แนวทางการสร้างแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น

นายกิตติพงศ์ เอี่ยมรัตนวงศ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5250-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 21594557

AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR NATURAL LIGHTING IN BUILDINGS IN HOT – HUMID CLIMATE

Mr. Kittipong Iamruttanawong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Architecture

Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-5250-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการสร้างแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น
โดย	นาย กิตติพงศ์ เอี่ยมรัตนวงศ์
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติพงศ์ เอี่ยมรัตนวงศ์ : แนวทางการสร้างแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. (AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR NATURAL LIGHTING IN BUILDINGS IN HOT – HUMID CLIMATE) อ. ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน, อ.ที่ปรึกษาร่วม: ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 162 หน้า. ISBN 974-17-5250-4.

การใช้แสงธรรมชาติเพื่อทดแทนแสงประดิษฐ์ในอาคารปรับอากาศต้องคำนึงถึงภาระการทำความเย็น (cooling load) ที่เพิ่มขึ้นจากความร้อนที่มากับแสงธรรมชาติ การใช้แสงธรรมชาติโดยทั่วไปมักพบปัญหาที่ระดับความส่องสว่าง ไม่สม่ำเสมอ บริเวณใกล้ช่องแสงมีระดับความส่องสว่างสูงและค่อยๆลดต่ำลงจนไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จึงไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบประเมินสำหรับอาคารที่ใช้แสงธรรมชาติจากช่องแสงด้านข้างโดยเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่างที่ได้จากแสงธรรมชาติกับค่ามาตรฐานความส่องสว่างสากล (IES) เพื่อประเมินศักยภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคารที่พิจารณา

การวิจัยนี้ทำการศึกษาอิทธิพลและความสัมพันธ์ของตัวแปรในการนำแสงธรรมชาติด้านข้างมาใช้ภายในอาคารเท่านั้น โดยคำนวณหาความส่องสว่างภายในอาคารด้วยวิธี Sky Factor ของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ รูปแบบและอัตราส่วนของช่องแสง ความแปรปรวนของสภาพท้องฟ้า การเปลี่ยนตำแหน่งและการโคจรของดวงอาทิตย์ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายนอกอาคาร ค่าความสกปรกของท้องฟ้าและสภาพบรรยากาศ ค่าการส่องผ่านของแสง พื้นที่สุทธิของช่องแสง เพื่อกำหนดเกณฑ์ของแบบประเมินค่าความส่องสว่าง (ลักซ์) และภาระการทำความเย็น (วัตต์ต่อตารางเมตร) เพื่อใช้สำหรับประเมินการนำแสงธรรมชาติด้านข้างเข้ามาภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการวิจัยพบว่า การใช้แสงธรรมชาติด้านข้างในอาคารพักอาศัยที่เหมาะสม มีระดับความส่องสว่างเท่ากับ 250 ลักซ์ และภาระการทำความเย็นสูงสุดเท่ากับ 0.365 วัตต์ต่อตารางเมตร ในอาคารสำนักงานที่เหมาะสม มีระดับความส่องสว่างเท่ากับ 350 ลักซ์ และภาระการทำความเย็นสูงสุดเท่ากับ 0.731 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยที่ไม่น้อยกว่าหรือมากกว่าค่ามาตรฐานดังกล่าว ถ้ามากกว่าค่ามาตรฐานแสดงว่ามีแสงสว่างที่มากไป มีปริมาณความร้อนสูง และถ้าน้อยกว่าค่ามาตรฐานแสดงว่ามีแสงสว่างที่น้อยไป ไม่เพียงพอต่อการใช้งานภายใน

ผลการทดสอบแบบประเมินที่สร้างขึ้นกับอาคารพักอาศัยตัวอย่างจำนวน 2 หลัง ได้แก่บ้านพักอาศัยทั่วไป และบ้านที่ออกแบบให้มีการประหยัดพลังงาน พบว่าบ้านพักอาศัยทั่วไปจัดเป็นอาคารที่มีศักยภาพในการใช้แสงธรรมชาติในอาคารระดับ 2 เป็นระดับที่พอใช้ บ้านที่ออกแบบให้มีการประหยัดพลังงานจัดเป็นอาคารที่มีศักยภาพในการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเบอร์ 4 เป็นระดับที่ดี และสำนักงานตัวอย่างจำนวน 2 หลัง ได้แก่สำนักงานทั่วไป และสำนักงานที่ออกแบบให้มีการประหยัดพลังงาน พบว่าสำนักงานทั่วไปจัดเป็นอาคารที่มีศักยภาพในการใช้แสงธรรมชาติในอาคารระดับ 2 เป็นระดับที่พอใช้ สำนักงานที่ออกแบบให้มีการประหยัดพลังงาน จัดเป็นอาคารที่มีศักยภาพในการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเบอร์ 4 เป็นระดับที่ดี ผลที่ได้จากการทดสอบแบบประเมินที่สร้างขึ้นพบว่า การใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องมีปริมาณความส่องสว่างภายในตามมาตรฐานที่กำหนด ไม่ทำให้เกิดภาระการทำความเย็นภายในอาคาร

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2546 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4574106725: MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: DAYLIGHTING / ENERGY CONSERVATION / SIDE LIGHTING DESIGN

KITTIPONG IAMRUTTANAWONG: AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR NATURAL LIGHTING IN BUILDINGS IN HOT – HUMID CLIMATE. THESIS ADVISOR: ASSISTANT PROFESOR PHANCHALATH SURIYOTHIN, THESIS COADVISOR: PROFESOR Dr. SOONTORN BOONYATIKARN, 162 pp. ISBN 974-17-5250-4.

The use of natural lighting in buildings to substitute artificial lighting in air-conditioned building needs particular consideration on additional cooling load due to transmitting light. Prevalently, the difficulty in integrating natural lighting in architectures is a discrepancy of light distribution throughout a space, a gradation of high illuminance levels at the area near the opening to low levels at the rear of the rooms, which is insufficient for human performance. These inherent problems result in fruitless daylighting applications. This research, therefore, aims to generate an energy conservation index for estimating daylighting applications in side-lit buildings. The methodology to obtain the energy conservation index is by comparisons of illuminance levels collected from the studied buildings to those stated in Illuminance Recommendations Standard of IES.

The research focused solely on the influences and relationships of various variables relating to daylighting applications in sidelit buildings by calculating illuminance levels based on Sky Factor. A number of variables involving in the calculation were configurations, proportions and areas of openings, sky conditions, the sun's orientation and altitude, internally-reflected component of the rooms, external-reflected component, atmospheric depletion, and light transmission. The results were used to establish the criteria for an assessment of illuminance levels (Lux) and the cooling load (Watt / m^2) in order to evaluate a productive use of natural lighting in side-lit buildings.

From the research, an optimum use of natural lighting in side-lit domestic buildings has an illuminance level of 250 lux and a maximum cooling load of 0.365 watt / m^2. The applicable value for office buildings was 350 lux and 0.731 watt / m^2, for an illuminance level and cooling load respectively. For each building category, any values surpassed these standard values suggested an excessive illumination, which contributed to high solar gains, and hence cooling loads. In contrast, should the values fall below these standard values, interior illumination was inadequate for task lighting.

Applying the energy conservation index, an evaluation on two domestic buildings showed that the selected typical house was rated as level 2, a fair utilization of natural lighting in buildings, while the tested energy-saving house was granted for level 4, a good level of natural lighting applications. The assessment was also carried out on two office buildings, which again measured the performances of natural lighting applications in a typical office and an energy-concerned building. In correlation to the result of the typical house, natural lighting adopt in the conventional office was assessed as fair, with the rating of 2. A good level of natural lighting application was found in the energy-saving office which was classified as level 4. The results suggested that an effective use of natural lighting in buildings required internal illuminance levels in accordance to the recommended Standard which do not increase cooling load.

Department	Architecture	Student's signature.....
Field of study	Architecture	Advisor's signature.....
Academic year	2003	Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปโดยดี เนื่องด้วยความช่วยเหลือของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับคำแนะนำ ข้อคิดเห็น และความอนุเคราะห์ต่างๆ ในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น แนวทางเพิ่มเติม อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ เป็นอย่างดี นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณรุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ คุณชญาณิน จิตรานุเคราะห์ คุณกมล เกียรติเรืองกมลา คุณสุรีพรรณ์ สุพรรณสมบูรณ์ และคุณปัทมาพร ศิริผลวุฒิชัย รวมถึงเพื่อนร่วมรุ่นทุกท่าน สำหรับข้อคิดเห็น ความช่วยเหลือ และกำลังใจทั้งหลาย

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา – มารดา ซึ่งให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน รวมทั้งทุกคนในครอบครัว สำหรับกำลังใจ ความช่วยเหลือ และความห่วงใยเสมอมา จนสามารถสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....จ

กิตติกรรมประกาศ .....ฉ

สารบัญ .....ช

สารบัญตาราง .....ฌ

สารบัญรูปภาพ .....ฎ

สารบัญแผนภูมิ .....ฑ

บทที่ 1 บทนำ

1. 1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาของการศึกษา 2

1. 2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1. 3 ขอบเขตของการวิจัย 4

1. 4 ระเบียบวิธีวิจัย 5

1. 5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง 8

2. 2 พฤติกรรมของแสง 9

2. 3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง (Illuminance Theory) 14

2. 4 คุณสมบัติอื่นๆ ของแสง 17

2. 5 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ 19

2. 6 ทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์ 21

2. 7 การแผ่รังสีของแสงจากดวงอาทิตย์ 24

2. 8 การแผ่รังสีของแสงจากท้องฟ้า 27

2. 9 สภาพท้องฟ้า (Sky Condition) 35

2. 10 ทฤษฎีการให้ความสว่างแก่อาคารโดยอาศัยแสงธรรมชาติ 38

2. 11 แสงธรรมชาติในภูมิอากาศเขตร้อน 46

2. 12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 48

2. 13 สรุปตัวแปรที่เกี่ยวข้องที่จะนำไปใช้ในงานวิจัย 51

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

3. 1 ขอบเขตของตัวแปรในทำการวิจัย 52

3. 2 แบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ 69

3. 3 วิธีการใช้แบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ 78

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4. 1 อาคารพักอาศัยแบบทั่วไป : บ้านลอยชาย (บ้านชั้นครึ่ง) 90

4. 2 อาคารพักอาศัยที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน : บ้านสาธิต แบบ Active 105

4. 3 สรุปผลการทดสอบแบบประเมินบ้านพักอาศัย 120

4. 4 อาคารสำนักงานทั่วไป : Memorialpark 121

4. 5 อาคารสำนักงานที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน : Memorialpark ที่ปรับปรุงเพื่อการประหยัดพลังงาน 124

4. 6 สรุปผลการทดสอบแบบประเมินอาคารสำนักงาน 127

4. 7 ผลที่ได้จากการทดสอบแบบประเมินค่าที่สร้างขึ้น 128

บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ

5. 1 สรุปผลการวิจัย 129

5. 2 ข้อเสนอแนะ 131

รายการอ้างอิง 135

รายการอ้างอิงสมการ 138

ภาคผนวก

ก แสดงลักษณะความต้องการพลังงานไฟฟ้าในวันที่มีการใช้พลังงานสูงสุด พ.ศ. 2526-2543 144

ข ตารางแสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ มุมโพรไฟล์ (Profile Angle) มุม (Azimuth Angle) 145

ค ตารางแสดงค่าความสว่างท้องฟ้า เมื่อพิจารณาจากเส้นรุ้ง (Latitude) ของตำแหน่งที่ตั้ง 146

ง แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความสว่าง และปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ 147

จ แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 149

ฉ ค่าความส่องสว่างภายในอาคาร (Sky Factor) ที่เกิดจากอัตราส่วนของความกว้างช่องเปิดต่อระยะห่างจากช่องเปิด และอัตราส่วนของความสูงช่องเปิดต่อระยะห่างจากช่องเปิด 152

ช ค่าเฉลี่ยรังสีกระจายในระนาบตั้ง และระนาบนอน ตามทิศต่างๆ 153

ซ รูปแผนภูมิ และฐานข้อมูลความเข้มแสงสว่าง ที่ได้จาก Sky scanner ของทุกชั่วโมงในแต่ละเดือน ณ ตำแหน่งที่ว่าการอำเภอ และจังหวัดทั่วประเทศ 154

ฌ แสดงการคำนวณค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ด้วยวิธี Sky Factor กับบ้านพักอาศัย 157

ญ หน่วยความส่องสว่าง 161

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 162

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 - 1 แสดงประสิทธิภาพของหลอดไฟ และแสงธรรมชาติ 2

2 - 1 แสดงค่าความส่องสว่าง ในแต่ละพื้นที่ใช้งาน ตามมาตราฐาน CIE 16

2 - 2 แสดงที่ตั้งของจังหวัดต่างๆที่สำคัญ ในประเทศไทยของแต่ละภูมิภาค ตามแนวละติจูด และลองติจูด 22

2 - 3 ค่าคงที่ของความส่องสว่างของท้องฟ้าที่เซนิท (Sky zenith illuminance) สำหรับท้องฟ้าในลักษณะ Overcast sky, ZL = 0.409 ในแต่ละมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ 28

2 - 4 แสดงค่า Daylight Factor ที่พอเพียงต่อการใช้งานในพื้นที่ต่างๆ 46

3 - 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของสิ่งบดบัง (C) ที่ใช้ในการคำนวณ 55

3 - 2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเฉลี่ยสำหรับการคำนวณโดยวิธี Sky Factor 56

3 - 3 แสดงค่าความส่องสว่างกระจายจากท้องฟ้าในระนาบตั้ง และระนาบนอน 58

3 - 4 แสดงค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายนอกอาคาร 60

3 - 5 ค่าตัวแปรการลดทอนความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ 62

3 - 6 แสดงค่าความส่องสว่าง (Lux) ตามมาตรฐานสากล (IES) 66

3 - 7 แสดงระดับคะแนน ตามค่าความส่องสว่าง (Lux) มาตรฐานตามแต่ละกิจกรรม 67

3 - 8 แสดงระดับคะแนน ตามค่าความส่องสว่าง (วัตต์ต่อตารางเมตร) ตามความต้องการแต่ละกิจกรรม 68

4 – 1 แสดงการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของบ้านลอยชายที่ต้องการในการนำมาทดสอบแบบประเมิน การใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ 93

4 – 2 แสดงผลการคำนวณค่าความส่องสว่างที่ได้รับจากแสงธรรมชาติบริเวณ B (watt / m^2) บ้านลอยชาย 101

4 – 3 ระดับคะแนนรวม การใช้แสงธรรมชาติในอาคาร บ้านลอยชาย เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ 104

4 – 4 แสดงการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของบ้านสาธิต แบบ Active ที่ต้องการในการนำมาทดสอบแบบประเมิน การใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ 108

4 – 5 แสดงผลการคำนวณค่าความส่องสว่างที่ได้รับจากแสงธรรมชาติบริเวณ B (watt / m^2) บ้านสาธิต แบบ Active 116

4 – 6 ระดับคะแนนรวม การใช้แสงธรรมชาติในอาคารบ้านสาธิต แบบ Active เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ 120

4 – 7 แสดงการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของอาคารสำนักงาน Memorialpark ที่ต้องการในการนำมาทดสอบแบบประเมิน การใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ 123

4 – 8 ระดับคะแนนรวม การใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน Memorialpark เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ 124

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4 – 9 แสดงการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของอาคารสำนักงาน Memorialpark ที่ปรับปรุงเพื่อการประหยัดพลังงาน ที่ต้องการในการนำมาทดสอบแบบประเมิน การใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ 126

4 – 10 ระดับคะแนนรวม การใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน Memorialpark ที่ปรับปรุงเพื่อการประหยัดพลังงาน เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ 127

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ หน้า

2 - 1 แสดงความถี่ และความยาวคลื่นของพลังงานต่างๆ 8

2 - 2 สเปกตรัมของคลื่นแสงในช่วงที่ตามองเห็น เกิดการหักเหไม่เท่ากันของความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน 9

2 - 3 พฤติกรรมของแสงเมื่อกระทำกับวัตถุ 10

2 - 4 การดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง 10

2 - 5 การสะท้อนของแสงแบบ Specula Reflection 11

2 - 6 การสะท้อนของแสงแบบกระจาย (Diffuse Reflection) การสะท้อนแบบกระจกเงา (Perfect diffuse reflection) การสะท้อนแบบกึ่งกระจาย (Semi diffuse reflection) 11

2 - 7 การสะท้อนของแสงแบบผสม ระหว่างการสะท้อนแบบกระจกเงา และแบบสะท้อนกระจาย 12

2 - 8 แสงตกกระทบตัวกลาง เกิดการหักเหของแสงแล้วทะลุผ่าน 12

2 - 9 แสงทะลุผ่านตัวกลาง และทะลุผ่านแบบกระจาย 13

2 - 10 ปริมาณการส่องสว่าง (Luminous flux) 14

2 - 11 ความเข้มของการส่องสว่าง เปลี่ยนแปลงไปตามมุมที่ทำกับแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสง 15

2 - 12 แสดงปริมาณการส่องสว่าง 1 cd ตามกฎกำลังสองผกผัน ที่ระยะทางต่างๆ จากแหล่งกำเนิดแสง 17

2 - 13 ความเปรียบต่าง (contrast) ความส่องสว่างของวัตถุเมื่อเทียบกับสภาพข้างเคียงในการมองเห็นวัตถุ 18

2 - 14 สเปกตรัมที่มาจากของรังสีดวงอาทิตย์ ที่มีความยาวคลื่นต่างกันสามลักษณะ 20

2 - 15 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ จากมุม อัลติจูด (a_{γ}, altitude) และมุมอะซิมุท (a_{z}, azimuth) 21

2 - 16 ค่าของมุมต่างๆ มีใช้ในสมการ 29

2 - 17 ค่าความส่องสว่างของดวงอาทิตย์ ในแต่ละมุมอัลติจูด และ มุมอัลซิมุทของดวงอาทิตย์ 32

2 - 18 ค่าความส่องสว่างของดวงอาทิตย์ในแนวระนาบตั้ง ตามมุมอัลติจูด และมุมอัลซิมุทของดวงอาทิตย์ 33

2 - 19 ค่าความส่องสว่างของดวงอาทิตย์ในแนวระนาบนอนในแต่ละมุมอัลติจูด และมุมอัลซิมุทของดวงอาทิตย์ 34

2 – 20 รูปแสดงท้องฟ้าแบบ Clear Sky 35

2 - 21 รูปแสดงท้องฟ้าโปร่ง และมุมแบริ่ง (Bearing Angle) 36

2 - 22 รูปแสดงท้องฟ้าแบบ Overcast Sky 38

2 - 23 ความส่องสว่างที่ระยะความลึกต่างๆ ของห้องด้วยวิธีการคำนวณแบบ Lumen Method 40

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

2 - 24 เดยไลท์แฟกเตอร์ เมื่อ A) องค์ประกอบจากท้องฟ้า (sky component, SC), B) องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายนอก (Exterior reflective component, ERC), C) องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายใน (Interior reflective component, IRC) 45

2 – 25 จุดที่ต้องการทราบความส่องสว่างแสงตรงจากช่องเปิดที่ต่างระดับกับมุมขอบล่างของช่องเปิด....49

2 – 26 จุดที่ต้องการทราบความส่องสว่างแสงตรงจากช่องเปิดระหว่างขอบช่องเปิดทั้งสองด้าน....50

3 - 1 แสดงตำแหน่งอ้างอิง (P) ในการคำนวณหาอัตราส่วนความกว้างของช่องแสงต่อระยะห่างจากช่องแสง (W / D) และอัตราส่วนความสูงของช่องแสงต่อระยะห่างจากช่องแสง (H / D) 52

3 - 2 The Split-Flux principle ในการคำนวณหาค่าการสะท้อนแสงภายในอาคาร (IRC) 55

3 - 3 แสดงการเคลื่อนที่ของโลกรอบดวงอาทิตย์ 57

3 - 4 (ก) แสดงมุมต่างๆของดวงอาทิตย์ (ข) แสดงมุมของเงาแดดทางตั้ง สำหรับคำนวณหาความยาวของครีบกันแดดในแนวนอน (ค) แสดงเส้นเงาในแนวระนาบ สำหรับคำนวณหาความยาวของครีบกันแดดในแนวตั้ง 58

3 - 5 แสดงมุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำในระนาบตั้ง และระนาบนอนต่อพื้นผิว 59

3 - 6 ค่าความส่องสว่างภายนอกก่อนเข้าสู่ช่องแสงประกอบด้วย A) รังสีกระจายในระนาบตั้งจากท้องฟ้า และ B) รังสีกระจายในระนาบนอนที่สะท้อนจากพื้นดิน ก่อนเข้าสู่ช่องแสง....59

3 - 7 (ก) แสดงพื้นที่กรอบช่องแสง 60 % (ข) แสดงพื้นที่กรอบช่องแสง 80 % (ค) แสดงพื้นที่กรอบช่องแสง 92 % (ง) แสดงพื้นที่กรอบช่องแสง 100 % 65

3 – 8 แสดงบริเวณพื้นที่การมองเห็น และอัตราส่วนค่าความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานในอาคารพักอาศัย 66

4 – 1 แสดงทัศนียภาพบ้านลอยชาย (บ้านชั้นครึ่ง)....90

4 – 2 แสดงผังพื้น ชั้น 1 บ้านลอยชาย (บ้านชั้นครึ่ง) 91

4 – 3 แสดงผังพื้น ชั้น 2 บ้านลอยชาย (บ้านชั้นครึ่ง) 91

4 – 4 แสดงรูปด้านหน้า บ้านลอยชาย (บ้านชั้นครึ่ง) 92

4 – 5 แสดงรูปด้านข้าง บ้านลอยชาย (บ้านชั้นครึ่ง) 92

4 – 6 แสดงทัศนียภาพบ้านสาธิต แบบ Active 105

4 – 7 แสดงผังพื้น ชั้น 1 บ้านสาธิต แบบ Active 105

4 – 8 แสดงผังพื้น ชั้น 2 บ้านสาธิต แบบ Active 106

4 – 9 แสดงผังพื้น ชั้น 3 บ้านสาธิต แบบ Active 106

4 – 10 แสดงรูปด้านหน้า บ้านสาธิต แบบ Active 106

4 – 11 แสดงรูปด้านหลัง บ้านสาธิต แบบ Active....107

4 – 12 แสดงผังพื้น อาคารสำนักงาน Memorialpark 121

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4 – 13 แสดงรูปด้านหน้า อาคารสำนักงาน Memorialpark.....122
4 – 14 แสดงผังพื้น อาคารสำนักงาน Memorialpark ที่ปรับปรุงเพื่อการประหยัดพลังงาน 124
4 – 15 แสดงรูปด้านหน้า อาคารสำนักงาน Memorialpark ที่ปรับปรุงเพื่อการประหยัดพลังงาน 125

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ หน้า

3 – 1 แสดงค่าความส่องสว่าง Sky Factor ภายในอาคารที่เกิดจากอัตราส่วนของความกว้างช่องแสงต่อระยะห่างจากช่องแสง และอัตราส่วนของความสูงช่องแสงต่อระยะห่างจากช่องแสง 53

3 – 2 แสดงค่าค่ารังสีกระจายในระนาบนอนที่สะท้อนจากพื้นดิน ก่อนเข้าสู่ช่องแสงตามทิศทางต่างๆ 61

3 - 3 แสดงค่าความส่องสว่างที่ลดลงเนื่องจากความสกปรกขององท้องฟ้า (Atmospheric Turbidity).....62

3 - 4 แสดงค่าความส่องสว่างที่ลดลงเนื่องจากสภาพบรรยากาศ (Atmospheric Moisture).....63

3 - 5 แสดงค่าความส่องสว่างที่ลดลงเนื่องจากการส่องผ่านของแสง ผ่านวัสดุช่องแสง (Light Transmission from Fenestration).....64

3 - 6 แสดงค่าความส่องสว่างที่ลดลงเนื่องจากความทึบแสงของช่องแสง (Light Transmission from Material).....64

3 - 7 แสดงค่าความส่องสว่างที่ลดลงเนื่องจากพื้นที่กรอบช่องแสง 65

3 - 8 แสดงระดับความส่องสว่างภายใน ในแต่ละกิจกรรมตามมาตรฐานความส่องสว่างสากล (watt / m2) 68

3 - 9 แสดงแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่องแสงด้านข้าง (Side lighting) แบบประเมินที่ 1 - 4.....69

3 - 10 แสดงแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่องแสงด้านข้าง (Side lighting) แบบประเมินที่ 5 - 8.....70

3 - 11 แสดงแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่องแสงด้านข้าง (Side lighting) แบบประเมินที่ 9 - 12.....71

3 - 12 แสดงแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่องแสงด้านข้าง (Side lighting) แบบประเมินที่ 13 - 15.....72

3 - 13 แสดงแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่องแสงด้านข้าง (Side lighting) แบบประเมินที่ 16.....73

3 - 14 แสดงแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่องแสงด้านข้าง (Side lighting) แบบประเมินที่ 17 - 18.....74

3 - 15 แสดงแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่องแสงด้านข้าง (Side lighting) แบบประเมินที่ 19 - 21.....75

3 - 16 แสดงแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่องแสงด้านข้าง (Side lighting) แบบประเมินที่ 22 - 24.....76

3 - 17 แสดงแบบประเมินการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่องแสงด้านข้าง (Side lighting) แบบประเมินที่ 25 - 27.....77

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่ หน้า

3 - 18 แสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลเบื้องต้น เพื่อนำมาหาค่า Sky Factor โดยใช้อัตราส่วนอัตราส่วน W / D (ความกว้างช่องแสง / ระยะห่างจากช่องแสง) และอัตราส่วน H / D (ความสูงช่องแสง / ระยะห่างจากช่องแสง) 78

3 – 19 แสดงขั้นตอนการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเฉลี่ยภายในอาคาร เพื่อนำมาหาค่าสัดส่วนของ Sky Factor ที่จุดอ้างอิง....79

3 – 20 แสดงการหาปริมาณแสงสว่างที่สะท้อนพื้นดินก่อนเข้าสู่อาคาร 79

3 – 21 แสดงการหาปริมาณแสงสว่างที่ผ่านช่องแสงเข้าสู่อาคาร (Ext) และการเก็บข้อมูลที่มีผลต่อการลดทอนแสงสว่างที่จะผ่านช่องแสงเข้ามาภายในอาคาร 80

3 – 22 แสดงการหาปริมาณแสงสว่างที่ผ่านช่องแสงเข้าสู่อาคาร (Ext) ที่ผ่านค่าความสกปรกของท้องฟ้า (atm t) และสภาพบรรยากาศ (atm m) 81

3 – 23 แสดงการหาปริมาณแสงสว่างที่ผ่านช่องแสงเข้าสู่อาคาร (Ext) ที่ผ่านค่าการส่องผ่านของช่องแสง (VT) 81

3 – 24 แสดงการหาความส่องสว่างภายในอาคาร (Avg Ei) 82

3 – 25 แสดงการหาความส่องสว่างภายในอาคาร (Avg Ei) ทั้ง 9 จุด....82

3 – 26 แสดงค่าความส่องสว่างภายในที่ระดับความส่องสว่างมาตรฐานตามกิจกรรมในห้องที่จะทำการประเมิน 83

3 – 27 แสดงความสว่างภายในอาคาร A) บริเวณที่มีแสงมากเกิน B) บริเวณที่มีแสงพอดี C) บริเวณที่มีแสงน้อยไป....84

3 – 28 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในที่ต้องการเพิ่ม และลด (lux, lm/m^2) 84

3 – 29 แสดงปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร เนื่องจากปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้น....85

3 – 30 แสดงค่าระดับคะแนนในเรื่องการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารแต่ละช่องแสงที่ทำการประเมิน86

3 – 31 แสดงการหาค่าปริมาณความร้อนเนื่องจากความส่องสว่างที่ต้องการเพิ่ม 86

3 – 32 แสดงระดับคะแนนในเรื่องการใช้แสงธรรมชาติในอาคารผ่านทางช่องแสงจากด้านข้าง เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ บริเวณ B 87

3 – 33 แสดงการหาค่าปริมาณความร้อนเนื่องจากความส่องสว่างที่ต้องการลด....88

3 – 34 แสดงระดับคะแนนในเรื่องการใช้แสงธรรมชาติในอาคารผ่านทางช่องแสงจากด้านข้าง เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ บริเวณ A 88

3 – 35 แสดงระดับคะแนนในเรื่องการใช้แสงธรรมชาติในอาคารผ่านทางช่องแสงจากด้านข้าง เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ของอาคารที่ทำการประเมิน 89

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่ หน้า

4 – 1 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 1 และ 2 94
4 – 2 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 3 และ 4 94
4 – 3 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 5 95
4 – 4 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 6 7 และ 8 95
4 – 5 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 9 และ 10 96
4 – 6 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 11 และ 12 96
4 – 7 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 13 และ 14 97
4 – 8 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 15 97
4 – 9 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 16 98
4 – 10 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 17 99
4 – 11 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 18 99
4 – 12 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 19 และ 20 100
4 – 13 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 21 100
4 – 14 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 22 และ 23 101
4 – 15 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 24 102
4 – 16 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 25 102
4 – 17 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 26 103
4 – 18 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้างของบ้านลอยชาย แบบประเมินที่ 27 103
4 – 19 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 1 และ 2 109
4 – 20 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 3 และ 4 109
4 – 21 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 5 110
4 – 22 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 6 7 และ 8 110
4 – 23 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 9 และ 10 111
4 – 24 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 11 และ 12 111
4 – 25 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 13 และ 14 112
4 – 26 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 15 112
4 – 27 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 16 113
4 – 28 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 17 114
4 – 29 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 18 114
4 – 30 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 19 และ 20 115
4 – 31 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 21 115

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่ หน้า

4 – 32 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 22 และ 23 117
4 – 33 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 24 117
4 – 34 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 25 118
4 – 35 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 26 118
4 – 36 แสดงแบบประเมิน ช่องแสงด้านข้าง บ้านสาธิตแบบ Active แบบประเมินที่ 27 119
5 – 1 แสดงระดับคะแนนที่ใช้ในการประเมินค่าการใช้แสงธรรมชาติในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมี... 131

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย