

บทที่ 2

ผลงานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะรวบรวมทฤษฎี แนวคิด และงานเขียนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เรียบเรียงเป็นลำดับ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในภาพรวมของงานวิจัย

2.1 รังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์

2.1.1 ประเภทของรังสี

รังสีที่มีแหล่งกำเนิดจากดวงอาทิตย์สามารถแบ่งได้ 5 ประเภท คือ รังสีคลื่นสั้นที่แผ่ลงมาโดยตรง รังสีคลื่นสั้นที่แผ่กระจายเนื่องจากผ่านชั้นบรรยากาศ รังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนจากสภาพแวดล้อมและบริเวณใกล้เคียง รังสีคลื่นยาวที่สะท้อนกลับออกมาจากพื้นผิวและวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศโดยรอบ และรังสีคลื่นยาวที่เกิดจากการสูญเสียความร้อนของวัตถุให้แก่ท้องฟ้าในตอนกลางคืน ซึ่งจากรังสีทั้ง 5 ประเภทสามารถแยกรังสีออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. รังสีคลื่นสั้น (short wave) คือ รังสีความร้อนที่มีอยู่ในแสงสว่าง เช่น แสงจากดวงอาทิตย์ รังสีชนิดนี้มีคุณสมบัติ คือ เป็นรังสีที่สามารถมองเห็นได้เฉพาะช่วงของความยาวคลื่น คือ 380 – 780 นาโนเมตร มีอุณหภูมิสูง สามารถทะลุผ่านกระจกได้เป็นอย่างดี รวมทั้งสามารถสะท้อนได้ดีบนวัตถุที่มีผิวมันและมีสีอ่อน วัสดุสีเข้มสามารถดูดซับรังสีประเภทนี้ได้ดี รังสีคลื่นสั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทย่อย ๆ คือ

- 1) รังสีอัลตราไวโอเล็ต (ultra violet) หรือ รังสียูวี (UV)
- 2) รังสีแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็น (visible light)
- 3) รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (short wave infrared)

2. รังสีคลื่นยาว (long wave) คือ รังสีที่เกิดขึ้นเมื่อรังสีคลื่นสั้นตกกระทบกับวัตถุทึบแสง หรือส่งผ่านวัตถุไป รังสีคลื่นสั้นจะเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาว โดยมีความยาวคลื่นเป็น 3,000 นาโนเมตรขึ้นไป มีผลทำให้วัตถุนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจะถ่ายเทแบบการนำความร้อน (conduction) รังสีชนิดนี้มีคุณสมบัติ คือ เป็นรังสีที่ไม่สามารถมองเห็น สะท้อนได้ดีสำหรับวัตถุที่มีผิวมัน

2.1.2 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์มีการแผ่รังสีสู่พื้นโลก แบ่งเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

1. รังสีตรงดวงอาทิตย์ (direct solar radiation) คือ การแผ่รังสีของรังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์โดยตรง ในทิศทางของพลังงานที่มาจากดวงอาทิตย์ถึงพื้นโลกโดยไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อมาถึงชั้นบรรยากาศของโลก มีค่าประมาณ 1350 วัตต์ต่อตารางเมตร (ASHRAE, 1989) เมื่อรังสีดวงอาทิตย์อยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นผิวโลก โดยผ่านชั้นบรรยากาศที่บางที่สุด ถ้าแนวรังสีเบี่ยงออกจากแนว 90 องศา ค่าความเข้มของพลังงานจะลดลง

2. รังสีกระจาย (diffuse radiation) คือ การแผ่รังสีของรังสีดวงอาทิตย์ที่ลงมาถึงชั้นบรรยากาศและถูกตกกระทบโดยเมฆ ไอน้ำ และฝุ่นละอองที่มีอยู่ในอากาศ และจะกระจายออกอย่างไม่สม่ำเสมอแต่จะมีความเข้มสูงที่บริเวณเส้นขอบฟ้า รังสีกระจายจะมีค่าประมาณ 10 – 90% ของปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดยรวม ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย สภาพท้องฟ้ามีปริมาณละอองไอน้ำ และเมฆที่สูง ทำให้รังสีกระจายมีอิทธิพลต่อปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นกับอาคาร

2.2 หลักการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

หลักการถ่ายเทความร้อนในที่นี้ จะเน้นถึงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุโปร่งใส เมื่อพิจารณาประกอบคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการวิจัย พบว่า ในวัตถุโปร่งใส เช่น กระจก หรือพลาสติกใส จะมีลักษณะที่แตกต่างจากวัตถุทั่วไปที่ความแตกต่างของการส่งผ่านของรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์และรังสีคลื่นยาว (พลังงานความร้อน) ที่เกิดจากการคายรังสีของสภาพแวดล้อม คือ วัตถุโปร่งใสซึ่งมีคุณสมบัติที่ยอมให้รังสีคลื่นสั้นส่งผ่านไปได้ แต่จะมีสภาพที่บดบังรังสีคลื่นยาว โดยรังสีคลื่นยาวดังกล่าวจะเกิดขึ้นจากการแผ่รังสีกลับของวัตถุที่ถูกรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบ เมื่อพื้นผิวภายในที่ได้รับการแผ่รังสีคลื่นสั้นและดูดซึมไว้ตามคุณสมบัติของวัตถุ ก็จะทำให้สภาพรังสีดังกล่าวเป็นพลังงานความร้อนที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์ในรูปของรังสีคลื่นยาวซึ่งเป็นพลังงานความร้อนและแผ่รังสีกลับสู่สภาพแวดล้อมภายนอก ดังนั้นเมื่อสิ่งที่กั้นแบ่งสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกเป็นกระจก จากคุณสมบัติดังกล่าว ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในก็จะถูกกักเก็บไว้ภายใน ซึ่งรูปแบบของการถ่ายเทความร้อนแบ่งได้เป็น 3 ทาง ดังนี้

1. การนำความร้อน (conduction) เกิดขึ้นในสสารที่มีสภาพเป็นของแข็งที่มีการสัมผัสกัน ปริมาณการถ่ายเทพลังงานในรูปแบบนี้ ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายในพื้นที่ที่มีการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลาง และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ซึ่งเป็นตัวแสดงความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของวัตถุนั้น ๆ ถ้ามีค่ามากแสดงว่าวัตถุนั้นมีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนสูง ดังสมการที่ 2.1 ซึ่งอธิบายการถ่ายเทความร้อนแบบนำความร้อน

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{สมการที่ 2.1}$$

พลังงานความร้อนแปรผันตามสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) พื้นที่หน้าตัดของผนังกระจก (A) และความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร (ΔT)

2. การพาความร้อน (convection) เกิดขึ้นในสสารที่มีสภาพเป็นของไหล ได้แก่ ของเหลวหรือก๊าซ เมื่อของไหลถูกทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น สภาพของโมเลกุลจะมีความหนาแน่นน้อยและมีน้ำหนักเบาลง และจะลอยตัวสูงขึ้น ส่วนของไหลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งมีความหนาแน่นและน้ำหนักมากกว่าจะเคลื่อนตัวสู่เบื้องล่าง การเคลื่อนที่ของอากาศในลักษณะนี้ อาจเกิดจากธรรมชาติ หรือมีแรงกระทำจากภายนอก เช่น แรงของเครื่องจักรกลเป็นตัวช่วยให้อากาศเคลื่อนที่ได้ สามารถอธิบายการถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อน ดังสมการที่ 2.2

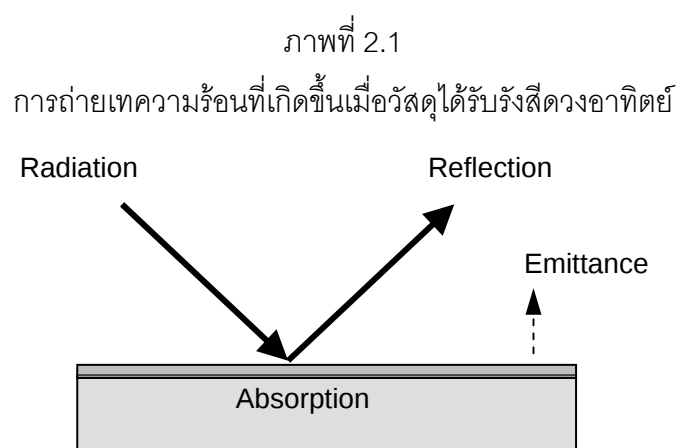
$$Q = h \cdot A \cdot (T_a - T_s) \quad \text{สมการที่ 2.2}$$

พลังงานความร้อนจะแปรผันตามสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของฟิล์มอากาศบริเวณที่ของไหลผ่าน (h) พื้นที่ของผิววัสดุที่ของไหลผ่าน (A) และความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ (T_a) และอุณหภูมิพื้นผิววัสดุ (T_s)

3. การแผ่รังสีความร้อน (radiation) เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) โดยไม่ต้องมีตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันการนำความร้อน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกส่งออกมาจะกระทบกับผิวหน้าของอีกสสารหนึ่งและดูดซับพลังงานจากการแผ่รังสีนี้ และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ทำให้

วัสดุโดยทั่วไปมีคุณสมบัติด้านการถ่ายเทความร้อน โดยการแผ่รังสีขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังนี้

1. ความสามารถในการดูดซับรังสีความร้อน (absorptivity)
2. ความสามารถในการสะท้อนรังสีความร้อน (reflectivity)
3. ความสามารถในการแผ่รังสีความร้อน (emissivity)
4. ความสามารถในการส่งผ่านรังสีความร้อน (transmissivity)



วัสดุที่แผ่รังสีออกมาโดยไม่ได้รับรังสีความร้อนจากวัตถุอื่น อุณหภูมิของวัสดุนั้นจะลดลง ในทางกลับกัน ถ้าวัสดุได้รับการแผ่รังสีความร้อนจากวัตถุอื่น ๆ มากกว่าการแผ่รังสีความร้อนของตัวเอง อุณหภูมิของวัสดุนั้นก็จะเพิ่มขึ้น การแผ่รังสีความร้อนจากวัสดุสามารถอธิบายได้ ดังสมการที่ 2.3 และการถ่ายเทความร้อนแบบการแผ่รังสีสู่ผิวนิ่งกระจกสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.4

$$Q = \sigma \cdot \epsilon \cdot A \cdot T^4 \quad \text{สมการที่ 2.3}$$

$$Q = A \cdot SC \cdot RAD \quad \text{สมการที่ 2.4}$$

โดยที่ σ คือ ค่าคงที่ของสเตฟานและโบลซ์แมน (Stefan-Boltzmann Constant) ซึ่งมีค่า $0.1717 \times 10^{-8} \text{ Btu/hr ft}^2$ ซึ่งพลังงานความร้อนที่วัสดุคายออกมาแปรผันตามคุณสมบัติการคายรังสีของวัตถุ หรือค่าการคายรังสีความร้อน (ϵ) พื้นที่ของผิววัสดุ (A) และอุณหภูมิที่ผิววัสดุ (T) ส่วน

อาคารต่าง ๆ จะได้รับความร้อนโดยการแผ่รังสีทั้งจากรังสีตรงและรังสีกระจาย ซึ่งเป็นคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ และการแผ่รังสีจากรังสีสะท้อน (reflected radiation) ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนของพื้นผิวนั้น ๆ ปริมาณของรังสีสะท้อนที่ตกลงบนพื้นผิวใด ๆ มีอิทธิพลมาจากลักษณะของพื้นผิว และทิศทางของวัตถุที่อยู่โดยรอบ นอกจากนี้การรับรังสีสู่ตัวอาคารยังมีความสัมพันธ์กับทิศทางของระนาบที่หันเข้าสู่แหล่งกำเนิด (surface orientation) ประกอบกับทิศทางของการตกกระทบของรังสี (angle of incidence)

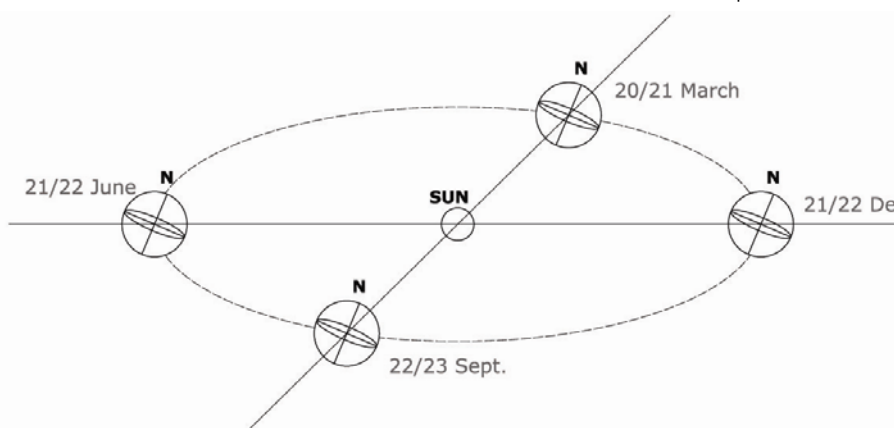
2.3 การควบคุมแสงแดด และมุมดวงอาทิตย์

การควบคุมแสงแดดและความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทั้งการแผ่รังสีโดยตรงและการแผ่รังสีกระจาย (direct & diffuse radiation) มีความสำคัญในการออกแบบอาคารเพื่อให้สภาพการใช้งาน หรืออยู่อาศัยอยู่ในภาวะน่าสบาย และเกิดการประหยัดพลังงาน

ทิศทางของแนวแสงขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่เปลี่ยนไปของโลกในวันที่แตกต่างกัน วันที่มีความสำคัญ คือ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในวันที่ 21 ธันวาคม เรียกว่า วันที่โลกโคจรห่างจากดวงอาทิตย์ที่สุดในหน้าหนาว (winter solstice) สำหรับวันที่ 21 มีนาคม และวันที่ 21 กันยายน เรียกว่า วันที่โลกโคจรใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด (equinox) และวันที่ 21 มิถุนายน เรียกว่า วันที่โลกโคจรห่างจากดวงอาทิตย์มากที่สุดในหน้าร้อน (summer solstice)

ภาพที่ 2.2

แนวการโคจรและตำแหน่งของโลกในช่วงเวลาต่าง ๆ

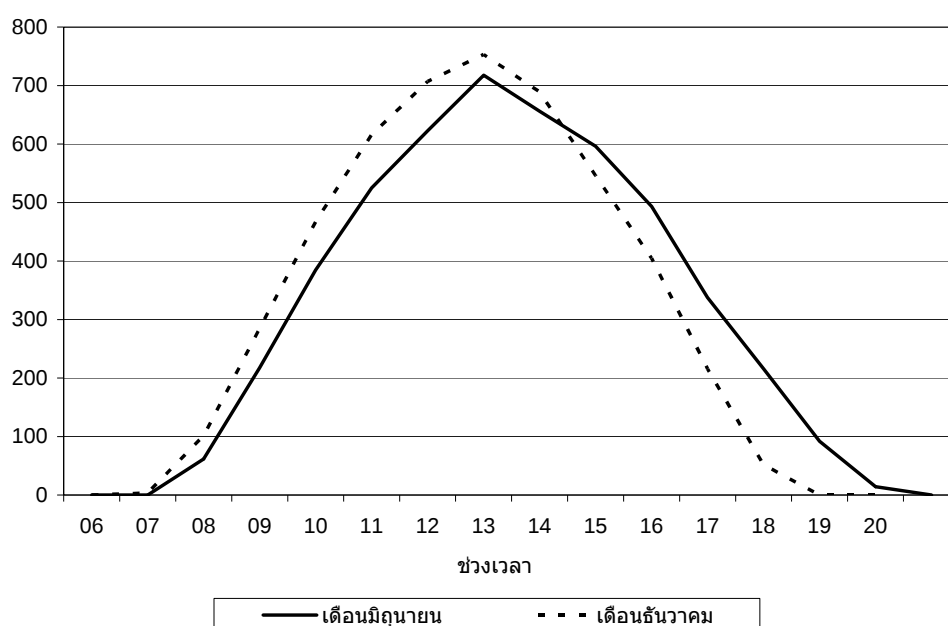


ที่มา: สมสิทธิ์ นิตยะ, 2542. (ดัดแปลง)

จากภาพที่ 2.2 พบว่า แสงอาทิตย์จะมีลักษณะของรูปกรวยแหลม (solar ray cone) ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ โดยที่ในวันที่จุดโคจรห่างสุด (solstice) จะทำมุม 23.45° และในวันที่โลกโคจรใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด (equinox) รูปกรวยแหลมจะกลายเป็นรูปวงกลมธรรมดา หรือ ทำมุม 0° กับเส้นศูนย์สูตร โดยเฉลี่ยความเข้มของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลกผ่านสภาพชั้นบรรยากาศที่ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ (149.5×10^6 กม.) มีค่าเท่ากับ 1350 วัตต์ต่อตารางเมตร และค่านี้จะเป็นค่าทั่วไปที่ใช้ในการคำนวณใด ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ สำหรับค่านี้จะเปลี่ยนไปตามการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

ภาพที่ 2.3

ปริมาณรังสีรวมของดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อวัน ในเขตกรุงเทพมหานคร
ช่วงเดือนมิถุนายนและธันวาคม พ.ศ. 2550



ที่มา: The Meteorological Department, 2007.

ในวันที่ 21 ธันวาคม และ 21 มิถุนายนของทุกปีนั้นเป็นวันที่ดวงอาทิตย์มีมุมกระทำที่ต่ำที่สุด ทำให้เป็นวันสำคัญในการออกแบบการบังแดด ซึ่งพบว่า ช่วงเดือนธันวาคมมีปริมาณรังสีรวมดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อวัน มากกว่าช่วงเดือนมิถุนายน ดังภาพที่ 2.3

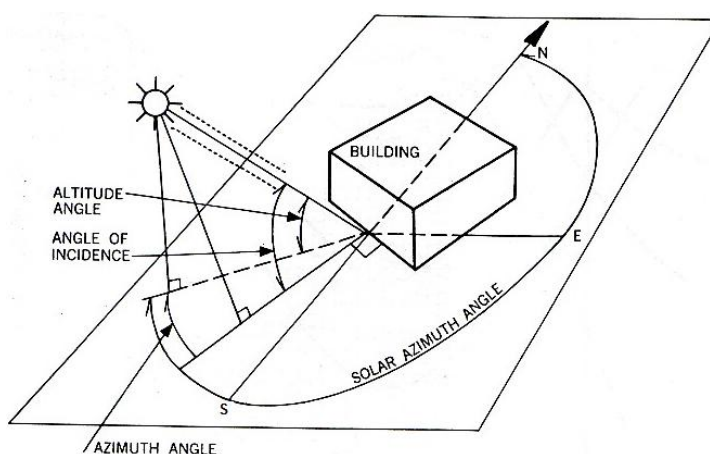
2.3.1 มุมที่เกิดจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์

มุมที่เกิดจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์ต่อโลกเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงเมื่อมีการออกแบบอาคาร เพื่อการควบคุมแสงแดดและความร้อนจากดวงอาทิตย์

1. มุมไต่ (angle of declination) คือ มุมที่เกิดขึ้นจากดวงอาทิตย์ทำมุมกับเส้นศูนย์สูตรหรือระนาบของเส้นศูนย์สูตร
2. มุมแนวตั้ง (angle of incidence) คือ มุมระหว่างดวงอาทิตย์กับแนวตั้งฉากของผนัง ซึ่งไม่ได้ใช้ในการหาเงาแต่ใช้ในการหาปริมาณความร้อนที่ผนังหรือที่อาคารได้รับ
3. มุมกระทำ (altitude angle) คือ มุมที่ดวงอาทิตย์กระทำจริงทางแนวตั้งกับระนาบขอบฟ้า อ่านค่าได้ด้วยมุมตด (profile angle) และ มุมเบี่ยง (azimuth or bearing angle)
4. มุมเบี่ยง (azimuth or bearing angle) คือ มุมตามแนวระดับที่ดวงอาทิตย์กระทำกับทิศใต้ ซึ่งในตอนเช้าจะค่อนข้างไปทางตะวันออก และตอนบ่ายจะค่อนข้างไปทางทิศตะวันตก มุมเบี่ยงในซีกโลกภาคเหนือ เช่น ประเทศไทย มุมที่ดวงอาทิตย์กระทำตามแนวระดับจะเบี่ยงกับทิศใต้ และมุมเบี่ยงในซีกโลกภาคใต้ มุมที่ดวงอาทิตย์กระทำตามแนวระดับจะเบี่ยงกับทิศเหนือ
5. มุมตด (profile angle) คือ มุมที่ระดับของดวงอาทิตย์กระทำในระนาบที่ตั้งฉากกับผนัง หรืออาคาร ค่าของมุมตด จะแตกต่างไปจากค่าของมุมกระทำ และค่ามุมตดมีความสำคัญในการออกแบบมาก เพราะนำไปหาค่าความลึกของที่บังแดดแนวนอนได้

ภาพที่ 2.4

มุมที่เกิดจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์



ที่มา: Anderson, 1977.

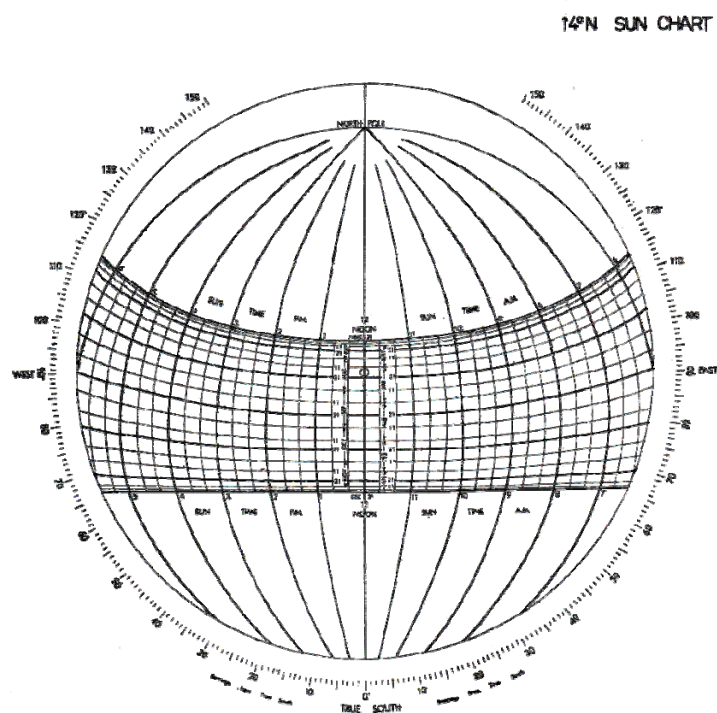
2.3.2 การออกแบบการบังแดด

พื้นที่บริเวณเส้นรุ้ง (latitude) ทางเหนือ ด้านใต้ของอาคารจะได้รับความร้อนตลอดวัน เกือบ 2 เท่า ของด้านเหนือของอาคารทั้งในฤดูร้อนและฤดูหนาวเทียบกับอาคารในเส้นรุ้งต่ำลงมา จะมีความแตกต่างกันถึง 1:4 และด้านทิศตะวันออกและตะวันตกจะได้รับความร้อนในฤดูร้อน มากกว่าเป็น 2.5 เท่าในฤดูหนาว แต่ในเส้นรุ้งที่ต่ำลง อาคารด้านตะวันตกกับตะวันออกจะได้รับความร้อนแตกต่างกับในฤดูหนาวน้อยมาก (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2542)

สำหรับประเทศไทยโดยเฉพาะที่กรุงเทพมหานคร (14°N) นั้น ในฤดูร้อนทิศเหนือได้รับรังสีความร้อนมากกว่าทิศใต้ ประมาณ $\frac{1}{2}$ เท่า และในฤดูหนาวทิศใต้ได้รับรังสีความร้อนมากกว่าทิศเหนือ 8 เท่า (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2542) ทางด้านทิศใต้แสงแดดจะเข้าเป็นมุมเบี่ยงต่ำสุดในเดือน ธันวาคม และทางด้านทิศเหนือ แสงแดดจะเข้าเป็นมุมเบี่ยงต่ำสุดในเดือน มิถุนายน ทำให้ต้องการกันแดดตลอดทั้งปี

ภาพที่ 2.5

แผนภูมิแสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์

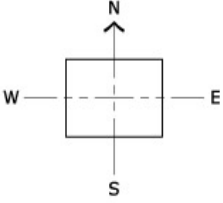
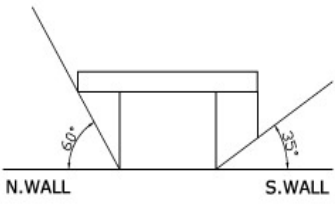
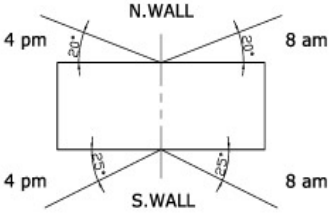
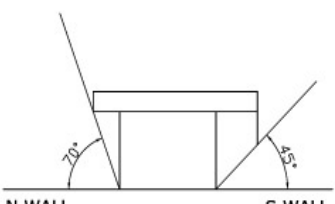
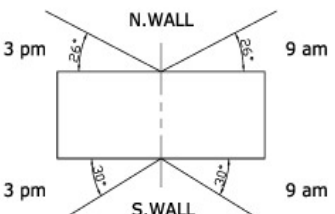
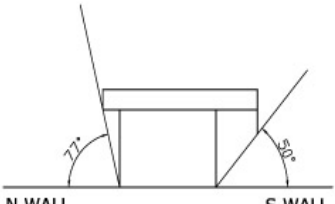
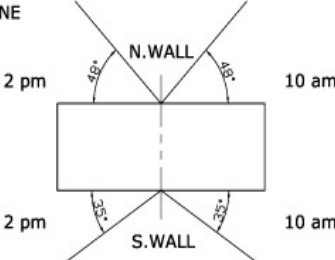
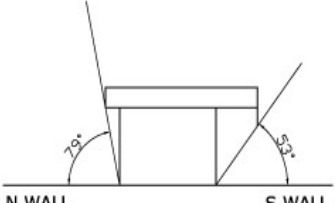
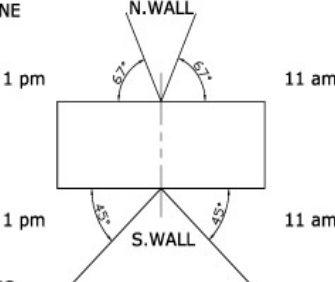


ที่มา: ตรึงใจ บุรณสมภพ, 2539.

ภาพที่ 2.6

มุมโปรไฟล์ของดวงอาทิตย์ในกรุงเทพมหานครและจังหวัดอื่น ๆ ในภาคกลาง

ละติจูดที่ 14 องศาเหนือ ในวันที่ 21 มิถุนายน และวันที่ 21 ธันวาคม

ORIENTATION	PROFILE ANGLE - SECTION	BEARINGS OF THE SUN - PLAN
	JUNE DEC.  N.WALL S.WALL 8 am - 4 pm	JUNE DEC.  N.WALL S.WALL 8 am 8 am 4 pm 4 pm
	JUNE DEC.  N.WALL S.WALL 9 am - 3 pm	JUNE DEC.  N.WALL S.WALL 9 am 9 am 3 pm 3 pm
	JUNE DEC.  N.WALL S.WALL 10 am - 2 pm	JUNE DEC.  N.WALL S.WALL 10 am 10 am 2 pm 2 pm
	JUNE DEC.  N.WALL S.WALL 11 am - 1 pm	JUNE DEC.  N.WALL S.WALL 11 am 11 am 1 pm 1 pm

ที่มา: ตรึงใจ บุรณสมภพ, 2539. (ดัดแปลง)

หมายเหตุ: จากการคำนวณจากแผนภูมิตำแหน่งดวงอาทิตย์

การเลือกเวลาออกแบบการบังแดดให้กับอาคารขึ้นอยู่กับเวลาการใช้สอย เช่น โรงเรียนมีการใช้สอยในช่วงเวลา 08:00 – 16:00 น. อาคารสำนักงานมีการใช้สอยช่วงเวลา 09:00 – 17:00 น. ช่วงเวลาตั้งแต่ 9:00 น. รังสีดวงอาทิตย์มีความรุนแรงมาก จึงเลือกช่วงเวลา 9:00 – 15:00 น. นี้ในการออกแบบการทดลอง จากการคำนวณหามุมดวงอาทิตย์โดยใช้แผนภูมิแสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์ (sun chart) ดังภาพที่ 2.5 และ 2.6 ทำให้ทราบค่ามุมตัดในวันที่ 21 มิถุนายนเท่ากับ 70° และในวันที่ 21 ธันวาคมเท่ากับ 45°

2.4 พฤติกรรมของแสง

เมื่อแสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงผ่านตัวกลางต่าง ๆ พฤติกรรมของแสง หรือแนวทางเดินของแสงจะเปลี่ยนไป เมื่อกระทบกับตัวกลางเหล่านั้น ซึ่งสามารถจำแนกลักษณะของพฤติกรรมได้ 3 ลักษณะ คือ

1. การดูดกลืน (absorption) เป็นปรากฏการณ์ที่แสง เมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางจะถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลาง ซึ่งปริมาณที่ถูกดูดกลืนเข้าไปในตัวกลาง จะขึ้นอยู่กับค่าการดูดซับของตัวกลางที่แตกต่างกันไปในแต่ละวัสดุ โดยทั่วไปเมื่อแสงถูกดูดกลืนเข้าไปในตัวกลาง จะเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงานแสง (light) เป็นพลังงานความร้อน (heat)

2. การสะท้อนของแสง (reflection) เป็นพฤติกรรมที่แสงตกกระทบบนตัวกลางแล้วเกิดการสะท้อนแสงออกมาโดยที่ความยาวคลื่น และความถี่ของคลื่นแสงไม่มีการเปลี่ยนแปลง การสะท้อนของแสงมีหลายลักษณะ และสามารถจำแนกออกได้เป็นแต่ละลักษณะ ดังนี้

1) การสะท้อนของแสงแบบกระจกเงา (specular reflection) เป็นลักษณะของแสงที่เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบลงบนตัวกลางที่เป็นวัสดุทึบแสง (opaque material) ที่มีผิวเรียบมัน (polish surface) เช่น กระจกเงา หรือผิวโลหะที่ขัดมัน แสงจะมีการสะท้อน ในลักษณะของมุมตกกระทบของแสง (angle of incident) เท่ากับ มุมสะท้อนของแสง (angle of reflection)

2) การสะท้อนของแสงแบบกระจาย (diffuse reflection) เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบลงบนวัสดุหรือพื้นผิวที่ไม่เรียบ หรือผิวด้าน แสงที่สะท้อนออกมาจะกระจายไปทุกทิศทุกทาง มุมสะท้อนของแสงจะมีทิศทางที่ไม่แน่นอน และมุมตกกระทบของแสง จะไม่เท่ากับมุมสะท้อนของแสงที่ออกมา หากผิววัสดุนั้นมีลักษณะพื้นผิวที่ไม่ราบเรียบ (perfect diffuse surface) แสงสะท้อนที่สะท้อนออกมาจะเป็นแสงสะท้อนที่มีการกระจายแสงอย่างสมบูรณ์ (perfect diffuse reflection) เป็นการสะท้อนแสงที่มีมุมสะท้อนเท่ากันทุก ๆ มุมสะท้อน และมีค่าเฉลี่ยของแสงที่

3) การสะท้อนแสงแบบผสม (combined specular and diffuse reflection) เป็นลักษณะการสะท้อนแสงแบบผสม ที่เกิดจากการสะท้อนแสงแบบกระจกเงา (specular) และแบบสะท้อนกระจาย (diffuse reflection) ซึ่งสภาพพื้นผิวโดยทั่วไปจะพบการสะท้อนแสงในลักษณะนี้มากที่สุด

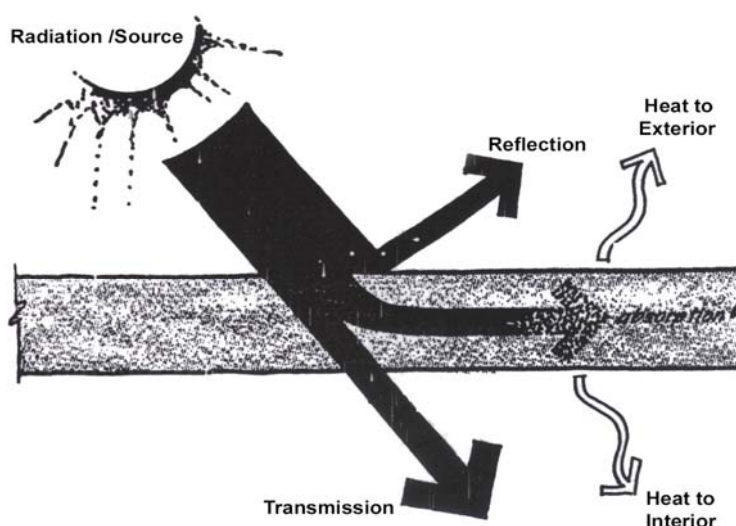
3. การส่องผ่าน (transmission) เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบกับด้านใดด้านหนึ่งของตัวกลาง แล้วสามารถทะลุไปยังอีกด้านหนึ่งของตัวกลาง หากไม่พิจารณาคุณสมบัติของตัวกลางที่แสงส่องผ่านแล้ว จากคุณสมบัติของแสง มุมที่แสงตกกระทบตัวกลาง จะเท่ากับมุมที่แสงสะท้อนออกมา และปริมาณของแสงจะต้องคงเดิม อย่างไรก็ตามเมื่อแสงตกกระทบตัวกลางชนิดโปร่งแสง แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนเข้าไปในตัวกลาง อีกส่วนจะสะท้อนกลับ ส่วนที่เหลืออีกส่วนหนึ่งจะสะท้อนทะลุผ่านออกมา สามารถอธิบายด้วยสมการ (เมื่อปริมาณแสงทั้งหมดเท่ากับ 1)

$$\text{ปริมาณแสงทั้งหมด} = \text{ปริมาณแสงที่ถูกดูดซึม} + \text{ปริมาณแสงสะท้อน} + \text{ปริมาณแสงที่ส่องทะลุผ่าน}$$

(absorption) (reflection) (transmission)

ภาพที่ 2.7

พฤติกรรมของแสงจากดวงอาทิตย์สู่ตัวกลาง



ที่มา: Moore, 1993.

2.5 แสงธรรมชาติในพื้นที่ภายในอาคาร

การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารให้ประโยชน์ในด้านการประหยัดพลังงานได้มากทางหนึ่ง เพราะการใช้ชีวิตประจำวันหรือการทำงานประเภทต่าง ๆ จำเป็นต้องใช้แสงสว่าง การออกแบบโดยไม่คำนึงถึงแสงธรรมชาติก็หมายถึงการพึ่งพาแสงประดิษฐ์โดยตลอดเวลานั่นเอง แสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคารมาจากหลายทาง ได้แก่

1. แสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง
2. รังสีดวงอาทิตย์ที่กระจายมาจากท้องฟ้า
3. แสงสะท้อนจากพื้นดินหรืออาคารข้างเคียง
4. แสงสะท้อนภายในอาคาร ซึ่งเป็นแสงสว่างจากภายนอกที่เข้ามาและสะท้อนโดยผนัง ฝ้าเพดาน หรือพื้นผิวอื่น ๆ

ตารางที่ 2.1

การเปรียบเทียบค่าการสะท้อนของสีต่าง ๆ เพื่อประกอบการให้สีภายในอาคาร

สี	อัตราการสะท้อน
ขาว	80 – 90 %
งาช้าง	70 – 80 %
เหลือง, ครีม	65 – 75 %
ชมพูอ่อน	60 – 65 %
ชมพู	40 – 70 %
เทา, ฟ้า	35 – 50 %
เขียวอ่อน	25 – 50 %
เขียวแก่, แดง	15 – 25 %
น้ำเงินแก่	10 – 20 %
น้ำตาล	8 – 12 %
แดงเข้ม	7 %
ดำ	2 – 5 %

ที่มา: ตรึงใจ บุรณสมภพ, 2539.

การใช้แสงสว่างธรรมชาติ ส่วนหนึ่งของปริมาณความส่องสว่างขึ้นอยู่กับการตกต่างภายในและสีต่าง ๆ ของผนัง และเครื่องเรือนภายในอาคาร ด้วยการทาสีผนังและเพดานห้องด้วยสีอ่อน เช่น สีขาว สีครีม หรือเทาอ่อน จะทำให้เกิดแสงสะท้อนกระจายภายในห้องและทำให้ห้องสว่างขึ้น

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง (Illumination Theory)

แสงเมื่อส่องออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงและตกกระทบกับวัตถุหรือพื้นใด ๆ เป็นผลให้แสงส่วนหนึ่งสะท้อนเข้าสู่ดวงตา และทำให้เกิดการมองเห็นวัตถุนั้น ๆ ได้ ซึ่งปริมาณแสงที่ตกกระทบวัตถุ หรือตกกระทบพื้นทีนั้น ๆ เรียกว่า การส่องสว่าง หรือความสว่าง (illumination) ของแสง

1. ปริมาณแสง (luminous flux) เป็นการบอกค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดใด ๆ ในรูปของความเข้มในการส่องสว่าง หรือ กำลังการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง (power of light source) ในรูปของเส้นแรงปริมาณแสงที่เปล่งแสงออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้น ๆ มีหน่วยเป็น ลูเมน (lumen) และความเข้มของการส่องสว่าง 1 แคนเดลา (candela) มีค่าเท่ากับความเข้มของการส่องสว่างบนพื้นผิวอุดมคติ (blackbody) ที่อุณหภูมิเยือกแข็งของแพลตินัม และจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามมุมที่ทำกับแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสง

2. การส่องสว่าง (illumination) หมายถึง ความสว่างของปริมาณแสง 1 หน่วยที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ใด ๆ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (lumen per unit area) เป็นการพิจารณาแหล่งกำเนิดแสงภายในวงกลม เมื่อทรงกลมนั้นมีรัศมี 1 ฟุตหรือ 1 เมตร ปริมาณแสง 1 ลูเมนที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ 1 ตารางฟุตของผิวทรงกลม ปริมาณความส่องสว่างที่ได้จะเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต (1 lumen/ft^2) หรือ 1 ฟุตแคนเดิล (foot-candle) ในทำนองเดียวกันหากทรงกลมมีขนาดรัศมีเท่ากับ 1 เมตร ปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางเมตร (lumen/m^2) หรือ 1 ลักซ์ (lux) ความส่องสว่าง 1 ลักซ์ เท่ากับ 10.76 ฟุตแคนเดิล (ประมาณ 10 ฟุตแคนเดิล)

3. ความส่องสว่าง (illuminance) เป็นค่าการส่องสว่างของแสงบนพื้นที่ผิวใด ๆ จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มของการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงและจะแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง ที่เกิดจากระยะทางระหว่างพื้นผิวนั้นกับแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎกำลังสองผกผัน (inverse square Law) มีหน่วยเป็น ลักซ์ หรือ ฟุตแคนเดิล ดังสมการที่ 2.5

$$E = I / d^2$$

สมการที่ 2.5

เมื่อ E = ปริมาณความส่องสว่างบนพื้นผิวที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ลักซ์ หรือ ฟุตแคนเดิล
 I = ความเข้มของการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง ในทิศทางที่พุ่งไปหาพื้นที่ผิวที่พิจารณา มีหน่วยเป็น แคนเดลา
 d = ระยะทางระหว่างพื้นที่ผิวที่พิจารณากับแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็น เมตร หรือ ฟุต

2.7 การพิจารณาความส่องสว่างภายในอาคาร

การให้ความสว่างแก่อาคารโดยใช้แสงธรรมชาติในการพิจารณาความส่องสว่างภายในอาคารอันเกิดจากแสงสว่างธรรมชาติ สามารถแยกพิจารณาออกเป็น 2 แนวทาง คือ

1. การพิจารณาโดยอาศัยอัตราส่วนของระดับความส่องสว่างของภายในต่อภายนอกอาคาร (relative illuminance) ภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมมาก ค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ซึ่งมีค่าคงที่ไม่แปรเปลี่ยนตามช่วงเวลาหรือการเปิดของช่องแสง หากแยกพิจารณาออกเป็นวิธีการวิเคราะห์การให้แสงสว่างภายในอาคารอันเกิดจากแสงธรรมชาติ โดยทั่วไปแยกออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

- 1) วิธีลูเมน (lumen method)
- 2) วิธีเดไลท์แฟคเตอร์ (daylight factor method)
- 3) วิธีฟลักซ์ทรานซเฟอร์ (flux transfer method)

วิธีเดไลท์แฟคเตอร์ เป็นการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างภายในอาคารที่ได้จากแสงธรรมชาติอย่างง่าย เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ ระดับแสงภายในจะขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้าเป็นหลัก ซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่มีผลสำคัญต่อแสงสว่างและปริมาณความเข้มของแสง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับมุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อพื้นที่ (มุมยกขึ้นของดวงอาทิตย์ และมุมอะซิมุท) ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามวันและเวลาที่แตกต่างกัน

เดไลท์แฟคเตอร์ในระนาบนอน (horizontal daylight factor; DF_H) คือ ค่าสัดส่วนของปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ในระนาบนอนภายในอาคารแต่ละจุดใด ๆ ต่อปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ในระนาบนอนภายนอกอาคาร ภายใต้สภาพท้องฟ้าที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง และไม่รวมแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (excluded direct sun) ค่าที่ได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$DF_H (\%) = \frac{\text{ความสว่างภายใน ระบายบนอน} * 100 \%}{\text{ความสว่างภายนอก ระบายบนอนไม่รวมแสงแดดโดยตรง}}$$

ถ้าเดไลท์แฟคเตอร์เป็น 10% หมายความว่า พื้นที่ภายในนั้น ๆ ได้รับปริมาณแสง 10% ของปริมาณแสงภายนอกที่ได้รับภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่งไม่มีสิ่งกีดขวาง

ถึงแม้ว่าค่าเดไลท์แฟคเตอร์ไม่สามารถเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณแสงที่แน่นอนได้ แต่ก็เป็นตัวชี้ให้เห็นว่า ค่าที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ หรือการทำงานใด ๆ นั้น มีความเหมาะสมเพียงพอหรือไม่ และมีการกำหนดช่วงของค่าเดไลท์แฟคเตอร์ สำหรับพื้นที่ใช้งานในลักษณะต่าง ๆ

ตารางที่ 2.2

ค่าเดไลท์แฟคเตอร์สำหรับพื้นที่การใช้งานลักษณะต่าง ๆ

การใช้งาน	ค่า DF (%)
การอ่านหนังสือ การทำงานปกติในช่วงขณะหนึ่ง	1.5 – 2.5
การอ่านหนังสือหรือใช้สายตาในที่ ๆ หนึ่งในช่วงเวลานานพอควร หรือการทำงานที่อาจต้องมีอุปกรณ์บางอย่างเข้าช่วยซึ่งไม่มีอันตรายมาก	2.4 – 4.0
สำหรับการทำงานที่ต้องการความละเอียดสูง หรือการใช้เครื่องจักร อุปกรณ์ที่อาจจะต้องระมัดระวังเรื่องการเกิดอันตราย	4.0 – 8.0

ที่มา: Stein and Reynolds, 1992.

2. การพิจารณาจากปริมาณค่าความส่องสว่างรวม (absolute illuminance) เป็นการพิจารณาระดับความส่องสว่างภายในอาคารในตำแหน่งต่าง ๆ ในความสูงที่กำหนดจากระดับพื้นห้องนั้น ๆ โดยการวัดค่าความส่องสว่างเป็นปริมาณแสงต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วย ฟุตแคนเดิล หรือ ลักซ์ ซึ่งค่าความส่องสว่างภายในอาคารจะขึ้นอยู่กับเวลา ทิศทางของช่องแสง และสภาพของท้องฟ้า

ตารางที่ 2.3
ค่าความส่องสว่างมาตรฐาน ในแต่ละพื้นที่ใช้งาน ตามมาตรฐาน CIE
(International Commission on Illumination)

ความส่องสว่าง (ลักซ์)	ชนิดพื้นที่ใช้งาน
20 – 30 – 50	ทางเดิน และพื้นที่ใช้งานภายนอก
50 – 100 – 150	ทางเดินภายในและการแวะผ่านระยะเวลาสั้น ๆ
100 – 150 – 200	ห้องที่ไม่ได้ใช้ทำงานแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน
200 – 300 – 500	งานที่ใช้สายตาไม่มาก เช่น ในโรงงานชิ้นงานขนาดใหญ่
300 – 500 – 750	งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่น งานสำนักงาน
500 – 750 – 1000	งานที่ใช้สายตามาก เช่น งานเขียนแบบ
750 – 1000 – 1500	งานที่ใช้สายตามาก ๆ เช่น ห้องผ่าตัดของแพทย์
1000 – 1500 – 2000	งานที่ใช้สายตาเป็นพิเศษ
มากกว่า 2000	งานที่ใช้สายตาเพื่อการทำงานเป็นพิเศษ

ที่มา: เศรษฐวุฒิ ศรวิโรจน์, 2545.