจากการนำความร้อนผ่านผนังอาคารมากกว่าอาคารขนาดใหญ่ เนื่องจากพื้นที่ใช้งานของอาคารเล็กอยู่ใกล้กับผนังอาคารมากกว่าอาคารขนาดใหญ่

- *ควรเลือกวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูงมาใช้ทำผนังอาคาร* จะช่วยลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าอาคารได้มาก เช่น การใช้จาก ไม้หรือ การใช้ผนังเบา การเพิ่มช่องว่างอากาศ และการบุฉนวนกันความร้อนให้กับผนังอาคารที่มีประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนต่ำ วิธีนี้เป็นวิธีที่ช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนของอาคารให้สูงขึ้น
- *การใช้ประโยชน์จากมวลของผนัง (Thermal Mass)* สำหรับอาคารขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่ผนังอาคารหนามาก เช่น แกนอาคาร (Core) หรือช่องลิฟท์ควรจัดให้อยู่ในทิศที่ต้องรับแสงอาทิตย์ในช่วงบ่าย เช่น ทิศตะวันตก เนื่องจากผนังอาคารที่เป็นคอนกรีตหนามากจะต้านทานความร้อนได้ดี และสามารถหน่วงความร้อนที่ร้อนจัดในช่วงบ่ายไปไว้ในช่วงเย็นที่ไม่มีผู้ใช้อาคารได้ นอกจากนี้ในเวลากลางคืนยังสามารถคายความร้อนได้ดี หรือเก็บรักษาความเย็นไว้ได้มากกว่าจะช่วยลดความร้อนในเวลากลางวันได้อีกทางหนึ่งด้วย
- *การใช้สีอ่อนหรือวัสดุสะท้อนแสงกับผนังด้านนอกของกรอบอาคาร* เพราะสีอ่อนหรือสีโทนสว่าง เช่น สีขาว สีเขียวอ่อน สีเหลืองอ่อน และวัสดุสะท้อนแสงที่มีผิวมันเงา จะช่วยสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ได้ดี

3) <u>หน้าต่าง</u>

อาคารที่ต้องการออกแบบให้สวยงามโดยนิยมทำเป็นกระจกเกือบทั้งหลัง ควรเลือกกระจกที่เป็นชนิดกันรังสีความร้อนได้ ติดฟิล์มสะท้อนรังสีความร้อน หรือเป็นกระจกสองชั้นชนิดกันความร้อน เป็นต้น ควรป้องกันหน้าต่างไม่ให้ถูกแสงแดดกระทบโดยตรงด้วยการทำกันสาดหรือติดฟิล์มสะท้อนรังสีความร้อน

2.4 แนวทางการคำนวณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของอาคาร

2.4.1 แนวทางการประเมินการใช้พลังงานในอาคาร

ในการออกแบบปรับปรุงอาคาร จำเป็นต้องทราบรายละเอียดการใช้พลังงานในอาคารก่อน เนื่องจากการใช้พลังงานในอาคารสามารถแบ่งออกได้เป็นหลาย ๆ ส่วนโดยสามารถแบ่งอย่างง่าย เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศและระบบอื่นๆ ของอาคาร

การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่น ๆ ของอาคารจะขึ้นอยู่พื้นที่อาคารเป็นหลัก ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่อาคารและระบบต่าง ๆ ในการออกแบบแต่ละครั้ง การใช้พลังงานในส่วนนี้จะไม่เปลี่ยนแปลงตามรูปทรงอาคาร ส่วนการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลัก คือ *ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ และประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ* ซึ่งถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงประเภทของระบบปรับอากาศ ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศจะคงเดิม ดังนั้น การใช้พลังงานในส่วนนี้จะแปรผันตามภาระการทำความเย็นของระบบนั่นเอง

ภาระปรับอากาศของอาคารสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ภาระปรับอากาศที่เกิดจากความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร และภาระปรับอากาศที่เกิดจากความร้อนภายในอาคาร ได้แก่ ผู้ใช้อาคาร อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร เป็นต้น ดังนั้นหากไม่มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรดังกล่าว ตามรูปทรงอาคารที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นภาระปรับอากาศจะขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้องกับรูปทรง และวัสดุกรอบอาคารเป็นหลัก *ซึ่งถือว่าเป็นหน้าที่หลักของสถาปนิกผู้ออกแบบโดยตรง*

2.4.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการปรับอากาศ

การปรับอากาศ คือ การสร้างและคงไว้ซึ่งสภาวะอุณหภูมิ ความชื้น การไหลเวียนเวียนและความบริสุทธิ์ของอากาศ เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยเกิดความสบายหรือให้เหมาะสมกับวัสดุ หรือกระบวนการการภายในสถานที่ใดสถานที่หนึ่ง สามารถแบ่งการปรับอากาศในปัจจุบันได้ 2 ประเภท

- การปรับอากาศเพื่อการอุตสาหกรรม เพื่อคงไว้ซึ่งกระบวนการผลิตที่มีคุณภาพ และมีประสิทธิภาพ และมีอายุการใช้งานของเครื่องจักรที่ยาวนาน
- การปรับอากาศเพื่อความสบาย เพื่อให้มนุษย์สามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายได้ในปริมาณที่เหมาะกับกระบวนการภายในร่างกาย

2.4.3 ความละเอียดในการคำนวณการใช้พลังงาน

แนวทางการคำนวณการใช้พลังงานในอาคารขึ้นอยู่กับความละเอียดในการคำนวณ แบ่งได้เป็น 3 วิธี คือ

1) วิธี Degree Day

การใช้พลังงานในอาคาร คำนวณโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ยใน 1 วัน มีสมมติฐานว่า เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดทั้งวันเฉลี่ยมีค่าเท่ากับจุดสมดุลย์ (Balance Point) จะไม่มีความจำเป็นในการใช้ระบบปรับอากาศใน สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่มีความชื้นสูง ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงความชื้นในการพิจารณาหาจุดสมดุลย์ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยด้วย

2) วิธี Hour – by – Hour

การใช้พลังงานในอาคารโดยวิธีนี้เป็นวิธีที่ละเอียดและมีความแม่นยำมากที่สุด และมีความเหมาะสมในกรณีที่มีข้อมูลสภาพอากาศภายนอกไม่เหมือนกันในทุกช่วงเวลา และมีข้อมูลด้านต่าง ๆ ภายในอาคารที่เปลี่ยนไปตามช่วงเวลาซึ่งมีผลให้การใช้พลังงานในอาคารในแต่ละช่วงเวลา มีค่าไม่เท่ากัน ข้อมูลสภาพอากาศรายชั่วโมง ยังแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

- ได้จากการเก็บข้อมูลจริง ตลอดระยะเวลา 1 ปี ซึ่งอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณ
- ได้จากการคำนวณโดยอาศัยข้อมูลสภาพอากาศในหลาย ๆ ปี เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยในแต่ละเดือน

3) วิธี Bin

การคำนวณด้วยวิธีนี้จะช่วยลดความถี่ในการคำนวณลง โดยการนับความถี่ของช่วงเวลาที่มีสภาพอากาศภายนอก และการใช้อาคารที่เหมือนกันตลอดระยะเวลาที่พิจารณา และคำนวณการใช้พลังงานในสภาวะนั้น ๆ เพียงครั้งเดียวซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสม สำหรับกรณีที่มีข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการใช้พลังงานในอาคารที่ซ้ำกันในหลาย ๆ ช่วงเวลา

2.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศที่ใช้ในการคำนวณ

เนื่องจากการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศส่วนหนึ่ง มีผลมาจากสภาพอากาศภายนอก ซึ่งหากใช้ค่าสภาพอากาศเฉลี่ย (Average Weather Data) ของแต่ละช่วงเวลาในแต่ละเดือน ทำให้การคำนวณภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศมิใช่ค่าสูงสุดแท้จริง ดังนั้นเพื่อให้สามารถคำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุดตลอดปีได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีค่าสูงกว่า และต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาใช้ในการคำนวณ มีรายละเอียด ดังนี้

- <u>ข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ย</u> ใช้ข้อมูลสภาพอากาศจำนวน 100% ของทุก ๆ ชั่วโมงใน 1 เดือน มาหาค่าเฉลี่ย โดยใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศของทุกวันในแต่ละเดือน และนำไปคิดเป็นการใช้พลังงานในอาคารต่อไป
- <u>ข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ยสูงสุด</u> ใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีค่าสูงสุดเป็นจำนวน 1% ของข้อมูลทั้งหมดในแต่ละชั่วโมงใน 1 เดือน จากข้อมูลที่สภาพอากาศทั้งหมดเพื่อหาค่าเฉลี่ย
- <u>ข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ยต่ำสุด</u> ใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีค่าต่ำสุดเป็นจำนวน 1% ของข้อมูลทั้งหมดในแต่ละชั่วโมงใน 1 เดือนจากข้อมูลสภาพอากาศทั้งหมด เพื่อหาค่าเฉลี่ย

2.4.5 การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในอาคาร

<u>การคำนวณภาระการปรับอากาศ</u> (Cooling Load)

จากการวิเคราะห์ของ ASHRAE Fundamental hand book (SI) (1997) พบว่า การคำนวณภาระปรับอากาศ (cooling load) โดยวิธี CLTD / SCL / CLF มีรายละเอียดการคำนวณ ดังนี้

ก) <u>External Cooling Load</u> คือ ภาระปรับอากาศที่เกิดจากความร้อนภายนอกอาคารที่ผ่านระบบเปลือกอาคารเข้ามาภายในอาคาร ได้แก่ การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดจากการนำความร้อนผ่านผนัง หลังคาและกระจกช่องแสงของอาคาร สูตรการคำนวณดังนี้

- จากการนำความร้อนผ่านผนัง หลังคาและกระจกอาคาร

$$Q = U * A * CLTD$$

- จากการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจกช่องแสง

$$Q = A * SC * (SCL \text{ หรือ } SF)$$

- การถ่ายเทความร้อนผ่านฉากกั้นห้อง เพดานและพื้น

$$Q = U * A * (t_b - t_{rc})$$

โดยที่

q	=	ภาระปรับอากาศ (W)
U	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (W/m^2-K)
A	=	พื้นที่ผิวที่พิจารณา (m^2)
CLTD[1]	=	cooling load temperature diference (°C)
SC	=	shading coefficient ของวัสดุตัวกลาง
SCL	=	solar cooling factor
SF	=	solar heat gain factor
t_b	=	อุณหภูมิในส่วนที่ต่อเนื่องกับพื้นที่ปรับอากาศ (°C)
t_{rc}	=	อุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศ (°C)

ข) <u>Internal Cooling Load</u> คือ ภาระการปรับอากาศจากความร้อนภายในอาคารเปลือกอาคาร

- จากผู้ใช้สอยอาคาร

$$Q_{sen} = N * Sen.\ HG * CLF$$

$$Q_{lat} = N * Lat.\ HG * CLF$$

- จากระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ในอาคาร

$$Q = W * F_{ul} * F_{sa} * CLF$$

โดยที่

q	=	ภาระปรับอากาศ (W)
N	=	จำนวนผู้ใช้
CLF	=	cooling load factor เท่ากับ 1 เสมอ เมื่อมีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง หรือมีความหนาแน่นมาก

---

[1] ค่า cooling load temperature diference และค่า solar cooling factor (SCL) จะแปรตามละติจูดและช่วงเวลาในการใช้งานในอาคาร อาจจะใช้ค่าอุณหภูมิ TDeq และค่า SF แทนได้ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

W = watt input ของอุปกรณ์เครื่องใช้ หรือหลอดไฟฟ้า

F_{ul} = lighting use factor ของระบบการให้แสงสว่าง

F_{sa} = spacial allowence factor ของอุปกรณ์หรือหลอดไฟฟ้า[2]

ค) Ventilation & Infiltration Load คือ ภาระการปรับอากาศจากความร้อนที่เข้าสู่อาคารทั้งที่ตั้งใจ (การระบายอากาศ) และไม่ตั้งใจ (การรั่วซึมของอากาศ) สูตรคำนวณ ดังนี้

$$Q = 1.23 * V * \Delta T$$

$$Q = 3010 * V * \Delta W$$

$$Q = 1.20 * V * \Delta h$$

โดยที่ q = ภาระปรับอากาศ (W)

V = ความเร็วลม (L/S)

t_o, t_i = อุณหภูมิอากาศภายนอก / ภายใน ตามลำดับ (°C)

w_o, w_i = ปริมาณไอน้ำภายนอก / ภายใน (dry air) ตามลำดับ

h_o, h_i = enthalpy ภายนอก / ภายใน ตามลำดับ kj / kg

การคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศนั้น ขึ้นอยู่กับภาระทำความเย็นของระบบปรับอากาศในขณะนั้น ๆ และประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศที่เลือกใช้ในอาคาร ในการประเมินศักยภาพในการปรับปรุงระบบปรับอากาศ จะต้องมีการคำนวณหาค่าการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงอาคาร โดยที่ค่าการใช้พลังงานนี้จะถูกนำไปใช้ เพื่อประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อไป

1) หลักเกณฑ์ประกอบการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ ดังนี้

1.1) ทั่วไป

- ขณะบันทึกค่าต่าง ๆ อุณหภูมิภายในห้องหรืออุณหภูมิน้ำเย็นต้องอยู่ในช่วงใช้งาน ปกติ
- ขณะบันทึกค่าต้องแน่ใจว่าคอมเพรสเซอร์ทำงานเต็มพิกัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องรุ่นที่คอมเพรสเซอร์สามารถ Unload บางลูกสูบได้

1.2) เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็น 20 ตัน และน้อยกว่า

- บันทึกค่าพลังไฟฟ้า ให้บันทึกทั้งช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงานและหยุดทำงาน
- คำนวณหาโหลดแฟกเตอร์จากผลการบันทึก
- คำนวณหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยนำค่าพลังไฟฟ้าช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน คูณกับโหลดแฟกเตอร์ คูณกับจำนวนชั่วโมงใช้งานใน 1 ปี

1.3) เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็นขนาดมากกว่า 20 ตัน ถึง 100 ตัน

- บันทึกค่าพลังไฟฟ้าต่อเนื่องเป็นระยะเวลาในช่วง 1 รอบการทำงานใน 1 วัน

---

[2] สำหรับหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ใช้ค่าประมาณ 1.2 และหลอดไฟฟ้าอินแคนเดสเซนต์ใช้ค่าประมาณ 1

- คำนวณหาค่าโหลดแฟกเตอร์ของเครื่องปรับอากาศ จากผลการบันทึกค่าพลังไฟฟ้าต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง
- คำนวณหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าโดย นำค่าพลังไฟฟ้าช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน คูณกับโหลดแฟกเตอร์ คูณกับจำนวนชั่วโมงใช้งานใน 1 ปี

1.4) *เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็นขนาดมากกว่า 100 ตัน*

- บันทึกค่าพลังไฟฟ้าต่อเนื่องเป็นระยะเวลาในช่วง 1 รอบการทำงานใน 1 วัน ในกรณีที่ภาระทำความเย็นในแต่ละวันมีรูปแบบไม่คงที่ให้บันทึก 7 วัน
- คำนวณหาค่าโหลดแฟกเตอร์ของเครื่องปรับอากาศ จากผลการบันทึกค่าพลังไฟฟ้าต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง
- คำนวณหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าโดย นำค่าพลังไฟฟ้าช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน คูณกับ โหลดแฟกเตอร์ คูณกับ จำนวนชั่วโมงใช้งานใน 1 ปี

1.5) *สำหรับระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์* บันทึกค่าพลังไฟฟ้าของเครื่องส่งลมเย็น เครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน และหอระบายความร้อน (ถ้าเป็นระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ) แล้วนำไปคูณกับชั่วโมงทำงานใน 1 ปี เพื่อหาค่าการใช้พลังงานของแต่ละอุปกรณ์ แล้วนำไปรวมกับค่าการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศทั้งระบบ

2) <u>การคำนวณการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ</u>

เมื่อทราบทั้งภาระการทำความเย็นของระบบ และประสิทธิภาพของระบบแล้วจึงนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในขณะนั้น โดยใช้สูตร

การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ณ ขณะใด ๆ (วัตต์)	=	ภาระการทำความเย็นในขณะนั้น (วัตต์) * ค่ามาตราฐานการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ

นั่นคือ สามารถอนุมานได้ว่า ประสิทธิภาพของส่วนอื่น ๆ ของระบบปรับอากาศมีค่าคงที่ แต่ส่วนที่ทำให้ระบบปรับอากาศโดยรวมมีประสิทธิภาพเปลี่ยนแปลงไป คือ ส่วนทำความเย็นของระบบปรับอากาศนั่นเอง

3) <u>การคำนวณผลการประหยัดพลังงานในการปรับปรุงระบบปรับอากาศ</u> ใช้ขั้นตอนดังนี้

- คำนวณโหลดแฟกเตอร์ใหม่ (หลังการปรับปรุง) = (ขนาดทำความเย็นเก่า / ขนาดทำทำความเย็นใหม่) * โหลดแฟกเตอร์เก่า
- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง = kW หลังปรับปรุง * จำนวนชั่วโมงใช้งานในหนึ่งปี * โหลดแฟกเตอร์ใหม่

4) <u>การคำนวณผลการประหยัดเป็นเงิน</u>

- ค่าพลังงาน = (kWh ก่อนปรับปรุง - kWh หลังปรับปรุง) * ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

- ค่าความต้องการไฟฟ้า = (kW ก่อนปรับปรุง - kW หลังปรับปรุง)
  * ค่าความต้องการไฟฟ้า (บาทต่อ kW)
- ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าความต้องการไฟฟ้าที่นำมาใช้คำนวณ ต้องเป็นอัตราที่ใช้สำหรับอาคารประเภทนั้น ๆ ต้องสอดคล้องกับช่วงเวลาใช้งานของเครื่องปรับอากาศ และสอดคล้องกับลักษณะการใช้ไฟฟ้าของอาคาร (Electrical Load Profile)
- การตรวจวิเคราะห์หาความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของระบบปรับอากาศทั้งระบบ ต้องคำนึงถึงช่วงเวลาในการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องด้วย เช่น หากมีเครื่องปรับอากาศสองเครื่องเปิดใช้งานต่างเวลากัน ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดรวมจะใช้ความต้องการไฟฟ้าของสองเครื่องรวมกันไม่ได้

2.4.6 มาตรฐานการปรับอากาศภายในอาคาร

ก) ปริมาณและคุณภาพอากาศที่ใช้ในการปรับอากาศ

การกำหนดขีดความบริสุทธิ์ของอากาศในห้องที่ปรับอากาศ อาศัยการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาแทนที่อากาศภายในห้องที่อาจจะปนเปื้อนด้วยฝุ่นละออง ควัน กลิ่น และก๊าซที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างต่อเนื่อง เพื่อเจือจางสิ่งปนเปื้อน ในกรณีที่ภายในห้องไม่มีการสูบบุหรี่ควรจะป้อนอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าภายในห้องประมาณ 5 – 30 cfm / คน หากมีการสูบบุหรี่ควรป้อนอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าภายในห้องประมาณ 15 - 50 cfm / คน

ข) การวัดการใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็น (COP EIR และ EER)

- *ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ; Coefficient of Performance (COP)* เป็นอัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกไป ต่อปริมาณพลังงานของระบบโดยรวมที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนดังกล่าว โดยมีหน่วยของพลังงานเป็นหน่วยเดียวกัน (ASHRAE, 1993)

$$COP = \frac{\text{พลังงานความร้อนที่สามารถดึงออก (watt)}}{\text{พลังงานที่ต้องการเพื่อการดึงความร้อนออก (watt)}}$$

- *Energy Input Ratio (Energy Efficient Ratio : EIR)* เป็นส่วนกลับของ COP

$$EIR = \frac{\text{พลังงานที่ต้องการเพื่อดึงความร้อนออก(watt)}}{\text{พลังงานความร้อนที่เครื่องสามารถดึงออก (watt)}}$$

- *Energy Efficiency Ratio (EER)* อัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศต่อปริมาณพลังงานที่ใช้เพื่อการทำความเย็นดังกล่าว โดยมีหน่วยในการเปรียบเทียบที่ต่างกัน (ASHRAE, 1993)

$$EER = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/h)}}{\text{พลังงานที่ใช้ (watt)}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2-3 : การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความเย็นเป็นเครื่องปรับอากาศกับค่า EER ดังนี้

เบอร์	EER
1	6.6-7.6
2	7.6-8.6
3	8.6-9.6
4	9.6-10.6
5	10.6 ขึ้นไป

ค) ภาระการทำงานจริงของเครื่องปรับอากาศ ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารจะต้องมีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น ที่ภาระเต็มพิกัดหรือที่ภาระใช้งานจริงไม่เกินกว่าที่กำหนด โดยแยกตามชนิดเครื่องทำความเย็น 2 ประเภท คือ (กฎกระทรวง, พ.ศ.2538 : ออกตามความใน พ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535)

ตารางที่ 2-4 : เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

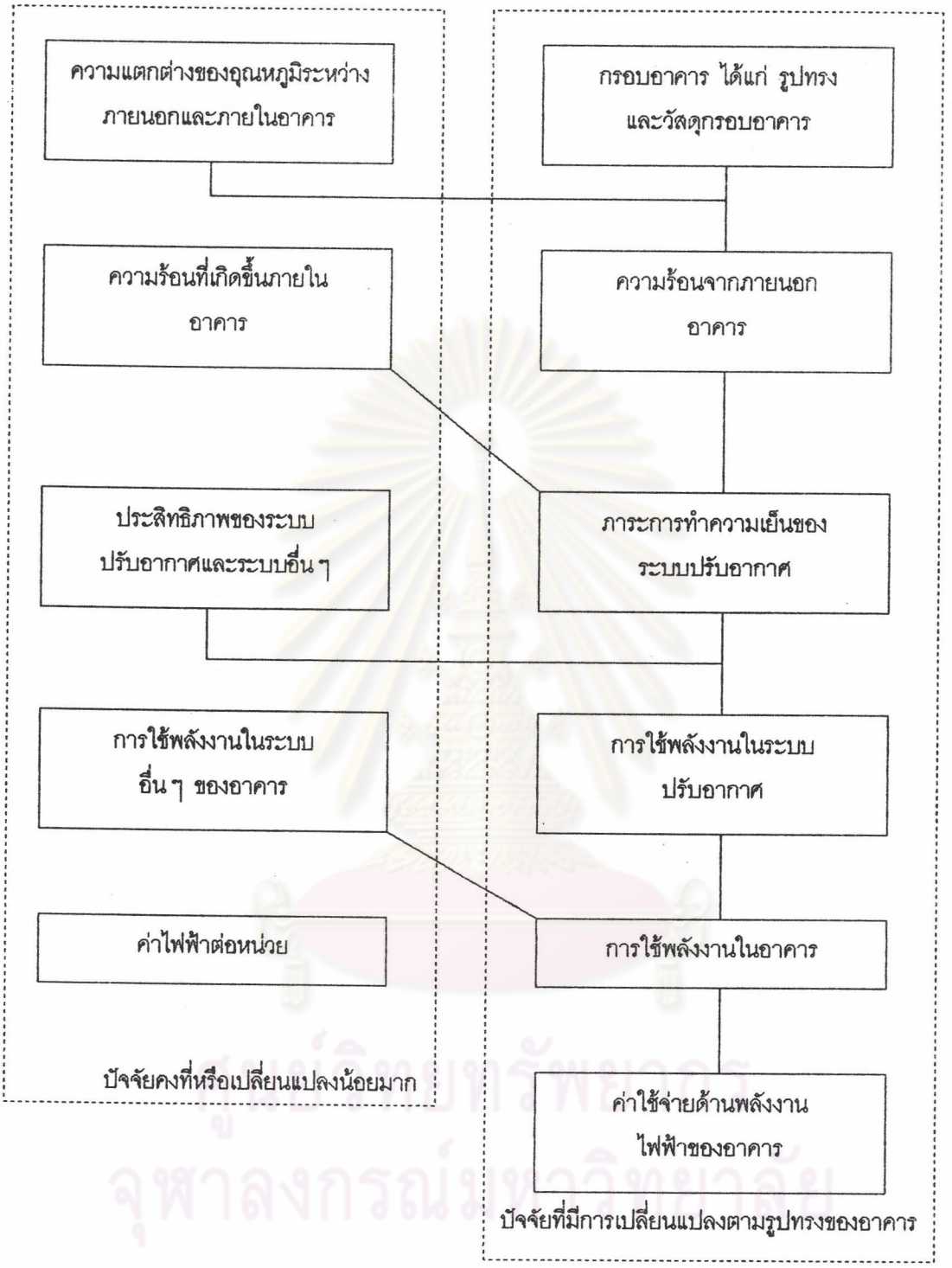
ชนิดส่วนทำความเย็น / เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ (กิโลวัตต์ / ตันความเย็น)	อาคารเก่า
1. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง		
- ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	0.75	0.90
- ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็นถึง 500 ตันความเย็น	0.70	0.84
- ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	0.67	0.80
2. ส่วนทำความเย็นแบบลูกสูบ		
- ขนาดไม่เกิน 35 ตันความเย็น	0.98	1.18
- ขนาดเกินกว่า 35 ตันความเย็น	0.91	1.10
3. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด	0.88	1.06
4. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู	0.70	0.84

ที่มา : พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม (พ.ศ.2538)

2.5 การคำนวณการใช้พลังงานของระบบอื่น ๆ ภายในอาคาร

2.5.1 **การใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง** สามารถคำนวณได้จากส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่
- พื้นที่อาคารในส่วนต่าง ๆ
- ค่าตัวประกอบการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง



แผนภูมิ 2-2 : ขั้นตอนการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าเบื้องต้นของอาคาร

การใช้พลังงานไฟฟ้าไฟฟ้าของระบบแสงสว่างสามารถคำนวณได้จากสูตร

การใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง ณ ขณะใด ๆ (วัตต์)	=	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อพื้นที่ (วัตต์/ตร.ม.) * ค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง * พื้นที่ (ตร.ม.)

2.5.2 **การใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร** สามารถคำนวณได้ ดังนี้

การใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ณ ขณะใด ๆ (วัตต์)	=	กำลังไฟฟ้าของระบบอื่นๆ ในอาคาร * ค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าของระบบอื่น ๆ (ASHRAE, 1993)

2.6 การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า

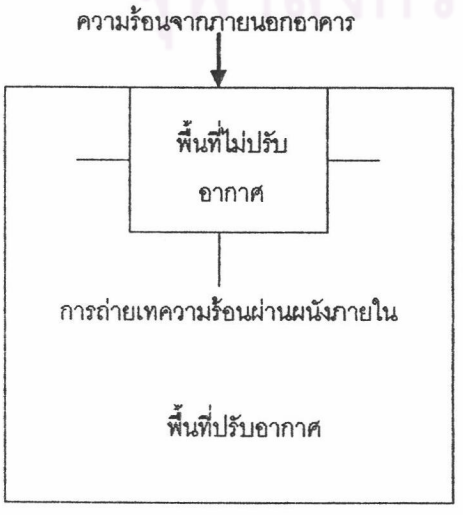
อาคารที่ประกอบกิจการขนาดใหญ่ ในการคำนวณค่าไฟฟ้าจึงใช้อัตราไฟฟ้าตามประเภทของกิจการเป็นพื้นฐาน กำหนดให้ใช้อัตราตามช่วงเวลาของการใช้พลังงาน (Time of Use : TOU Rate) เป็นอัตรารายเดือน โดยใช้สูตรการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า ดังนี้

ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าตลอดเดือน	=	(Demand Charge ในช่วงเวลาต่าง ๆ * พลังงานไฟฟ้าที่ใช้) + (Unit Cost * พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาต่าง ๆ) + ค่าบริการรายเดือน (บาท)

2.7 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคาร

ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ภาระการทำความเย็นที่เกิดจากความร้อนจากภายนอกอาคารที่*ถ่ายเทผ่านกรอบอาคาร* ขึ้นกับวัสดุกรอบอาคารเป็นหลัก จึงถือเป็นหน้าที่ของสถาปนิกผู้ออกแบบโดยตรง ส่วนภาระการทำความเย็นจากภายในอาคารนั้นสมมติให้มีค่าคงที่เมื่อทำการปรับปรุงอาคาร

สำหรับอาคารควบคุมตาม พ.ร.บ. อนุรักษ์พลังงาน โดยปกติจะมีพื้นที่เป็นบางส่วนที่ไม่ปรับอากาศรวมอยู่กับพื้นที่ปรับอากาศ ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร จึงอนุมานว่าพื้นที่ในอาคารเป็นพื้นที่ในอาคารเป็นพื้นที่ปรับอากาศทั้งหมด (ไม่รวมพื้นที่จอดรถหรือพื้นที่อื่นซึ่งไม่ปรับอากาศและมีพื้นที่ขนาดใหญ่) เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศได้ทางผนัง พื้น และเพดานเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งเป็นภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศในที่สุด



รูปที่ 2 – 1 : การถ่ายเทความร้อนจากพื้นที่ไม่ปรับอากาศสู่พื้นที่ที่มีการปรับอากาศ

2.7.1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุอาคาร

ก) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ใช้ประกอบการคำนวณเพื่อหาค่าการนำความร้อนของวัสดุใด ๆ ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทย์ฯ กำหนด

ข) ค่าการนำความร้อน (C) คือ อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนกับความหนาของวัสดุ ซึ่งคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$C = k / \Delta x$$

โดยที่ C = ค่าการนำความร้อนของวัสดุ

Δx = ค่าความหนาของวัสดุ

ค) ค่าความต้านทานความร้อน (R) คือ ส่วนกลับของค่าการนำความร้อน

ง) ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

- ที่ผิวด้านนอกของอาคาร
- ที่ผิวด้านในของอาคาร
- ที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศของผนัง หลังคาและเพดาน

2.7.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร ทั้งอาคารเก่าและอาคารใหม่ต้องมีค่าไม่เกิน 25 วัตต์ / ตร.ม. และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศต้องมีค่าไม่เกิน 45 วัตต์/ตร.ม. สำหรับอาคารใหม่ และ 55 วัตต์/ตร.ม. สำหรับอาคารเก่า

การคิดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารหรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ ให้คำนวณจากค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามขนาดพื้นที่ของผนังด้านนอกแต่ละด้านรวมกัน หรือ ส่วนของผนังด้านนอกแต่ละด้านรวมกันของส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ

1) <u>ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านนอกแต่ละด้านของอาคาร</u> ($OTTV_i$)

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

โดยที่ $OTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา

U_w = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ

WWR = อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างและ/หรือผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านนั้น ๆ

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ

SC = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง

SF = ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์

U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก/ผนังโปร่งแสง

ΔT = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (ปกติใช้ที่ 10 องศาเซลเซียส)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) <u>ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกทั้งหมดของอาคาร</u> (หรือ OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน โดยใช้สมการดังนี้

$$OTTV = \frac{(A_1)(OTTV_1) + (A_2)(OTTV_2) + (A_3)(OTTV_3) + \ldots\ldots\ldots + (A_n)(OTTV_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \ldots\ldots\ldots + A_n}$$

โดยที่

OTTV	=	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร
A_1	=	พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณาด้านที่ 1
$OTTV_1$	=	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณาด้านที่ 1
A_n	=	พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณาด้านที่ n
$OTTV_n$	=	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณาด้านที่ n

3) <u>ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแต่ละด้านของอาคาร</u> ($RTTV_i$)

$$RTTV_i = U_r(1\text{-}SSR)TD_{eq} * SC\ (SSR)\ SF * U_s(SSR)\ \Delta T$$

โดยที่

$RTTV_i$	=	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้านที่พิจารณา
U_r	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนทึบ
SSR	=	อัตราส่วนพื้นที่ของช่องรับแสงธรรมชาติต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคา
TD_{eq}	=	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารที่รวมถึงการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคาทึบ
SC	=	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง
SF	=	ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์
U_r	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือส่วนที่เป็นหลังคาโปร่งแสง
ΔT	=	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (ปกติใช้ที่ 10 องศาเซลเซียส)

4) <u>ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้านนอกทั้งหมดของอาคาร</u> (RTTV)

$$RTTV = \frac{(A_1)(RTTV_1) + (A_2)(RTTV_2) + (A_3)(RTTV_3) + \ldots\ldots\ldots + (A_n)(RTTV_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \ldots\ldots\ldots + A_n}$$

โดยที่

RTTV	=	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A_1 = พื้นที่ทั้งหมดของหลังคาด้านที่พิจารณาด้านที่ 1

$RTTV_1$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้านที่พิจารณาด้านที่ 1

A_n = พื้นที่ทั้งหมดของหลังคาด้านที่พิจารณาด้านที่ n

$RTTV_n$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้านที่พิจารณาด้านที่ n

2.8 การพิจารณาเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนในอาคาร

ฉนวนกันความร้อน หมายถึง วัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ง่าย และการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นได้ เมื่อคุณหภูมิของวัตถุทั้งสองมีความแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะการถ่ายเทความร้อนนั้นมี 3 วิธี โดยอาจเกิดขึ้นจากวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลาย ๆ วิธีพร้อมกัน ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

ฉนวนกันความร้อนเป็นวัสดุที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่สำคัญ เนื่องจากฉนวนกันความร้อนมีคุณสมบัติในการสกัดกั้นการส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ เพื่อให้ภายในอาคารมีสภาพเหมาะสมต่อการอยู่อาศัย และเกิดภาวะความสบาย จึงต้องลดความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคาร การใช้ฉนวนกันความร้อนสำหรับประเทศไทยจึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารเป็นสำคัญ

2.8.1 การถ่ายเทความร้อนภายในฉนวน (ตระการ ก้าวกสิกรรม, 2537) แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

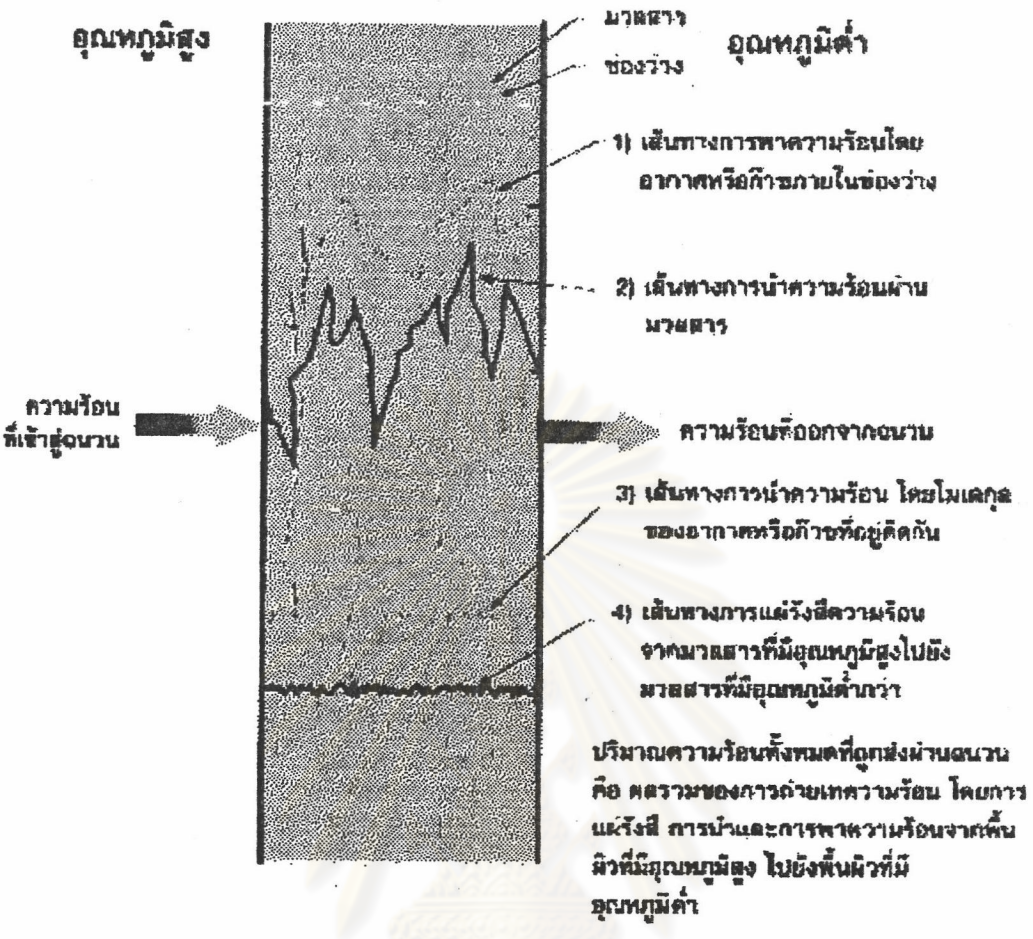
- <u>การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนในลักษณะที่เป็นมวล</u>

ความร้อนไหลจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่จุดที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จากรูปความร้อนจะถ่ายเทจากผิวทางด้านซ้ายไปขวา ผ่านฉนวนที่เต็มไปด้วยช่องอากาศทำให้อัตราการไหลช้าลง และทำให้เส้นทางการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนลดลงอีกด้วย

การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนให้ถูกต้อง จำเป็นต้องเข้าใจถึงกลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวนกันความร้อนแต่ละประเภทก่อน ฉนวนกันความร้อนโดยทั่วไปเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยช่องโพรงเล็ก ๆ และช่องอากาศภายในวัสดุที่มีลักษณะเป็นแบบปิดทึบ เรียกว่า *"ฉนวนมวลสาร"*

เมื่อพิจารณากระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในฉนวน ที่ค่าความหนาแน่นค่าหนึ่ง สภาพการนำความร้อนปรากฏที่เกิดขึ้นจะลดลงได้ เนื่องจากการพาความร้อนโดยอากาศภายในฉนวนกันความร้อนนั้นลดลง เพราะการลดขนาดของช่องอากาศระหว่างเซลล์ของเส้นใยที่ทำให้อากาศภายในฉนวนกันความร้อนหยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่จนมีสภาพเป็นฉนวนกันความร้อนอย่างดี และเมื่อความหนาแน่นของวัสดุเพิ่มขึ้น การแผ่รังสีตามทิศทางการเคลื่อนที่ของความร้อนที่ลดลง เนื่องจากผลของอุณหภูมิที่เส้นใยติดกันมีค่าใกล้เคียงกันจนกระทั่งเมื่อเส้นใยหรือเซลล์ต่อเชื่อมจนเป็นเนื้อเดียวกันจะเกิดการนำความร้อนขึ้นภายในวัสดุจนถึงจุดที่การแผ่รังสีมีค่าน้อยกว่า การนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น สภาพการนำความร้อนปรากฏจะเริ่มเพิ่มขึ้น

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในการใช้ฉนวนมวลสาร จะมีค่าความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้ผลิตเป็นฉนวนจะมีค่าเหมาะสมเพียงค่าหนึ่งเท่านั้น และฉนวนกันความร้อนที่ดี ควรมีสภาพการนำความร้อนปรากฏต่ำสุด



รูปที่ 2-6 : การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนในลักษณะที่เป็นมวล

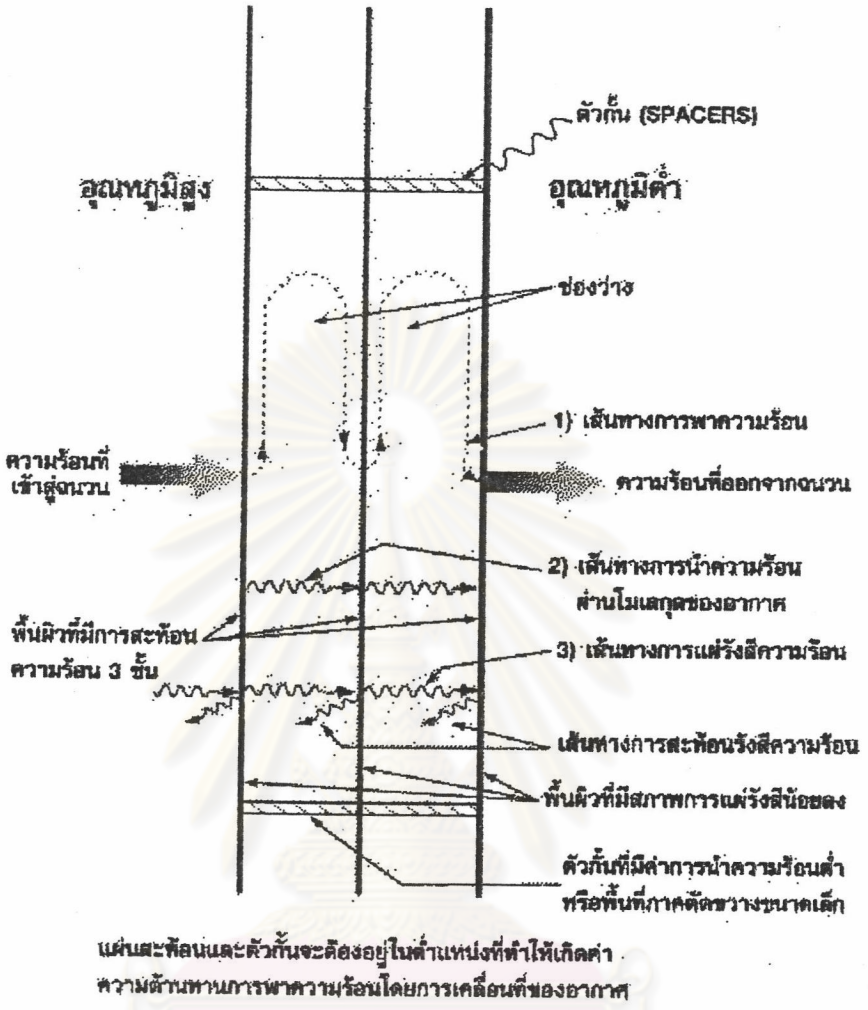
ที่มา : การใช้ฉนวน, กรมพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2542)

- <u>การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนในลักษณะที่เป็นผิวสะท้อนแสง</u>

คือ การทำให้เกิดการสะท้อนรังสีความร้อนไปมาระหว่างผิวสองด้าน โดยคุณสมบัติที่สำคัญของแผ่นวัสดุจะต้องมีค่าสภาพแผ่รังสี และดูดกลืนรังสีต่ำเป็นหลัก ส่วนช่องว่างระหว่างแผ่นกั้นเหล่านี้จะต้องก่อให้เกิดสภาพการนำความร้อนและการพาความร้อนน้อยที่สุด โดยการทำให้ช่องว่างเหล่านี้เป็นสูญญากาศ

ฉนวนกันความร้อนอยู่ระหว่างแผ่นสะท้อนรังสีความร้อน โดยมีกระบวนการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้น ส่วนใหญ่ทำจากอลูมิเนียมหรือเหล็กปลอดสนิม

การไหลของความร้อนผ่านฉนวนประเภทสะท้อนความร้อน 3 ชั้น ซึ่งประกอบด้วยการถ่ายเทความร้อน 3 รูปแบบ คือ การพาความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของอากาศ หรือก๊าซภายในช่องว่าง การนำความร้อนผ่านโมเลกุลของอากาศ และการแผ่รังสีความร้อนจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงไปยังพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า แผ่นสะท้อนและตัวกั้น จะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้เกิดค่าความต้านทานการพาความร้อน โดยการเคลื่อนที่ของอากาศ



รูปที่ 2-7 : การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนในลักษณะที่เป็นผิวสะท้อนแสง

ที่มา : การใช้ฉนวน, กรมพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2542)

2.8.2 การจัดประเภทของฉนวน

- *ฉนวนแบบแผ่นแข็ง* ได้แก่ โพลิสไตรีน, โพลียูรีเทน, โพลีไอโซไซยาเรตและเพอร์ไลต์ สามารถใช้ได้กับทุกส่วนของอาคาร
- *ฉนวนใยแร่* ผลิตจากหิน เศษโลหะ หรือแก้ว ผลิตภัณฑ์ที่ประดิษฐ์จากเศษโลหะ บางครั้งเรียกว่า Rock Wool หรือ Mineral Wool ลักษณะเป็นแผ่นแข็ง กึ่งแผ่นแข็ง แบบคลุมหรือเส้นใยอัดเป็นแผ่น ๆ เป็นต้น
- *ฉนวนลูสฟิลล์* ได้แก่ โพริง เวอร์มิคูไลท์ และเซลลูโลสอิก ไฟเบอร์ เป็นต้น
- *ฉนวนโฟมฉีดในที่* ใช้สำหรับฉีดพ่นในสถานที่ที่ต้องการใช้งานเลย ได้แก่ โพลีไอโอโซไซยานูเรต

- *กระจกฉนวนความร้อน* เป็นกระจก 2 ชั้น ถูกคั่นโดยอากาศแห้งระหว่างกระจกซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากด้านใดด้านหนึ่งของกระจก

2.8.3 การพิจารณาเลือกใช้ฉนวนและมวลสาร

ในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดทางหนึ่ง คือ การเลือกใช้วัสดุที่สามารถกันความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร นั่นคือ มีค่าความต้านทานความร้อนสูง สามารถสรุปข้อควรพิจารณาดังนี้

1) รูปแบบทางกายภาพ

รูปแบบฉนวนปัจจุบันมีให้เลือกใช้หลายแบบ เช่น แบบคลุมห่อ แบบแผ่น แบบพ่น แบบฉีด เป็นต้น การเลือกใช้ฉนวนจึงควรคำนึงถึงเรื่องการใช้งาน ตำแหน่งที่ติดตั้ง ค่าใช้จ่าย และความแข็งแรงคงทนของฉนวน

2) ความหนาแน่นและความจุความร้อน

ฉนวนกันความร้อนที่มีคุณภาพดี จะมีความหนาแน่น และความจุความร้อนที่เหมาะสมที่สุดเพียงค่าเดียวเท่านั้น ซึ่งฉนวนแต่ละชนิดจะมีค่าดังกล่าวแตกต่างกันออกไป ข้อมูลเหล่านี้จะได้จากผู้ผลิต

3) อุณหภูมิของการใช้งานที่เหมาะสม

เนื่องจากฉนวนแต่ละชนิดจะมีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิในการใช้งานที่แตกต่างกัน การแบ่งระดับของอุณหภูมิในการใช้งานของฉนวนอาจทำได้ ดังนี้

- ฉนวนสำหรับช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ -270 ถึง 100 องศาเซลเซียส ได้แก่ กลาสโฟม เซลลูโลสโฟม
- ฉนวนสำหรับช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 100 ถึง 500 องศาเซลเซียส ได้แก่ แคลเซียมซิลเกต กลาสโฟม ใยแร่ ฟอยล์ เป็นต้น

4) การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

การขยายตัวของฉนวนอาจทำให้ประสิทธิภาพการกันความร้อนเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการเลือกใช้ฉนวนที่ดีควรพิจารณาช่วงอุณหภูมิใช้งานให้ตรงความต้องการ

5) ความสามารถในการต้านทานความร้อน

สามารถสังเกตได้จากค่าความต้านทานความร้อน โดยฉนวนที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูงจะกันความร้อนได้ดี ตัวอย่างฉนวนที่กันความร้อนได้ดี เช่น โฟมโพลียูรีเทนและโฟมโพลีสไตรีน

6) ความสามารถในการต้านทานความชื้น

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับประเทศร้อนชื้น โดยเฉพาะอาคารที่มีการปรับอากาศ จากผลการศึกษาสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย ซึ่งมีความชื้นสูงเกือบตลอดเวลา ทำให้การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่สูญเสียไปกับการลดความชื้น ดังนั้นการกันความชื้นจึงไม่ใช่ปัจจัยที่ถูกมองข้ามอีกต่อไป วัสดุสำหรับกันความชื้นปัจจุบัน เช่น แผ่นอลูมิเนียม ฟอยล์ แผ่นโพลีเอทิลีน แผ่นพีวีซี เป็นต้น

7) ความต้านทานต่อแรงอัด

ควรพิจารณาเพื่อให้เกิดความคงทนแข็งแรง และมีอายุการใช้งานยาวนาน โดยเฉพาะในส่วนที่ต้องรับแรงอัดสูง เช่น ฉนวนพื้น ฉนวนที่ขอบประตู – หน้าต่าง ฉนวนท่ออุปกรณ์อาคาร เช่น ฉนวนประเภทโฟมและโพลิเมอร์ เป็นต้น

8) ความแข็งแรงทางกล

ความแข็งแรงทางกล หมายถึง ความสามารถของฉนวนในการทนทานต่อแรงต่าง ๆ หลายรูปแบบ คือ

- การรับน้ำหนักและแรงอัด
- ความต้านทานต่อแรงดึงและแรงเฉือน
- ทนต่อการกระแทก และการสั่นสะเทือน
- ทนต่อการบิดงอได้

ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวขึ้นกับองค์ประกอบ ความหนาแน่น ขนาดของเซลล์ ขนาดและการจัดเรียงตัวของเส้นใยของฉนวน ชนิดและปริมาณของตัวประสาน อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมในการใช้งาน เป็นต้น

9) การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาเป็นสิ่งที่แสดงถึงค่าใช้จ่ายภายหลังที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งต้องพิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อให้เกิดความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์

2.9 เทคโนโลยีของวัสดุกระจก

สามารถแบ่งตามกระบวนการผลิตด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เพื่อตอบสนองการใช้งานที่ต่างกันกัน ดังนี้

1) กระจกธรรมดา (FLOAT GLASS)
2) กระจกอบความร้อน (HEAT TREATED GLASS)
3) กระจกเคลือบผิว (SURFACE COATED GLASS)
4) กระจกดัดแปลง (PROCESSED GLASS)

2.9.1 กระจกธรรมดา (FLOAT GLASS)

1) *กระจกใส* คือ กระจกโปร่งแสงที่สามารถมองผ่านได้อย่างชัดเจน และให้ภาพสะท้อนที่สมบูรณ์ไม่บิดเบี้ยว ยอมให้แสงผ่านประมาณ 75 -92%[3] ของแสงที่ตกกระทบขึ้นกับความหนาของกระจก

กระจกอบความร้อน (HEAT TREATED GLASS)

<u>คุณสมบัติ</u>

- มองเห็นจากภายนอกได้ชัดเจน
- ตัดแสงได้ประมาณ 8% สำหรับกระจกหนา 12 มม. และมากขึ้นเมื่อเพิ่มความหนากระจก
- มีค่าการสะท้อนแสงประมาณ 7%
- ผิวกระจกไม่ร้อนเพราะการจกดูดกลืนความร้อนต่ำ

<u>ข้อพิจารณาในการใช้งาน</u>

- แสงที่ผ่านเข้ามากลายเป็นความร้อน ไม่สามารถระบายความร้อนออกไปได้ จนกว่าอุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอก

---

[3] ข้อมูลจากบริษัทไทย – เยอรมัน ดเปเชียลตี้กลาส จำกัด

- เหมาะกับงานประเภทแสดงสินค้าไม่เหมาะกับส่วนที่ต้องการความเป็นส่วนตัว
- เหมาะสำหรับห้องที่ต้องการจะเห็นทัศนียภาพภายนอกอาคาร

2) กระจกสี หรือเรียกว่ากระจกดูดกลืนความร้อน ผสมด้วยโลหะออกไซด์เข้าไปในส่วนผสมทำให้มีสีสัน ปริมาณแสงแดดที่ผ่านกระจกขึ้นกับสีที่ใช้ ความเข้มของสีและความหนาของกระจก

<u>คุณสมบัติ</u>

- ผิวกระจกร้อนเนื่องจากมีการเติมโลหะออกไซด์ซึ่งมีตัวดูดกลืนความร้อน
- ช่วยตัดแสงไม่ให้เข้ามาในอาคารได้ เนื่องจากสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำกว่ากระจกใส
- ช่วยลดความจ้าของแสงที่ผ่านกระจกสี ทำให้ได้แสงที่นุ่มนวล และเกิดความสบายตาในการมอง
- อาจทำให้เห็นภาพที่อยู่ด้านหลังกระจกผิดไปจากความเป็นจริงทั้งรูปร่างและสีสัน

<u>ข้อพิจารณาในการใช้งาน</u>

- ไม่ควรให้ลมเย็นเป่ากระทบผิวกระจกโดยตรง
- ไม่ควรติดม่านที่หนาทึบ / วางสิ่งของชิดกระจก เพราะกระจกไม่สามารถถ่ายเทความร้อนได้สะดวก
- ไม่ควรทาสีหรือติดแผ่นกระดาษใด ๆ บนกระจก

2.9.2 กระจกอบความร้อน (HEAT TREATED GLASS)

คือ กระจกที่นำไปอบด้วยความร้อนสูงเพื่อให้แข็งแกร่งมากขึ้น แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1) กระจกนิรภัยเทมเปอร์ ใช้หลักการเดียวกับคอนกรีตอัดแรงในการเพิ่มความแกร่งให้กับกระจก (มากกว่าถึง 4 เท่า) โดยการให้ความร้อนและทำให้ผิวกระจกเย็นตัวอย่างรวดเร็วโดยการเป่าลมเย็น

<u>คุณสมบัติ</u>

- การต้านทานน้ำหนักคงที่ซึ่งเกิดจากลม ร่างกายมนุษย์หรือแรงดันน้ำดีกว่ากระจกธรรมดา 3 ถึง 5 เท่า
- การต้านทานน้ำหนักกระแทก เนื่องจากการชนดีกว่ากระจกธรรมดาถึง 4 เท่า
- ความปลอดภัยจากการโดนกระจกบาดมีน้อยเนื่องจากกระจกจะแตกเป็นเม็ดเล็ก ๆ

<u>ข้อพิจารณาในการใช้งาน</u>

- จุดอ่อนของกระจกนิรภัย คือแรงที่กระทำเป็นจุดหากมีการกระแทกโดยวัตถุที่มีมุมแหลม จะทำให้เกิดการตัดลึกเข้าไปภายในผิวกระจกและทำลายสมดุลย์ของแรงในตัวกระจกได้
- ส่วนของกระจกที่มีการเจาะรู หรือทำเครื่องหมายใด ๆ จะเปราะบางกว่าส่วนอื่น ๆ
- มีความเป็นคลื่นมากกว่ากระจกธรรมดา%%%

2) กระจกฮีทสเตรนเทนต์ คล้าย ๆ กับกระจกนิรภัยเทมเปอร์ แต่กระจกชนิดนี้จะปล่อยให้เย็นตัวเองอย่างช้า ๆ ความแข็งแกร่งจึงน้อยกว่ากระจกนิรภัยแบบแรก

<u>คุณสมบัติ</u>

- เป็นกระจกกึ่งนิรภัย สามารถรับแรงอัดของลมได้ดีกว่ากระจกธรรมดาที่มีความหนาเท่ากัน

- เหมาะสำหรับการป้องกันการแตกของกระจกจากความร้อน
- ลักษณะการแตกของกระจกจะแตกเหมือนกับกระจกธรรมดา

ข้อพิจารณาในการใช้งาน

- ใช้กับที่ที่มีความร้อนสะสมสูงกว่าปกติ เช่น หน้าคาน เป็นต้น
- ใช้กับผนังอาคารและหน้าต่างที่มีแรงอัดของลมสูง
- ใช้กับสถานที่ที่ต้องการใช้กระจกที่มีความแข็งแรงและปลอดภัยสูงกว่ากระจกธรรมดา

2.9.3 **กระจกเคลือบผิว** (SURFACE COATED GLASS)

คือ กระจกใสที่นำไปผ่านกระบวนการเคลือบโลหะบนผิวกระจก เพื่อให้เกิดการสะท้อนแสงและความร้อนจากแสงอาทิตย์ คุณสมบัติของกระจกเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน คือ กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ค่าการสะท้อนแสง และค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแดดยิ่งต่ำ ความสามารถในการประหยัดพลังงานจะเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ได้แก่

1) กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ (SOLAR REFLECTIVE GLASS) คือ กระจกธรรมดาที่เคลือบโลหะออกไซด์ มีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงค่อนข้างสูง ความโปร่งแสงค่อนข้างน้อย

คุณสมบัติ

- ลดปริมาณรังสีอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคารได้
- ช่วยลดความจ้าของแสงที่ผ่านเข้าสู่อาคาร ทำให้เกิดความสบายตา
- สร้างความเป็นวนตัวให้กับผู้ใช้อาคารได้มากกว่ากระจกธรรมดา

ข้อพิจารณาในการใช้งาน

- การตัดกระจกควรมีการป้องกันผิวด้านที่เคลือบไว้ไม่ให้มีรอยขีดข่วน
- เมื่อมีการบิ่นหรือแตกบริเวณขอบกระจกควรลบคมให้เรียบร้อยเพื่อกันการแตกทั้งแผ่นกระจก
- ป้องกันอย่าให้ซีเมนต์ติดบนกระจก เพราะอาจทำลายสารเคลือบผิวกระจกได้
- ด้านที่เคลือบควรติดตั้งไว้ด้านในเสมอ
- หลีกเลี่ยงการเป่าลมเย็นลงบนกระจกโดยตรง

คุณสมบัติเปรียบเทียบระหว่างกระจกสะท้อนแสงที่เคลือบ 2 ระบบ

Magnetic Sputtering Process Soft Coating	Pyrolytic Deposition Process Hard Coating
1. เป็นกระบวนการเคลือบกระจกแบบ off – line แยกจากกระบวนการผลิตกระจกแผ่น	1. เป็นกระบวนการเคลือบกระจกแบบ on – line ทำการเคลือบกระจกอยู่ในกระบวนการผลิตกระจกแผ่น
2. ในกรณีที่ต้องการทำเป็นกระจก temper หรือ heat strengthened ต้องทำก่อนที่จะนำกระจกไปเคลือบ	2. สามารถนำกระจกสะท้อนแสงที่เคลือบแล้วไปผ่านกระบวนการผลิตกระจก temper หรือ heat strengthened ได้
3. สีของกระจกมีให้เลือกมากมาย เนื่องจากโลหะออกไซด์ที่ใช้เคลือบมีมากชนิด	3. สีของกระจกมีให้เลือกน้อย เนื่องจากโลหะออกไซด์ที่มีจำกัด
4. ความคงทนต่อรอยขีดข่วนน้อยกว่า	4. ความคงทนต่อรอยขีดข่วนมากกว่า

Magnetic Sputtering Process Soft Coating	Pyrolytic Deposition Process Hard Coating
5. การติดตั้งจำเป็นต้องนำด้านที่เคลือบไว้ภายในอาคารทั้งหมด	5. การติดตั้งสามารถนำด้านที่เคลือบออกภายนอกหรือหันเข้าด้านในอาคารก็ได้
6. การประหยัดพลังงานมากกว่า	6. การประหยัดพลังงานน้อยกว่า
7. ราคาจำหน่ายแพงกว่า	7. ราคาจำหน่ายถูกกว่า

2) กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ (LOW – E GLASS) คือ กระจกที่มีการเคลือบสารโลหะเงินบริสุทธิ์เพื่อให้มีค่าการคายรังสีความร้อนต่ำ ลักษณะโปร่งใสไม่ทึบแสง

<u>คุณสมบัติ</u>

- ป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกได้ดี
- ยอมให้แสงผ่านกระจกได้มากกว่ากระจกสะท้อนแสง
- ช่วยสะท้อนรังสีอัตราไวโอเลตได้บางส่วน
- ช่วยลดความจ้าของแสงที่เข้าสู่อาคารได้

<u>ข้อพิจารณาในการใช้งาน</u>

- สามารถที่เคลือบเมื่อโดนขีดข่วนจะเสียหายได้ จึงควรหันกระจกด้านที่ฉาบสารไว้ด้านนอก (ให้ด้านที่เคลือบสารที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำอยู่ในช่องว่างระหว่างชั้นกระจก)
- การบรรจุก๊าซเฉื่อยในช่องว่างระหว่างกระจกช่วยเพิ่มความเป็นฉนวนได้ดี

2.9.4 กระจกดัดแปลง (PROCESSED GLASS)

คือ กระจกที่นำมาดัดแปลงด้วยกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองการใช้งานที่ต่างกันไป

1) กระจกฉนวนกันความร้อน (INSULATION GLASS) คือ กระจก 2 แผ่นที่ถูกคั่นด้วยอากาศแห้งที่เกิดจากการดูดความชื้นของสารดูดความชื้นในตัวขอบอลูมิเนียม เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะไม่มีผลกระทบต่อความสามารถในการเป็นฉนวนของอากาศแห้ง

<u>คุณสมบัติ</u>

- ป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก ทำให้ลดภาระปรับอากาศลงได้ส่วนหนึ่ง
- ช่วยลดเสียงรบกวนจากภายนอกได้ดีกว่ากระจกธรรมดา
- สามารถรับแรงอัดของลมได้เพิ่มขึ้น
- ให้ความปลอดภัยมากขึ้น ในกรณีที่ใช้กระจกนิรภัยเป็นกระจกฉนวนกันความร้อน

<u>ข้อพิจารณาในการใช้งาน</u>

- ควรใช้ซิลิโคนสำหรับกระจกที่เป็นโครงสร้างเท่านั้น
- การหักงอของอลูมิเนียมสเปเซอร์ หรือสารเคมีที่ใช้ในการเชื่อมกระจกมีผลต่อศักยภาพเป็นฉนวน

2) *กระจกฮีตมิเรอร์* (HEAT MIRROR) เป็นระบบกระจก 2 ชั้นที่เคลือบสารที่มีสภาพการแผ่รังสีความร้อนต่ำ 2 ด้านของฟิล์มที่อยู่ระหว่างช่องว่างอากาศ ทำให้ช่องอากาศนั้นเป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีนั่นคือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกอาจมีค่าต่ำถึง 1.4 วัตต์ / ตารางเมตร

<u>คุณสมบัติ</u>

- สะท้อนความร้อนได้ประมาณ 80% ทำให้ความร้อนที่เข้ามาในอาคารมีปริมาณลดลง
- ยอมให้แสงสว่างผ่านเข้ามาได้ดี ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ
- ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้โดยการสะท้อนออกไปได้ประมาณ 98%

3) *กระจกฮีตสต๊อบ* (HEAT STOP) เป็นกระจก 2 ชั้นประกอบขึ้นด้วยกระจกสะท้อนแสงที่เคลือบสารที่มีคาการแผ่รังสีต่ำเป็นกระจกด้านนอกและกระจกด้านในใช้กระจกใส สารที่เคลือบสามารถป้องกันความร้อนอินฟราเรดให้ผ่านเข้ามาได้เพียง 5% ช่องว่างตรงกลางบรรจุด้วยก๊าซอาร์กอน ซึ่งเป็นก๊าซเฉื่อยจึงมีค่าการนำความร้อนต่ำ

<u>คุณสมบัติ</u>

- กระจกสามารถสะท้อนความร้อนไม่ให้เข้าสู่อาคาร และยอมให้ความร้อนส่งผ่านได้ประมาณ 33%
- ยอมให้แสงสว่างผ่านเข้ามาได้มากถึง 60%
- สามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้ประมาณ 95%

<u>ข้อพิจารณาในการใช้งานของกระจกฮีตมิเรอร์และฮีตสต๊อป</u>

- การระวังไม่ให้วัสดุยาแนวเสียหาย จะทำให้ความชื้นแทรกเข้าสู่ภายในอาคารได้
- ไม่สามารถปรับแต่งขนาดของกระจกภายหลังการประกอบได้
- ควรติดตั้งอย่างระมัดระวังและไม่หันกระจกผิดด้านเพราะจะลดประสิทธิภาพการเป็นฉนวนลง

4) *กระจกหลายชั้น* (LAMINATED GLASS) สร้างขึ้นเนื่องจากการคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร โดยนำกระจกตั้งแต่ 2 แผ่นขึ้นไป มาผนึกเข้าด้วยกันโดยมีแผ่นฟิล์มโพลีไวนิล บิวทิเรต ที่เหนียวและแข็งแรงข้อนอยู่ระหว่างกระจกทำหน้าที่ยึดกระจกให้ติดกันเมื่อกระจกถูกกระแทกและแตกออก

<u>คุณสมบัติ</u>

- ช่วยลดความรุนแรงจากการบาดเจ็บจากกระจกได้
- ป้องกันการทะลุทะลวงเนื่องจากการแตกและการบุกรุกได้
- ช่วยลดเสียงรบกวนและเสียงก้องได้ดี
- ช่วยลดรังสีอัลตราไวโอเลตที่เข้าสู่อาคารได้ดี

<u>ข้อพิจารณาในการใช้งาน</u>

- ฟิล์มโพลีไวนิล บิวทิเรตมีคุณสมบัติในการอมความร้อน จึงควรระวังการแตกร้าวที่อาจเกิดขึ้น
- มีความแข็งแรงและทนต่อแรงอัดของลมน้อยกว่ากระจกธรรมดาที่มีความหนาเท่ากัน

- ไม่ควรใช้ซิลิโคนที่ใช้ยาแนวรอยต่อระหว่างกระจกกับวงกบอลูมิเนียม หรือระหว่างกระจกด้วยกัน ที่มีส่วนผสมของสารละลายอินทรีย์ เนื่องจากสารเหล่านั้นจะทำให้เกิดผลเสียต่อฟิล์ม
- เมื่ออุณหภูมิหรือความร้อนขึ้นสูงระดับหนึ่ง จะทำให้ความสามารถในการยึดเกาะของฟิล์มลดลง นั่นคือ ความสามารถในการรับแรงกระแทกและการรับน้ำหนักจะลดลงตามไปด้วย

2.10 ระบบการให้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ [4]

2.10.1 ระบบควบคุมปิด – เปิดไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting Control System)

ระบบการให้แสงสว่างถือได้ว่าเป็นระบบหลักที่สำคัญต่อการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร อาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่มีการใช้ไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างประมาณ 15-25 % (ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2542) ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

การประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างสามารถทำได้หลาย ๆ วิธี เช่น การเลือกให้อุปกรณ์แสงสว่างประสิทธิภาพสูง ไม่ว่าจะเป็นหลอดไฟบัลลาสต์ และโคมไฟประสิทธิภาพสูง ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานได้ 25-30 % จนถึงการควบคุมแสงสว่างให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งช่วยลดการใช้พลังงานลงได้อีกถึง 30% สังเกตเห็นได้จากอาคารสำนักงานทั่วไปที่มีค่าความส่องสว่างสูงเกินความจำเป็น และกรณีของอาคารสูงที่มีผนังเป็นกระจกหลอดไฟแสงสว่างบริเวณริมหน้าต่างมักจะถูกเปิดโดยไม่มีความจำเป็น ถึงแม้ว่าจะมีแสงธรรมชาติส่องเข้ามาเพียงพอแล้วก็ตาม

การควบคุมแสงสว่างที่ดี นอกจากจะช่วยลดพลังงานสูญเสียในระบบแสงสว่างแล้วยังจะต้องรักษาคุณภาพของแสงให้ดีเหมือนเดิม หรือดียิ่งขึ้นตรงตามที่มาตรฐานกำหนดอีกด้วย ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจที่จะประยุกต์ใช้ระบบควบคุมแสงสว่างให้ถูกต้องเหมาะสม

2.10.2 เทคนิคการควบคุมแสงสว่าง

1) <u>การลดความสว่างที่เกินความจำเป็น</u> (Overlight Compensation)

วิธีที่ง่ายที่สุดในการลดความสว่าง คือ การปลดหลอดไฟ (Delamping) เช่น ในจุดที่แสงสว่างมากเกินความจำเป็นสามารถปลดหลอดไฟ 2 หลอดจากโคมไฟที่มี 4 หลอด ซึ่งจะช่วยลดพลังงานได้ 50% อย่างไรก็ตาม ควรคำนึงถึงคุณภาพของแสง และผลที่กระทบทางจิตวิทยาต่อคนทำงาน ในบริเวณที่มีการปลดหลอดไฟ เนื่องจากการลดความสว่างทันทีทันใด 50% จะมีผลกระทบต่อการปรับสายตา สุขภาพตา และความรู้สึก ดังนั้นวิธีการลดความสว่างส่วนเกินที่เหมาะสม คือ ใช้อุปกรณ์หรี่แสง (Dimmer) โดยค่อย ๆ ลดเป็นระดับการควบคุมสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การควบคุมแสงขณะใช้งานตลอดช่วงการใช้งาน และการควบคุมเฉพาะช่วงเวลา (ก่อน / หลัง เวลาทำงาน ช่วงพักกลางวัน)

---

[4] การควบคุมระบบแสงสว่างให้เหมาะสม นอกจากจะช่วยประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างโดยตรงแล้ว ยังช่วยลดความร้อนที่มีผลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศอีกด้วย

2) การควบคุมความสว่างจากส่วนชดเชย Light Loss: LLF (LLF Compensation)

โดยทั่วไปหลอดไฟใหม่จะมีความสว่างสูงเกินความจำเป็น เพื่อชดเชยแสงที่ลดลงเนื่องจากการเสื่อมเมื่อใช้ไปนาน ๆ ดังนั้นจากคุณสมบัติดังกล่าว เราสามารถประหยัดพลังงานโดยหรี่แสงให้มีความสว่างในระดับที่พอเหมาะในช่วงเริ่มต้นใช้งาน โดยพลังงานที่ประหยัดได้จะลดลงเมื่ออายุการใช้งานหลอดนานขึ้น ในกรณีนี้สามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณ 20%

3) การใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อเปิด - ปิดไฟแสงสว่าง (Room Utilization)

เทคนิคนี้ช่วยประหยัดพลังงานโดยการใช้แสงสว่างในอาคารเมื่อจำเป็นเท่านั้น โดยตัวจับการเคลื่อนไหวชนิดอัลตราโซนิกหรือชนิดพาสซีฟอินฟราเรด จะสั่งให้เปิดไฟโดยอัตโนมัติโดยสัญญาณควบคุม เมื่อมีการเคลื่อนไหว และถ้าตรวจจับได้ว่าไม่มีการเคลื่อนไหว แสงสว่างภายในบริเวณนั้นก็จะดับ ช่วงกว้างของการตรวจจับ การเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น ตรวจจับบริเวณที่นั่งทำงาน ช่วงกว้างของการตรวจจับจึงไม่กว้างมากนัก เทคนิคนี้เหมาะสมกับบริเวณที่ไม่ค่อยมีคนใช้งานหรือใช้งานเป็นช่วงเวลา เช่น ห้องประชุม ห้องผู้บริหาร เป็นต้น

4) การใช้แสงธรรมชาติ (Daylight Utilization)

หน้าต่างบริเวณกรอบอาคาร (Perimeter Zone) และ Skylight ภายในอาคาร (Interior Zone) ถูกออกแบบมาเพื่อให้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร เพื่อลดความต้องการแสงสว่างจากหลอดไฟในช่วงเวลากลางวัน อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมแสงสว่างประกอบด้วยตัว Sensor ชุดควบคุม (Light Controller) และอุปกรณ์แสงสว่าง *หลักการทำงาน คือ Photo Sensor* จะตรวจวัดระดับแสงในบริเวณใช้งาน ถ้ามีแสงธรรมชาติมาก ชุดควบคุมจะส่งสัญญาณควบคุมไฟหรี่แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้ลดลง จนกระทั่งได้ความสว่างที่กำหนดไว้ ซึ่งการควบคุมต้องใช้ควบคุมคู่กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

พลังงานที่จะประหยัดได้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งทิศทางอาคาร พื้นที่หน้าต่าง ชนิดกระจก และระยะห่างของพื้นที่ทำงานจากหน้าต่าง ในการออกแบบยังต้องพิจารณาถึงความร้อนที่ผ่านเข้ามาด้วย ในกรณีที่แสงธรรมชาติมากเกินไป จะทำให้ความร้อนมากจะมีผลทำให้ระบบปรับอากาศทำงานมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้เกิดความสมดุลระหว่างกันด้วย

2.10.3 มาตรฐานระดับการส่องสว่าง

ในการกำหนดระดับการส่องสว่างสำหรับการใช้งานต่างๆ กันนั้น มีการกำหนดโดยหน่วยงานแต่ละแห่ง เช่น IES (USA), IES (BS) เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้สอยและสภาพอากาศ ดังนั้นค่าที่กำหนดอาจมีความแตกต่างกัน ส่วนมาตรฐานที่กำหนดเป็นมาตรฐานสากลไม่ขึ้นกับประเทศใดประเทศหนึ่ง ได้แก่ CIE[5] ซึ่งกำหนดความสว่างออกเป็น 3 ค่า โดยใช้ค่ากลางเป็นค่าเฉลี่ยส่วนอีก 2 ค่าใช้ในกรณีอื่น ๆ คือ อาจใช้ค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยขึ้นอยู่กับสภาพต่าง ๆ เช่น

- ถ้าการสะท้อนแสงของพื้นผิวต่ำกว่าปรกติให้ใช้ความส่องสว่างมากขึ้น
- ถ้าการมองวัตถุใช้เวลาสั้นมาก ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น
- ถ้าบริเวณพื้นที่ที่กำลังพิจารณาไม่มีหน้าต่าง ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น
- ถ้าผู้ที่ใช้งานบริเวณที่กำลังพิจารณาเป็นผู้สูงอายุ ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น

---

[5] มาตรฐาน CIE หมายถึง International Commission on Illumination

ตารางที่ 2-5 : การเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES ตามพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ

พื้นที่ใช้งาน (ก)	CIE (lx)	IES (lx)	พื้นที่ใช้งาน (ข)
ทางเดิน,พื้นที่ทำงานภายนอก	20 - 30 - 50	20 - 30 - 50 (a)	Public spaces with dark Surrounding
ทางเดินภายในและการแวะผ่านระยะสั้น	50 - 75 - 100	50 - 75 - 100 (a)	Simple orientation for shot temporary visits
ห้องที่ไม่ได้ใช้งานแบบต่อเนื่องเป็นเวลานาน	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200 (a)	Working space where visual tasks are only occasionally performed
งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่นสำนักงาน	300 - 500 - 750		
งานที่ใช้สายตามากเป็นพิเศษ	1000 - 1500 - 2000	1000-1500-2000 (b)	Performance of visual tasks of low contrast or Very small size
งานที่ใช้สายตาพิถีพิถัน เช่น การผ่าตัด	มากกว่า 2000	2000-3000-5000 (x)	Performance of visual tasks of low contrast and very small size ,Prolonged period
		5000-7500-10000 (x)	Performance of very prolonged and exacting visual tasks
		10000 up (x)	Performance of very special visual tasks of extremly low contrast and small size

ที่มา : (ก) ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ,เทคนิคการส่องสว่าง,หน้า 1-6 (ข) IES. Illuminating Engineering Society : Reference Volume,1983,ppA3

นอกเหนือจากการกำหนดระดับการส่องสว่างเป็นลักซ์ หรือฟุตแคนเดิลแล้ว การกำหนดระดับการส่องสว่างยังสามารถกำหนดมาตรฐานเป็นค่า Daylight Factor โดยกำหนดเป็นเปอร์เซนต์ (%) รายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2-6 : การเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES และมาตรฐานการกำหนดค่า DAYLIGHT FACTOR ตามประเภทการใช้งาน

พื้นที่ใช้งาน	ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน CIE (ก)	ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน IES (ข)	ค่า Daylight Factor (%), (ค)		
			เฉลี่ย	ต่ำ	จุดที่วัด
อาคารทั่วไป					
ทางเดิน	50 - 100 - 150	50 - 75 - 100	2	0.6	พื้น
บันได - บันไดเลื่อน	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	2	0.6	ลูกนอน
ที่เก็บของ , ห้องเก็บของ	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	1.5	0.5	work plane

พื้นที่ใช้งาน	ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน CIE (ก)	ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน IES (ข)	ค่า Daylight Factor (%), (ค)		
			เฉลี่ย	ต่ำ	จุดที่วัด
อาคารทั่วไป					
ห้องน้ำ	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	1.5	0.5	work plane
สำนักงาน					
พื้นที่ทั่วไป พิมพ์ดีด คอมพิวเตอร์	300 - 500 - 750	500 - 750 - 1000	5	2.5	work plane
เขียนแบบ	500 - 750 - 1000	500 - 750 - 1000	5	2.5	work plane
ห้องประชุม	300 - 500 - 750	200 - 300 - 500			
โถงทางเข้า		100 - 150 - 200	2	0.6	work plane
ห้องประชุม					
เอนกประสงค์	150 - 200 - 300	200 - 300 - 500	5	2.5	work plane

ที่มา : (ก) ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ, เทคนิคการส่องสว่าง, หน้า 1 – 6 (ข) IES. Illuminating Engineering Society : Reference Volume, 1983 (ค) BSI Draft for Development. p 73, อ้างถึงใน Applications Manual window Design, หน้า 31.

2.10.4 การประยุกต์ระบบควบคุมแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงาน

เทคนิคทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วนั้น ถ้านำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันจะช่วยประหยัดพลังงานมากขึ้นอีก เช่น บริเวณกรอบอาคาร (Perimeter Zone) เราสามารถประยุกต์ใช้เทคนิคการตรวจจับการเคลื่อนไหวควบคู่ไปกับเทคนิคการควบคุมโดยใช้แสงจากธรรมชาติ ส่วนบริเวณภายในอาคาร (Interior Zone) เราอาจจะใช้เทคนิคการลดความสว่างที่เกินความจำเป็น ร่วมกับเทคนิคการควบคุมความสว่างจากส่วนชดเชย การใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ และเทคนิคการตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อเปิด / ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง

ตารางที่ 2 – 7 : ข้อมูลเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าติดตั้งของบัลลาสต์ RAPID START กับ ELECTRONIC BALLAST

รายการ	ชนิดของหลอดรวมบัลลาสต์	V	Amp	WATT	PF	% THD CURRENT
1	RAPID START 1 * 40W	220	0.24	49	094	30.2
2	RAPID START 1 * 20W	220	0.12	26	0.97	23.6
3	RAPID START 2 * 40W	220	0.43	87	0.92	27.4
4	RAPID START 2 * 20W	220	0.22	47	0.98	15.5
5	ELECTRONIC 1 * 36W	220	0.18	37	0.93	24.7

รายการ	ชนิดของหลอดรวมบัลลาสต์	V	Amp	WATT	PF	% THD CURRENT
6	ELECTRONIC 1 * 18W	220	0.09	18	0.90	24.7
7	ELECTRONIC 2 * 36W	220	0.35	71	0.94	30.4
8	ELECTRONIC 2 * 18W	220	0.17	35	0.93	29.8

หมายเหตุ : อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ มีดังนี้

- บัลลาสต์ RAPID START ขนาด 1 * 40W, 1 * 20W, 2 * 40W, 2 * 20W
- บัลลาสต์ ELECTRONIC ขนาด 1 * 36W, 1 * 18W, 2 * 36W, 2 * 18W
- หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด RAPID START ขนาด 40W, 20W
- เครื่องวัด FLUKE 41
- VARIAC

2.11 สภาวะน่าสบายสำหรับมนุษย์

2.11.1 ขอบเขตของสภาวะน่าสบาย (Comfort zone)

ขอบเขตสภาวะน่าสบาย คือ ขอบเขตของสภาพอากาศในช่วงระยะที่ทำให้ร่างกายมนุษย์อยู่ในสภาวะสบาย ซึ่งสภาวะสบายนี้ หมายถึง สภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นในอากาศที่พอเหมาะกับการที่จะทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกสบาย ไม่ร้อนและไม่หนาวเกินไป ร่างกายไม่มีเหงื่อ ไม่มีไอน้ำในอากาศที่มากเกินไปจนชื้น หรือน้อยเกินไปจนแห้งหายใจไม่สะดวก อัตราความเร็วลมอยู่ในเกณฑ์ที่พอเหมาะไม่รบกวนจนรู้สึกได้

จากการศึกษาของ *Victor Olgyay ,1969* พบว่าสภาวะน่าสบายจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ คือ สภาวะในร่างกายและสภาวะนอกร่างกาย รายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 สภาวะในร่างกายที่มีผลต่อสภาวะสบาย คือ สภาพร่างกายของคนในแต่ละพื้นที่ ที่มีความแตกต่างกัน เช่น คนที่อยู่ในเขตร้อนจัดและหนาวจัด การขับเหงื่อของคนในเมืองร้อนจะง่ายกว่าคนในเมืองหนาว การทนต่ออุณหภูมิร้อนจะสูงกว่าคนเมืองหนาว ซึ่งสรุปได้ว่าสภาวะสบายภายในร่างกายของคนแต่ละพื้นที่ต่างกัน

ส่วนที่ 2 สภาวะนอกร่างกาย เป็นองค์ประกอบที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและมนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นที่มีผลต่อสภาวะสบาย ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative-Humidity) แสงแดด การแผ่รังสี ความเร็วลมและทิศทางของลม

จากการศึกษา Bioclimatic Chart ของกรุงเทพ ฯ ซึ่งจัดทำโดย The Center for Tropical and Near Eastern Architecture, Pratt Institute, Brooklyn, N.Y. 1967 – 1968 สรุปได้ว่า *"ขอบเขตของเขตสบายจะอยู่ที่อุณหภูมิ 22-29 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพันธ์ 20 - 75 %"*

2.11.2 การระบายอากาศ

การระบายอากาศมีหน้าที่ ดังนี้

1) การระบายอากาศเพื่อสุขภาพ (Health Ventilation)
2) การระบายอากาศเพื่อสภาวะน่าสบาย (Comfort Ventilation)
3) การระบายอากาศเพื่อทำความเย็นแก่ตัวอาคาร (Structure Cooling Ventilation)

การระบายอากาศเพื่อสุขภาพ (Health Ventilation) เป็นการถ่ายเทอากาศซึ่งจำเป็นต่อสุขภาพ เพื่อลดการป่วยจากการติดต่อกันทางอากาศ โดยเฉพาะเชื้อโรค และก๊าซพิษ การระบายอากาศเพื่อสุขภาพขึ้นกับหน้าที่ใช้สอยของอาคารที่มีความต่างกัน

ตารางที่ 2 – 8 : ความต้องการ การถ่ายเทอากาศของอาคารแต่ละประเภท

Building Type (excluding kitchens, baths)	Recommended Ventilation Rates Per Occupant (cfm)
Office Building	15 – 25
Hotels	15 – 20
Residential	7 – 10
Department Stores	10 – 15
Transportation Facilities	20 – 25
Auditoriums	10 – 20

ที่มา : Energy in Design Techniques , AIA , 1981

การระบายอากาศเพื่อสภาวะน่าสบาย (Comfort Ventilation) คือ การถ่ายเทอากาศเพื่อให้ได้มาของอุณหภูมิอากาศ ที่ผู้อยู่อาศัยไม่รู้สึกร้อน - หนาว โดยการใช้ความเร็วลมพัดผ่านอาคารด้วยช่องเปิด ความเร็วลมที่ทำให้รู้สึกสบาย ณ อุณหภูมิและความชื้นที่กำหนด สามารถคำนวณได้ตามสมการดังนี้ (Cowan ,1991)

$$WSc = 30 * [DBT - 81 + 1.5(RH - 60) / 10]$$

โดยที่ WSc คือ ความเร็วลมมีหน่วยเป็น

DBT คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง

RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์

ค่าความเร็วลมที่ได้จากสมการนี้ต้องไม่เกิน 300 fpm

การระบายอากาศเพื่อทำความเย็นแก่ตัวอาคาร (Structure Cooling Ventilation) ใช้ตัวกลางความร้อนที่เป็นอากาศเพื่อดึงความร้อนที่สะสมในวัสดุให้เย็นลง Conduction – Convection เป็นปัจจัยสำคัญในการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อน คือ อัตราการแรกเปลี่ยนพลังงานระหว่างผิวของวัสดุ กับอากาศที่ผิวสัมผัสซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ เมื่ออากาศที่ผิววัสดุนั้นถูกทำให้ร้อนขึ้นจะเกิดการนำพาความร้อนเสมอ เมื่ออากาศมีการเคลื่อนไหวมีอัตราการแรกเปลี่ยนอากาศ ซึ่งจะมีผลกับอัตราการนำความร้อน อากาศที่เคลื่อนไหวจะมีประสิทธิภาพในการรับ หรือถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าอากาศนิ่ง ในการเปรียบเทียบการรับหรือปล่อยความร้อนของอากาศ สังเกตจากค่า "Wind Chill Index" (Donald Watson & Kenneth Labs ,1983)

$$WCI = (10.45 + 10(V)^{1/2} - V) * (33 - T_a)$$

โดยที่ WCI คือ Wind Chill Index (kcal/sqm.Hr)

V คือ ความเร็วลม (m/sec)

T_a คือ อุณหภูมิอากาศ (°C)

ค่าอุณหภูมิที่เกิดจาก Wind Chill (T_{wci}) หาได้จากสมการ

$$T_{wci} = -0.045440 * (WCI) + 33$$

2.12 การคำนวณ Life Cycle Cost & Payback Period

2.121 การคำนวณ Life Cycle Cost

Life Cycle Cost (ต่อปี) = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน + ค่าบำรุงรักษา + ค่าไฟฟ้า + ดอกเบี้ย + ค่าเงินจากอัตราเงินเฟ้อ + อื่น ๆ

2.12.2 การคำนวณ Payback Period

การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการลงทุนเพื่อทำการปรับปรุงอาคารใด ๆ เปรียบเทียบกับผลในการลดค่าการใช้จ่ายรายปี ในแต่ละปีว่าจะสามารถคุ้มค่าการลงทุนในปีที่เท่าไรหลังจากเริ่มลงทุนในปีแรก โดยทั้งนี้จะพิจารณาถึงค่าอัตราดอกเบี้ย และอัตราเงินเฟ้อที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในปีต่อ ๆ ไป

$$\text{Payback Period } (T) = \frac{\ln((r-d)C/A + 1)}{\ln((1+d)/(1+d))}$$

โดยที่

A = ค่าใช่จ่ายที่ลดลงรายปี

c = ค่าเงินที่ลงทุน

d = อัตราดอกเบี้ยที่ใช้พิจารณา

r = อัตราเงินเฟ้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย