หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

การใช้แสงธรรมชาติในอาคาร เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นเป็นเหตุให้นักออกแบบ จำเป็นต้องเรียนรู้ถึงปัญหาต่าง ๆ ของแสงธรรมชาติและเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของแสงธรรมชาติเป็นไปอย่างช้า ๆ ผ่านเข้ามาในอาคารได้อย่างต่อเนื่อง แต่ในบางขณะการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของท้องฟ้า ความสกปรก และความชื้นของบรรยากาศย่อมมีผลต่อความสว่างที่จะได้รับภายในอาคาร

ถึงอย่างไรก็ตามแม้ว่าเราจะเข้าใจพื้นฐานของการออกแบบแสงธรรมชาติ ผู้ออกแบบยังจำเป็นต้องทราบข้อมูลของแสงธรรมชาติ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่จะนำไปใช้สร้างห้องทดลองหรือการคำนวณ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและชี้ให้เห็นภาวะต่าง ๆ ในการออกแบบให้ได้ระดับความสว่าง ภายใต้สภาวะต่าง ๆ ของท้องฟ้า การศึกษาเกี่ยวกับสภาวะของท้องฟ้าในประเทศตามฤดูต่าง ๆ ในการออกแบบตำแหน่งอาคาร ให้ใช้แสงธรรมชาติให้เหมาะสมและรัดกุมยิ่งขึ้น

1.2 ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันนี้มีการนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์กับอาคาร ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และยิ่งกว่านั้นการเปลี่ยนแปลงของแสงธรรมชาติมีลักษณะดีเด่นอย่างหนึ่งคือ มีการเปลี่ยนแปลงความสว่างไปอย่างช้า ๆ ทำให้สายตาปรับเข้ากับความสว่างได้ง่ายและเป็นผลดีอย่างหนึ่งในการมองเห็น ดังนั้นวิศวกรที่ทำการออกแบบเกี่ยวกับแสงสว่างจำเป็นต้องทราบและหาข้อมูลต่าง ๆ เช่น ความส่องสว่างของท้องฟ้าในสภาวะต่าง ๆ และค่าความส่องสว่างเฉลี่ย ในแต่ละฤดูกาล แต่ละตำแหน่ง ทำให้ผู้ออกแบบรู้สึกลำบากใจ เพราะข้อมูลส่วนใหญ่สมมุติขึ้นมาเอง โดยอาศัยข้อมูลต่าง ๆ จากต่างประเทศเป็นแนวทาง ทำให้การออกแบบ

แสงสว่างมีความผิดพลาดคลาดเคลื่อนไป เช่น ในกรณีท้องฟ้ามืด หรือในฤดูหนาว หรือในต่างประเทศที่ห่างจากแนวเส้นศูนย์สูตร ค่าความส่องสว่างที่ได้ค่อนข้างต่ำ ถ้าเปิดขนาดช่องรับแสงธรรมชาติไม่เพียงพอแล้ว ความสว่างที่ได้จึงไม่เป็นไปตามมาตรฐานของระดับความต้องการความสว่าง ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องใช้แสงจากหลอดไฟฟ้าช่วยเสริม ในบางครั้งถ้าเสริมมากเกินไปก็ไม่เป็นการประหยัด ในทำนองเดียวกันถ้าช่วยเสริมน้อยเกินไป ความสว่างที่ได้ก็จะไม่เพียงพอ

1.3 ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้มาตรฐานทางด้านแสงสว่างโดยทั่ว ๆ ไป ได้กำหนดระดับความสว่างของงานประเภทต่าง ๆ ขึ้น เพื่อใช้กับงานแต่ละประเภท ที่ผู้ทำงานสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง รวดเร็วและปลอดภัย การออกแบบทางด้านแสงสว่างตามธรรมชาติ เป็นการคำนวณหาค่าความสว่างของแสงที่ตกลงบนพื้นที่ทำงานสมมุติ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของ IES [1] หรือ CIE [2, 3] ซึ่งแต่ละวิธีก็มีความสะดวก รวดเร็ว และได้ผลเป็นที่น่าพอใจ วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาค่าความสว่างและความส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าตามสภาวะต่าง ๆ เช่น ท้องฟ้าแจ่มใส ท้องฟ้ามืดหรือท้องฟ้ามีเมฆมาก ในฤดูกาลต่าง ๆ ทั้ง 3 ฤดู เพื่อนำมาคำนวณตามมาตรฐานของระบบต่าง ๆ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการทดลองโดยการวัดจากห้องทดลองที่ตั้งขึ้น

1.4 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแสงอาทิตย์ ตามเวลาและฤดูกาล ซึ่งแบ่งได้ออกเป็น การหาค่าเฉลี่ยของความส่องสว่าง ความสว่างในสภาวะต่าง ๆ ของท้องฟ้า เช่น แจ่มใส มีเมฆมาก และท้องฟ้ามืด การศึกษาแสงที่ได้จากดวงอาทิตย์โดยตรง แสงที่ได้จากการสะท้อนของท้องฟ้าในกรุงเทพมหานคร แล้วนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้เหล่านี้ไปคำนวณเพื่อหาค่าความสว่างภายในอาคาร ตามวิธีการของ IES และ CIE นอกจากนี้การวิจัยยังได้ออกแบบสร้างห้องทดลอง เพื่อทำการวัดหาค่าความสว่างภายในอาคาร โดยการวัดค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงานสมมุติ และทำการเปลี่ยนทิศทางต่าง ๆของช่องรับแสง ตำแหน่งต่าง ๆ ของการวัด แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ร่วมกันกับการคำนวณทั้งวิธีของ IES และ CIE

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

แสงอาทิตย์เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ได้โดยไม่มีการสิ้นเปลืองหรือหมดไป ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีแสงสว่างค่อนข้างแรงกล้าตลอดปี ดังนั้น ถ้าเรานำเอาแสงธรรมชาติมาใช้เป็นประโยชน์ให้มากที่สุด เพื่อเป็นการประหยัดไม่ต้องสิ้นเปลืองการใช้แสงไฟฟ้า แสงธรรมชาติพอเหมาะยังทำให้รู้สึกสบายตากว่าแสงไฟฟ้า ดังนั้นในการออกแบบแสงสว่างเพื่อให้รับแสงธรรมชาติให้เพียงพอกับความต้องการนั้น ผู้ออกแบบจะต้องทราบรายละเอียดของข้อมูลต่าง ๆ ของความสว่าง ซึ่งในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับแสงธรรมชาติเลย จากผลการวัด วิจัย และทดลองนี้ จะได้รับข้อมูลต่าง ๆ ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ทำให้วิศวกรผู้ออกแบบได้ออกแบบถูกต้องตามหลักวิชาการ เป็นการช่วยเศรษฐกิจของชาติอีกทางหนึ่ง

1.6 นิยามและคำศัพท์เทคนิค

เส้นศูนย์สูตร (equator)

เส้นศูนย์สูตรเป็นเส้นสมมุติที่ลากรอบโลกผ่านระหว่างกึ่งกลางขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้

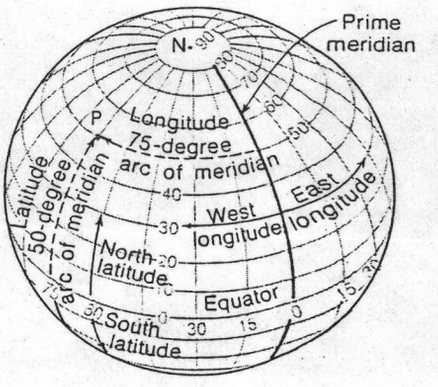
เส้นรุ้ง (latitude)

เส้นรุ้งเป็นเส้นสมมุติที่ลากรอบโลกขนานกับเส้นศูนย์สูตร โดยแบ่งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ออกเป็น 90 องศา เท่า ๆ กัน

เส้นแวง (longitude)

เส้นแวงเป็นเส้นสมมุติที่ลากจากขั้วโลกเหนือไปขั้วโลกใต้ และในการหาตำแหน่งบนพื้นโลกให้เทียบจากเส้นเมอร์เดียนปฐม (prime meridian) ดังรูป 1.1

รูป 1.1 แสดงตัวอย่างการแบ่งเส้นศูนย์สูตร เส้นรุ้ง และเส้นแวงรอบโลก ที่จุด P คือตำแหน่งเส้นรุ้งที่ 50° N เส้นแวงที่ 75° W



วันที่เวลาสมดุลย์ (equinox)

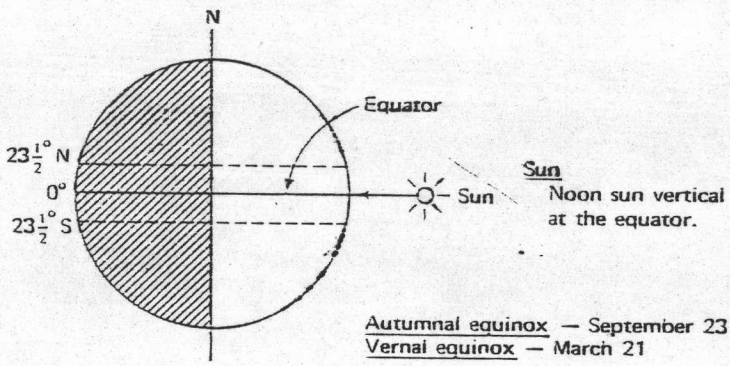
เป็นวันที่ทุก ๆ แห่งบนพื้นโลกมีระยะเวลากลางวัน และกลางคืน 12 ชั่วโมง เท่า ๆ กัน และดวงอาทิตย์จะเดินทางตั้งฉากกับเส้นศูนย์สูตรพอดี สำหรับในวันที่ 21 มีนาคม เรียกว่า วันที่เวลาสมดุลย์ในฤดูใบไม้ผลิ (vernal equinox) และในวันที่ 23 กันยายน เรียกว่า วันที่เวลาสมดุลย์ในฤดูใบไม้ร่วง (autumnal equinox) ดังรูป 1.2 ก.

วันเริ่มฤดูร้อน (summer solstice)

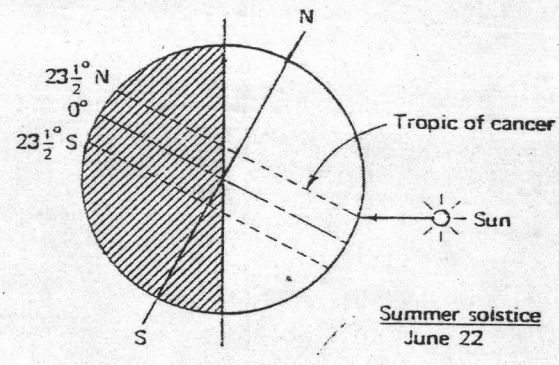
วันเริ่มฤดูร้อน เป็นวันที่ตำแหน่งขั้วโลกเหนือเบนเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด ส่วนขั้วโลกใต้จะเบนออกจากดวงอาทิตย์ วันนั้นก็คือ 22 มิถุนายน ดังรูป 1.2 ข.

วันเริ่มฤดูหนาว (winter solstice)

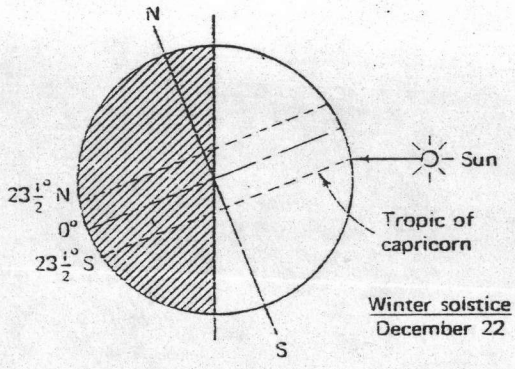
วันเริ่มฤดูหนาว เป็นวันที่ตำแหน่งขั้วโลกเหนือเบนออกจากดวงอาทิตย์มากที่สุด และขั้วโลกใต้เบนเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด วันนั้นก็คือ 22 ธันวาคม ดังรูป 1.2 ค.



(ก) กลางวันเท่ากับกลางคืน



(ข) กลางวันยาวกว่ากลางคืน



(ค) กลางวันสั้นกว่ากลางคืน

รูป 1.2 แสดงผลของการเกิดฤดูกาล

<u>แอ็ลติจูดและอะซิมุต</u> [4, 5]

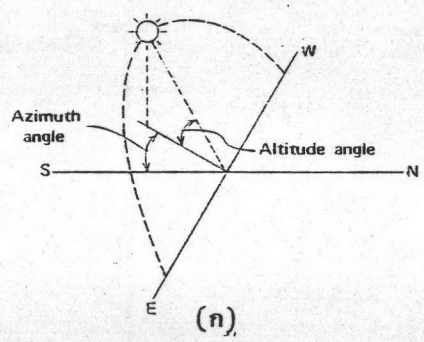
ตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าจะขึ้นอยู่กับมุมแอ็ลติจูด เหนือเส้นระดับขอบฟ้า และมุมอะซิมุต วัดจากมุมในแนวราบ โดยวัดเทียบกับทิศใต้ ในรูป 1.3 ก. เป็นปรากฏการณ์ง่าย ๆ ของการเคลื่อนที่ของโลก ด้วยฤดูกาลต่าง ๆ ในแต่ละเส้นรุ้ง (latitude) ที่เปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ตามสภาวะต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. ในแต่ละเส้นรุ้ง แอ็ลติจูดของดวงอาทิตย์จะสูงสุดในฤดูร้อน และต่ำสุดในฤดูหนาว ส่วนฤดูฝนจะอยู่ระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาว ดังในรูป 1.3 ข.

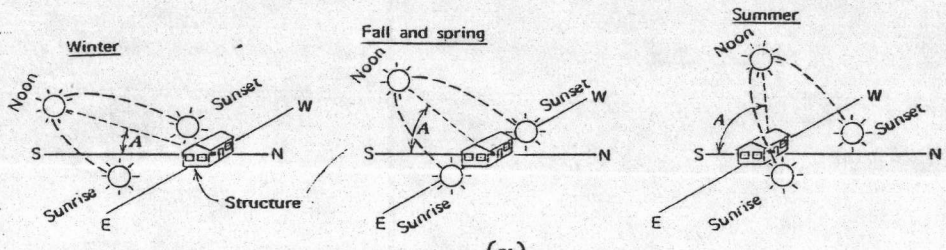
2. ตำแหน่งที่ใกล้เส้นศูนย์สูตร (equator) ค่าสูงสุดของมุมทางตั้งดวงอาทิตย์เหนือเส้นระดับขอบฟ้า (altitude of sun) จะเปลี่ยนแปลงแต่ละเส้นรุ้ง ดังรูป 1.3 ค. สำหรับแต่ละเส้นรุ้งจะเปลี่ยนแปลง $23\frac{1}{2}$ องศา ทุก ๆ ปี และมุมแอ็ลติจูดจะสูงสุดเมื่ออยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร

3. มุมอะซิมุตของดวงอาทิตย์ จะเปลี่ยนแปลงตามเวลาของแต่ละวัน ทั้งมุมอะซิมุตและแอ็ลติจูด เป็นผลทำให้ระดับความสว่างภายนอกอาคารเปลี่ยนแปลง

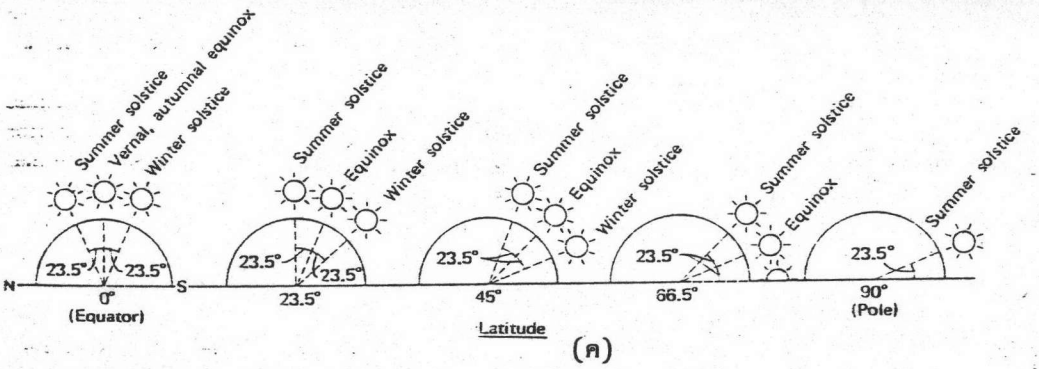
สภาวะต่าง ๆ ของดวงอาทิตย์ ทั้งค่าสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวัน แต่ละเดือนของทุกปี จะมีค่ามุมแอ็ลติจูดและมุมอะซิมุต ของแต่ละเส้นรุ้ง เช่น กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่ที่เส้นรุ้งที่ 13.5 °N และเส้นแวงที่ 100.5 °E ดังนั้น ในแต่ละเส้นรุ้ง ก็จะมีมุมแอ็ลติจูดและอะซิมุตต่าง ๆ กันไป ดังแสดงโดยในตารางผนวกที่ 1.1 และ 1.2



(ก)



(ข)



รูป 1.3 แสดงตัวอย่างตำแหน่งของดวงอาทิตย์ มุมแนวดิ่งเหนือระดับขอบฟ้า (altitude) และมุมในแนวราบของดวงอาทิตย์ (azimuth) โดยวัดเทียบกับทิศใต้

<u>โซลาแอ็ลติจูด</u> (solar altitude) ใช้สัญญลักษณ์ Al

โซลาแอ็ลติจูดเป็นมุมแนวดิ่งของดวงอาทิตย์เหนือเส้นระดับขอบฟ้า จะมีมุมตั้งแต่ 0 - 90 องศา

<u>โซลาอะซิมุต</u> (solar azimuth) ใช้สัญญลักษณ์ Az

โซลาอะซิมุตเป็นมุมทางแนวราบของดวงอาทิตย์ โดยปกติมุมจะวัดเทียบกับทิศใต้ และจะมีมุมตั้งแต่ 0 - 180 องศา

<u>ท้องฟ้าแจ่มใส</u> (clear sky) เป็นสภาวะของท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมไม่เกิน 30 %

<u>ท้องฟ้ามีเมฆมาก</u> (partly cloudy sky) เป็นสภาวะท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุม 30 - 70 %

<u>ท้องฟ้ามืด</u> (overcast sky) เป็นสภาวะท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุม 100 % และไม่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์ได้

<u>ความส่องสว่าง</u> (luminance หรือ brightness) ใช้สัญญลักษณ์ L และหน่วยของค่าความส่องสว่างเป็นฟุตแลมเบริต (footlambert : fl) หรือเป็น นิท(nit), cd/m^2: nt) ; 1fl = 3.426 cd/m^2

ความสว่าง (illumination) ใช้สัญญลักษณ์ E และหน่วยของความสว่างเป็นฟุตแคนเดิล (footcandle : fc) หรือเป็นลักซ์ (Lux) ; lm/m^2 : lx)

อัตราส่วนของความสว่างกับแหล่งกำเนิดความส่องสว่าง (illumination/source luminance) ใช้สัญญลักษณ์ E/L เมื่อ

Ev/L ในกรณีต้องการหาความสว่างในแนวขนานหรือแนวดิ่งกับระนาบ

Eh/L ในกรณีต้องการหาความสว่างในแนวราบหรือแนวระดับกับระนาบ

อัตราส่วนของความกว้างของแหล่งกำเนิดแสงกับความสูงของแหล่งกำเนิดแสง (width of source/height of source) ใช้สัญญลักษณ์ W/H

อัตราส่วนของระยะทางห่างจากแหล่งกำเนิดแสงกับความสูงของแหล่งกำเนิดแสง (distance away from source/height of source ใช้สัญญลักษณ์ D/H

การส่งผ่านของวัสดุ (transmittance) ใช้สัญญลักษณ์ τ

ค่าการส่งผ่านของวัสดุนี้ ขึ้นอยู่กับความสามารถของวัสดุที่จะยอมให้แสงผ่านมากหรือน้อยกี่เปอร์เซนต์

การสะท้อนแสงของวัสดุ (reflectance) ใช้สัญญลักษณ์ R

ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ ขึ้นอยู่กับความสามารถของวัสดุ ที่จะสะท้อนแสงออกจากผิวหน้าวัสดุต่อฟลักซ์ความสว่างที่ตกกระทบผิวหน้าของวัสดุนั้น ดังนั้น ความสามารถในการสะท้อนจึงขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ

อัตราส่วนพื้นที่การส่งผ่านวัสดุกับพื้นที่หน้าต่าง (rotio of transmission area to window area) ใช้สัญญลักษณ์ Af

ค่า Af นี้ เป็นค่าที่คิดเฉพาะกระจกเท่านั้น หรือประมาณ 80 % ของขนาดหน้าต่าง เมื่อลบกรอบหน้าต่างเรียบร้อยแล้ว

ค่าการบำรุงรักษา (maintenance) ใช้สัญญลักษณ์ Km

ค่าการบำรุงรักษานี้ขึ้นอยู่กับระดับของความสกปรก และระยะเวลาของการทำความสะอาด

จำนวนแสงธรรมชาติทั้งหมดที่ตกบนพื้นที่ทำงาน (total daylight on work plane : lx) ใช้สัญญลักษณ์ Ep

จำนวนแสงธรรมชาติทั้งหมดที่ตกบนพื้นที่ทำงานนี้ เป็นผลมาจากแสงธรรมชาติที่ได้รับจากท้องฟ้าและแสงที่ได้จากการสะท้อนของพื้นดิน จึงจะเขียนเป็นสูตรได้ว่า

$$Ep = Es + Eg$$

จำนวนแสงธรรมชาติบนพื้นที่ทำงานที่เป็นผลมาจากท้องฟ้า (work plane daylight resulting from sky : lx) ใช้สัญญลักษณ์ Es

จำนวนแสงธรรมชาติบนพื้นที่ทำงานที่เป็นผลมาจากท้องฟ้านี้ เป็นค่าที่ได้จากเฉพาะท้องฟ้าเพียงอย่างเดียวไม่รวมถึงการสะท้อนจากส่วนอื่น ๆ

จำนวนแสงธรรมชาติบนพื้นที่ทำงาน เป็นผลจากพื้นดิน (work plane daylight from ground : lx) ใช้สัญญลักษณ์ Eg

จำนวนแสงธรรมชาติบนพื้นที่ทำงานเป็นผลจากพื้นดินนี้เป็นค่าความสว่างที่สะท้อนมาจากพื้นดิน หรือพื้นอื่น ๆ เพียงอย่างเดียว

ค่าความสว่างของท้องฟ้าแต่ละตำแหน่งในแนวดิ่ง (sky illumination on different vertical surfaces) ใช้สัญญลักษณ์ Ew

ค่าความสว่างของท้องฟ้าแต่ละตำแหน่งในแนวดิ่ง ค่านี้ได้จากการวัดความสว่างในทิศทางตำแหน่งต่าง ๆ โดยการเทียบตำแหน่งกับการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ เป็นค่าความสว่างเฉพาะท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว

ค่าความสว่างของท้องฟ้าในแนวราบ (sky illumination on horizontal surface) ใช้สัญญลักษณ์ Eh1

ค่าความสว่างของท้องฟ้าในแนวราบค่านี้ได้จากการวัดความสว่างทางแนวราบเฉพาะ

ท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว

ค่าเฉลี่ยความสว่างดวงอาทิตย์ในแนวราบ (horizontal average solar illumination) ใช้สัญญลักษณ์ Eh2

ค่าเฉลี่ยความสว่างดวงอาทิตย์ในแนวราบเป็นค่าที่ได้จากการวัดความสว่างเฉพาะดวงอาทิตย์ในแนวราบ (เฉพาะดวงอาทิตย์อย่างเดียว)

ค่าสัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์ (coefficient of utilization) ใช้สัญญลักษณ์ Ku

ค่าสัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์ เป็นผลมาจากการออกแบบการรับแสง การควบคุมแสงธรรมชาติ การสะท้อนแสงภายในอาคาร และขนาดสัดส่วนของห้องซึ่งจะแสดงให้ทราบถึงสามค่า คือ Ku(max), Ku(mid) และ Ku(min)

องค์ประกอบแสงธรรมชาติ (daylight factor) ใช้สัญญลักษณ์ DF

$$DF = \frac{\text{ความสว่างของแสงในแนวราบที่จุดภายในอาคาร (Eh)}}{\text{ความสว่างของแสงในแนวราบภายนอกอาคารโดยไม่มีสิ่งกีดขวางท้องฟ้า (Eh1)}}$$

ค่าองค์ประกอบของแสงธรรมชาตินี้ เป็นค่าที่ใช้งานจริง ๆ ที่รวมทั้งค่าการบำรุงรักษาค่าการส่งผ่านของกระจก และองค์ประกอบที่ใช้แก้ไขเรียบร้อยแล้ว

องค์ประกอบแสงธรรมชาติเบื้องต้น (initial daylight factor) ใช้สัญญลักษณ์ IDF ค่าองค์ประกอบนี้เป็นค่าที่ยังไม่ได้รวมกับค่าองค์ประกอบที่ใช้แก้ไข

องค์ประกอบที่ใช้แก้ไข (correction factor) ใช้สัญญลักษณ์ CF

องค์ประกอบที่ใช้แก้ไข เป็นค่าที่ใช้แก้ไขเมื่ออาคารที่ต้องการออกแบบรับแสงธรรมชาติ ถูกสิ่งกีดขวางบังที่หน้าต่าง สิ่งกีดขวางเหล่านี้อาจเป็นอาคารอื่น ๆ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่น ๆ อีก เช่น ค่าการส่งผ่านของกระจก, ความสกปรกของกระจก และช่วงเวลาการใช้งาน

อัตราส่วนความลึกของห้องต่อความสูงของหน้าต่าง (room depth/window height) ใช้สัญญลักษณ์ Rd/H

โดยเฉพาะค่าความสูงของหน้าต่าง จะคิดความสูงหน้าต่างเพียงอย่างเดียวไม่รวมธรณีหน้าต่างหรือส่วนที่ติดกับเพดาน

เปอร์เซนต์ความกว้างหน้าต่าง (Percent width of window) ใช้สัญญลักษณ์ Wd

$$Wd = \frac{\text{ความกว้างของหน้าต่าง}}{\text{ความยาวผนังห้องที่ติดหน้าต่าง}}$$