

รูปแบบของอุปกรณ์บังคับที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน  
: การให้แสงสว่างธรรมชาติ และลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร

นางสาวกนกวรรณ อุลันโน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร บัณฑิตกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-753-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**THE APPROPRIATE OF SHADING DEVICES FOR CLASSROOMS  
: DAYLIGHT UTILIZATION AND HEAT GAIN REDUCTION**

**Miss Kanokwan Usanno**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree of Master of Architecture**

**Department of Architecture**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

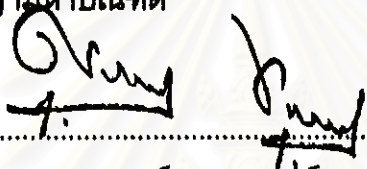
**Academic Year 1996**

**ISBN 974-636-753-6**


หัวข้อวิทยานิพนธ์      รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน :  
การให้แสงสว่างธรรมชาติและลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร  
โดย                              นางสาว กนกวรรณ อุสันโน  
ภาควิชา                              สถาปัตยกรรมศาสตร์  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม      อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน

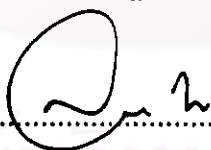
---


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการ  
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

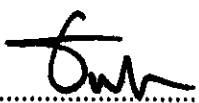
  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์ )

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์ )

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
( รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ )

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
( อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน )

  
..... กรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิก )

## พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

กนกวรรณ อุสันโน : รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน : การให้แสงสว่างธรรมชาติ และลดการถ่ายเท ความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร (THE APPROPRIATE OF SHADING DEVICES FOR CLASSROOMS : DAYLIGHT UTILIZATION AND HEAT GAIN REDUCTION) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ.พรรณชลัท สุริโยธิน ; 160 หน้า, ISBN 974-636-753-6

การศึกษารูปแบบที่เหมาะสมของอุปกรณ์บังแดดสำหรับอาคารเรียนที่มีการปรับอากาศ ในเชิงการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติและการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยแยกออกเป็น ช่องเปิดที่หันไปทางทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ทำการศึกษาปริมาณการส่องสว่างและลักษณะการกระจายแสงภายในห้องเรียน ที่มีอุปกรณ์บังแดดรูปแบบมาตรฐานเป็นตัวแทนของอุปกรณ์บังแดดที่ใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน 12 รูปแบบ เปรียบเทียบกับห้องเรียนขนาดเดียวกันที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด รวมเป็น 13 รูปแบบ แบ่งรูปแบบของอุปกรณ์เป็นอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน อุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง และ อุปกรณ์บังแดดในแนวนอนประกบกับแนวตั้ง ที่มีขนาดความกว้าง ระยะยื่นจากอาคาร และความถี่ต่างๆ การวิจัยนี้ทำภายในSkydome โดยการสร้างหุ่นจำลองที่มีอุปกรณ์บังแดดรูปแบบมาตรฐาน 13 รูปแบบ ทำการจำลองสภาพท้องฟ้าภายในSkydome ให้อยู่ในสภาพท้องฟ้าโปร่ง(Clear Sky) กำหนดตำแหน่งของดวงไฟ ให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งดวงอาทิตย์ในวันที่ทำมุมสูงสุดกับโลกในทิศทางต่างๆ คือวันที่ 21 มีนาคม, 22 มิถุนายน, 23 กันยายน และ 22 ธันวาคม (อาศัยค่ามุมในแนวราบ Azimuth Angle และมุมในแนวระดับ Altitude Angle เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง) โดยถือว่าวันดังกล่าวเป็นตัวแทนของวันทั้งหมดในรอบปี ทำการทดสอบระหว่างเวลาที่อาคารเรียนมีการใช้งานคือ 8:00 -16:00 น. เพื่อศึกษาระดับการส่องสว่าง ณตำแหน่งพื้นที่ใช้งาน ประกอบการคำนวณค่าพลังงานที่ต้องใช้เพิ่มเติมในส่วนของการประดิษฐ์และการกระทำความเป็นอันเนื่องมาจากช่องเปิด

ผลจากการวิจัยพบว่า รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับช่องเปิดในแต่ละทิศมีความแตกต่างกัน ช่องเปิดของอาคารทางด้านทิศเหนือซึ่งได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์น้อยมาก การใช้อุปกรณ์บังแดดที่เป็นscreen ในแนวนอนกับช่องเปิดกระจกใส จะมีค่าการใช้พลังงานรวมอันเนื่องมาจากแสงประดิษฐ์และการกระทำความเป็นอันเนื่องกันใกล้เคียงกับอาคารที่ไม่มีช่องเปิดและอาศัยเพียงความสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ และรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับช่องเปิดทางด้านทิศเหนือคือ การใช้กระจกHigh Performance ที่มีค่าCoolness Index สูง(ปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านกระจก/สัมประสิทธิ์การบังเงาของกระจก) ซึ่งจะมีค่าการใช้พลังงานรวมเพียง 60% เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารไม่มีช่องเปิดที่อาศัยเพียงความสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ สำหรับช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกซึ่งได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์สูงมาก การใช้อุปกรณ์บังแดดกับช่องเปิดกระจกใส จะมีค่าการใช้พลังงานรวมสูงกว่าอาคารที่ไม่มีช่องเปิด รูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอุปกรณ์บังแดดทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกคือการใช้กระจกHigh Performance ที่มีค่าCoolness Index สูง (Daylight Transmission / Shading Coefficient)ควบคู่กับการใช้อุปกรณ์บังแดดที่เป็น screenในแนวนอนประกบกับแนวตั้ง ช่องเปิดทางด้านทิศใต้ รูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอุปกรณ์บังแดดทางด้านทิศใต้จะมีลักษณะเดียวกับช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก และตะวันตก คือการใช้กระจกHigh Performance ที่มีค่าCoolness Index สูง ควบคู่กับการใช้อุปกรณ์บังแดดที่เป็น screenในแนวนอนประกบกับแนวตั้ง ซึ่งจะมีค่าการใช้พลังงานรวมเพียง 60% เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่ไม่มีช่องเปิด

ภาควิชา .....สถาปัตยกรรมศาสตร์  
สาขาวิชา .....เทคโนโลยีทางอาคาร  
ปีการศึกษา ..... 2539

ลายมือชื่อนิติด .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... Wornon Nisra

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

# # C835105 : MAJOR BUILDING TECHNOLOGY

KEY WORD:

DAYLIGHT UTILIZATION / SHADING DEVICES / COOLNESS INDEX / DAYLIGHT TRANSMISSION

KANOKWAN USANNO : THE APPROPRIATE OF SHADING DEVICES FOR CLASSROOMS : DAYLIGHT UTILIZATION AND HEAT GAIN REDUCTION. THESIS ADVISOR : ASSIST.PROF.

SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D. 160 pp, ISBN 974-636-753-6

The study of the appropriate shading devices for the classroom focuses on daylight utilization and heat gain reduction in hot-humid climate 14 N. The experiment was conducted by design shading devices for classroom openings on the northside eastside, southside and westside to study daylight quantity and daylight distribution in those classrooms with 13 typical shading devices. The 13 typical daylight models composed of 3 categories; horizontal shading device/vertical shading device and combination of horizontal/vertical shading device. The research was conducted in the skydome and the 13 typical daylight models were built to study daylight quantity. Required artificial light and cooling load from these models was calculated to compare total energy consumption. Sky condition in the skydome was simulated as clear sky. The position of the light source referring to the sun was fixed at the same position of the sun on 21 March, 22 June, 23 September and 22 December (equinox, summer solstice and winter solstice) which represents to the days through the year. Azimuth angle and altitude angle were used to fix the position of light source and the experiment started at working time 8.00 - 16.00.

The results of the experiments indicate the appropriate of the shading devices in each direction is different. Northside openings derive less effect from solar radiation than other sides. The use of horizontal overhang can block the sun but result in total energy consumption no different from non-opening classrooms. The use of high performance glazing in which high coolness index (The ratio of daylight transmission : shading coefficient) can reduce total energy consumption to 60% of non-opening classroom is the appropriate shading device in this orientation. Eastside and westside openings derives more effect from solar radiation than others. The most appropriate method is using high performance glazing with the combination of overhang, louvre and vertical shading devices. For southside openings : the appropriate shading devices is overhang-louvre shading devices. From the research : This method result in 70% of total energy consumption in comparison to non-opening classroom.

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์.....

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาคาร.....

ปีการศึกษา.....2539.....

ลายมือชื่อนิสิต.....*Kanokwan Usanno*.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*Worawan Nijchar*.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....*Worawan Nijchar*.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จาก  
รศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และคำปรึกษาที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในงานวิจัย  
คุณวฤษฎ์ ปุตราเศรณี คุณเฉลิมพงษ์ นัยวัฒน์ คุณมานะ นุตินทะ ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อข้อมูลใน  
งานวิจัย นักศึกษามหาวิทยาลัยศรีปทุมที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลตลอดจนเพื่อนร่วมชั้นปีทุก  
ท่านที่ช่วยเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ในความห่วงใย และเป็นกำลังใจด้วยดี  
ตลอดมา



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตารางประกอบ.....	ฅ
สารบัญรูปประกอบ.....	ณ
สารบัญแผนภูมิประกอบ.....	ด
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
บทที่ 2 การศึกษาแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.1 รูปแบบของช่องเปิดและอุปกรณ์กันแดด.....	13
2.2 การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารเรียน.....	18
บทที่ 3 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงและแสงธรรมชาติ.....	21
3.1 ธรรมชาติของแสงและการมองเห็น.....	21
3.2 พฤติกรรมของแสง.....	22
3.3 การวัดค่าความสว่าง.....	26
3.4 การส่องสว่าง.....	28
3.5 คุณสมบัติอื่น ๆ ของแสง.....	29
3.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ.....	29
บทที่ 4 ทฤษฎีการให้ความสว่างแก่อาคารโดยการใช้แสงประดิษฐ์.....	36
4.1 POINT BY POINT METHOD.....	36
4.2 ZONAL CAVITY METHOD.....	38



## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3 การคำนวณค่า CU .....	42
4.4 การหาค่าความเสื่อมของหลอดไฟ .....	43
4.5 การหาค่าความเสื่อมของดวงโคม.....	43
บทที่ 5 หุ่นจำลองและเครื่องมือที่ใช้และขั้นตอนในการทำวิจัย.....	46
5.1 หุ่นจำลองที่ใช้ในงานวิจัย .....	46
5.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	48
5.3 รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่ใช้ในการทำวิจัย.....	52
5.4 ขั้นตอนในการทำงานวิจัย.....	61
บทที่ 6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความเหมาะสมของรูปแบบช่องเปิดและอุปกรณ์บังแดด ในเชิงการใช้พลังงานในอาคาร.....	63
6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจาก Daylight Model .....	63
6.2 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแสงสว่างธรรมชาติกับปริมาณแสงใน Skydome.....	65
6.3 การคำนวณปริมาณการส่องสว่างในส่วนองแสงประดิษฐ์ที่ต้องใช้เพิ่ม .....	80
6.4 การคำนวณพลังงานที่ต้องใช้ในส่วนองภาระการทำความเย็น .....	105
บทที่ 7 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	126
7.1 รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสม.....	126
7.2 ข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัย.....	154
รายการอ้างอิง .....	155
ภาคผนวก .....	157
ประวัติผู้เขียน .....	205



## สารบัญตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่ 1	ความยาวคลื่นของ Visible Spectrum ที่ตอบสนองต่อวัตถุสีต่างๆ.....	22
ตารางที่ 2	ระดับความจ้าของวัตถุที่มีผลต่อการสังเกต.....	
ตารางที่ 3	รายการทดสอบหุ่นจำลองที่ใช้ในงานวิจัย.....	64
ตารางที่ 4	หุ่นจำลองที่ได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ .....	66
ตารางที่ 5	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น.....	82
ตารางที่ 6	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น.....	82
ตารางที่ 7	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น .....	82
ตารางที่ 8	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น.....	83
ตารางที่ 9	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น.....	83
ตารางที่ 10	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น .....	83
ตารางที่ 11	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้ ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น.....	84
ตารางที่ 12	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้ ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น.....	84
ตารางที่ 13	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้ ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น .....	84
ตารางที่ 14	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันตก ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น.....	85

สารบัญตารางประกอบ(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 15	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันตก วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น.....	85
ตารางที่ 16	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น.....	85
ตารางที่ 17	ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน.....	99
ตารางที่ 18	ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ วันที่ 22 มิถุนายน .....	99
ตารางที่ 19	ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ วันที่ 22 ธันวาคม .....	99
ตารางที่ 20	ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน.....	100
ตารางที่ 21	ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก วันที่ 22 มิถุนายน .....	100
ตารางที่ 22	ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก วันที่ 22 ธันวาคม .....	100
ตารางที่ 23	ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้ วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน .....	101
ตารางที่ 24	ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้ วันที่ 22 มิถุนายน .....	101
ตารางที่ 25	ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้ วันที่ 22 ธันวาคม .....	101
ตารางที่ 26	ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันตก วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน .....	102
ตารางที่ 27	ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันตก วันที่ 22 มิถุนายน.....	102

## สารบัญตารางประกอบ(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 28	ค่าเฉลี่ยปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ของเปิดด้านทิศตะวันตก วันที่ 22 ธันวาคม .....	102
ตารางที่ 29	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศเหนือ (M2) .....	107
ตารางที่ 30	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศเหนือ (M3) .....	108
ตารางที่ 31	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศเหนือ (M4) .....	109
ตารางที่ 32	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศเหนือ (M5) .....	110
ตารางที่ 33	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศเหนือ (M6) .....	111
ตารางที่ 34	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศเหนือ (M7) .....	112
ตารางที่ 35	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศเหนือ (M10) .....	113
ตารางที่ 36	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศเหนือ (M11) .....	114
ตารางที่ 37	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศเหนือ (M12) .....	115
ตารางที่ 38	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศตะวันออก (M11) .....	116
ตารางที่ 39	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศตะวันออก (M12) .....	117
ตารางที่ 40	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศใต้ (M8) .....	118
ตารางที่ 41	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศใต้ (M9) .....	119
ตารางที่ 42	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศใต้ (M10).....	120
ตารางที่ 43	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศใต้ (M11).....	121
ตารางที่ 44	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศใต้ (M12) .....	122
ตารางที่ 45	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศใต้ (M13) .....	123
ตารางที่ 46	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศตะวันตก (M11).....	124
ตารางที่ 47	ความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านทิศตะวันตก (M12).....	125
ตารางที่ 48	การใช้พลังงานในส่วนของแสงประดิษฐ์ของเปิดด้านทิศเหนือ .....	128
ตารางที่ 49	การใช้พลังงานในส่วนของภาวะการทำความเย็น .....	129
ตารางที่ 50	การใช้พลังงานโดยรวมจากช่องเปิดด้านทิศเหนือ .....	130
ตารางที่ 51	ค่ากระแสไฟฟ้ารายปีสำหรับช่องเปิดทางทิศเหนือ .....	131

## สารบัญตารางประกอบ(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 52	การใช้พลังงานในส่วนของแสงประดิษฐ์ของปิดด้านทิศตะวันออก ..... 135
ตารางที่ 53	การใช้พลังงานในส่วนของภาระการทำความเย็น ..... 136
ตารางที่ 54	การใช้พลังงานโดยรวมจากช่องเปิดด้านทิศตะวันออก ..... 137
ตารางที่ 55	ค่ากระแสไฟฟ้ารายปีสำหรับช่องเปิดทางทิศตะวันออก..... 138
ตารางที่ 56	การใช้พลังงานในส่วนของแสงประดิษฐ์ของปิดด้านทิศใต้ ..... 141
ตารางที่ 57	การใช้พลังงานในส่วนของภาระการทำความเย็น ..... 142
ตารางที่ 58	การใช้พลังงานโดยรวมจากช่องเปิดด้านทิศใต้..... 143
ตารางที่ 59	ค่ากระแสไฟฟ้ารายปีสำหรับช่องเปิดทางทิศใต้ ..... 144
ตารางที่ 60	การใช้พลังงานในส่วนของแสงประดิษฐ์ของปิดด้านทิศตะวันตก..... 148
ตารางที่ 61	การใช้พลังงานในส่วนของภาระการทำความเย็น ..... 149
ตารางที่ 62	การใช้พลังงานโดยรวมจากช่องเปิดด้านทิศตะวันตก ..... 150
ตารางที่ 63	ค่ากระแสไฟฟ้ารายปีสำหรับช่องเปิดทางทิศตะวันตก..... 151
ตารางที่ 64	การใช้พลังงานโดยรวมของอุปกรณ์บังแดดที่มีความเหมาะสมในทิศทางต่างๆ..... 152

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปประกอบ

หน้า

รูปที่ 1	ช่องเปิดที่มีอุปกรณ์กันแดด(Shading Devices).....	11
รูปที่ 2	ช่องเปิดที่ไม่มีอุปกรณ์กันแดด(Non-Shading Devices) .....	12
รูปที่ 3	การแบ่งประเภทของช่องเปิดที่มีอุปกรณ์กันแดด .....	15
รูปที่ 4	การแบ่งประเภทของช่องเปิดที่ไม่มีอุปกรณ์กันแดด .....	16
รูปที่ 5	อุปกรณ์กันแดดโดยทั่วไป .....	17
รูปที่ 6	รูปแบบของห้องเรียนโดยทั่วไป .....	18
รูปที่ 7	ระดับความสูงมาตรฐานของโต๊ะทำงาน .....	19
รูปที่ 8	สเปคตรัมของคลื่นต่างๆเรียงลำดับตามความยาวคลื่น.....	21
รูปที่ 9	ปรากฏการณ์แสงกระทำต่อวัตถุ.....	22
รูปที่ 10	การสะท้อนที่ผิววัตถุแบบ Specular reflection .....	23
รูปที่ 11	การกระจายแบบ Diffuse reflection .....	23
รูปที่ 12	การกระจายแบบ Combined specular and diffuse reflection.....	24
รูปที่ 13	ปรากฏการณ์ของแสงที่ทะลุผ่านวัตถุ.....	24
รูปที่ 14	การหักเหของแสงเมื่อทะลุผ่านตัวกลาง .....	25
รูปที่ 15	การดูดกลืนแสงโดยตัวกลาง.....	25
รูปที่ 16	ความเข้มของการส่องสว่างที่เปลี่ยนไปตามมุมที่ทำกับแหล่งกำเนิดแสง .....	26
รูปที่ 17	การกำหนดปริมาณการส่องสว่าง 1ฟุตแคนเดิล และ 1ลักซ์.....	27
รูปที่ 18	ปริมาณการส่องสว่าง 1cd จากแหล่งกำเนิดแสง .....	28
รูปที่ 19	Solar Spectrum .....	33
รูปที่ 20	ตำแหน่ง และระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ที่วันเวลาต่างๆ.....	33
รูปที่ 21	ปรากฏการณ์ที่ดวงอาทิตย์อ้อมเหนือ และอ้อมใต้.....	34
รูปที่ 22	ปรากฏการณ์ Summer Soltice, Winter Soltice และ Equinox.....	34
รูปที่ 23	ค่าความสว่างของท้องฟ้าในสภาวะOvercast Sky .....	35
รูปที่ 24	ค่าความสว่างของท้องฟ้าในสภาวะClear Sky .....	35

## สารบัญรูปประกอบ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 25	การกระจายกำลังเทียนของดวงโคม.....	37
รูปที่ 26	การแบ่งที่ว่างภายในห้องเพื่อคำนวณตามวิธี Zonal Cavity Method.....	41
รูปที่ 27	ขั้นตอนการหาค่า Coefficient of Utilization จากแสงประดิษฐ์.....	44
รูปที่ 28	รูปแบบหุ่นจำลองมาตรฐานที่ใช้ในงานวิจัย.....	46
รูปที่ 29	เครื่องมือที่ใช้วัดค่าความสว่าง(Quantum/Radiometer/Photometer).....	48
รูปที่ 30	หุ่นจำลองที่ใช้ในงานวิจัย.....	49
รูปที่ 31	กล่องที่ใช้ในการติดตั้งsensor ให้อยู่ในระดับworking plane .....	49
รูปที่ 32	การทดสอบความทึบแสงของหุ่นจำลอง .....	50
รูปที่ 33	การต่อsensorที่อยู่ภายในหุ่นจำลอง กับจอแสดงผลภายนอกหุ่นจำลอง.....	50
รูปที่ 34	ชุดเครื่องมือที่ใช้วัดค่าความสว่าง( sensor+ก้านสำหรับเลื่อนตำแหน่ง+จอแสดงผล.....	51
รูปที่ 35	หุ่นจำลองแบบที่ 1.....	54
รูปที่ 36	หุ่นจำลองแบบที่ 2.....	54
รูปที่ 37	หุ่นจำลองแบบที่ 3.....	55
รูปที่ 38	หุ่นจำลองแบบที่ 4.....	55
รูปที่ 39	หุ่นจำลองแบบที่ 5.....	56
รูปที่ 40	หุ่นจำลองแบบที่ 6.....	56
รูปที่ 41	หุ่นจำลองแบบที่ 7.....	57
รูปที่ 42	หุ่นจำลองแบบที่ 8.....	57
รูปที่ 43	หุ่นจำลองแบบที่ 9.....	58
รูปที่ 44	หุ่นจำลองแบบที่ 10.....	58
รูปที่ 45	หุ่นจำลองแบบที่ 11.....	59
รูปที่ 46	หุ่นจำลองแบบที่ 12.....	59
รูปที่ 47	หุ่นจำลองแบบที่ 13.....	60
รูปที่ 48	การทดสอบค่าความสว่างในแนวราบและแนวตั้งภายในSkydome .....	61
รูปที่ 49	การหาค่าเฉลี่ยของปริมาณการส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์.....	98



## สารบัญแผนภูมิประกอบ

หน้า

แผนภูมิที่ 1	การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศเหนือ ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น .....	68
แผนภูมิที่ 2	การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศเหนือ ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น.....	69
แผนภูมิที่ 3	การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศเหนือ ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น, 10.00น และ 12.00น.....	70
แผนภูมิที่ 4	การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศตะวันออก ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น .....	71
แผนภูมิที่ 5	การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศตะวันออก ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น.....	72
แผนภูมิที่ 6	การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศตะวันออก ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น, 10.00น และ 12.00น.....	73
แผนภูมิที่ 7	การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศใต้ ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น .....	74
แผนภูมิที่ 8	การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศใต้ ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น.....	75
แผนภูมิที่ 9	การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศใต้ ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น, 10.00น และ 12.00น.....	76
แผนภูมิที่ 10	การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศตะวันตก ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น .....	77
แผนภูมิที่ 11	การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศตะวันตก ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น, 10.00น และ 12.00น.....	78
แผนภูมิที่ 12	การกระจายแสงธรรมชาติภายในห้องจำลองจากช่องเปิดด้านทิศตะวันตก ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น, 10.00น และ 12.00น.....	79
แผนภูมิที่ 13	การแบ่งพื้นที่ได้กราฟเพื่อคำนวณปริมาณการส่องสว่างที่ต้องเพิ่มเติม .....	81



สารบัญแผนภูมิประกอบ(ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 14	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น.....	86
แผนภูมิที่ 15	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น .....	87
แผนภูมิที่ 16	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศเหนือ ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น .....	88
แผนภูมิที่ 17	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น.....	89
แผนภูมิที่ 18	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น .....	90
แผนภูมิที่ 19	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันออก ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น .....	91
แผนภูมิที่ 20	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้ ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น.....	92
แผนภูมิที่ 21	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้ ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น .....	93
แผนภูมิที่ 22	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศใต้ ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น .....	94
แผนภูมิที่ 23	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันตก ณ. วันที่ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน 8.00น - 16.00น.....	95
แผนภูมิที่ 24	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันตก ณ. วันที่ 22 มิถุนายน 8.00น - 16.00น .....	96
แผนภูมิที่ 25	ปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการ(%) ช่องเปิดด้านทิศตะวันตก ณ. วันที่ 22 ธันวาคม 8.00น - 16.00น .....	97