

เทคนิคการให้แสงธรรมชาติ อาคารพิพิธภัณฑ์แสดงภาพเขียน เซอร์บอนจีน



นางสาว กุศลศรี สุริยเดชสกุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-758-5

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DAYLIGHTING TECHNIQUES FOR THE MUSEUM OF ART IN HOT-HUMID CLIMATE



Miss Kullasri Suriyadetsakul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

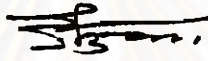
Academic Year 1999

ISBN 974-334-758-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์
โดย
ภาควิชา
อาจารย์ที่ปรึกษา

เทคนิคการให้แสงธรรมชาติ อาคารพิพิธภัณฑ์แสดงภาพเขียน เขตอ่อนนุช
นางสาวกุลศรี สุริยเดชสกุล
สถาปัตยกรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารบัณฑิต



รองคณบดีฝ่ายวิจัยรักษาราชการแทน
คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ เลออดม สิตานนท์)



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)



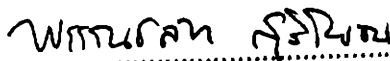
กรรมการ

(อาจารย์ ดร. วรณัฐ บูรณากาญจน์)



กรรมการ

(อาจารย์ พิชิต พิชิต)



กรรมการ

(อาจารย์ พรณรต สุริโยชิน)

กุลศรี สุริยเดชสกุล: เทคนิคการให้แสงธรรมชาติอาคารพิพิธภัณฑ์แสดงภาพเขียน เขตร้อนชื้น (DAYLIGHTING TECHNIQUES FOR THE MUSEUM OF ART IN HOT - HUMID CLIMATE)

อ.ที่ปรึกษา: ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 300 หน้า, ISBN 974-334-758-5

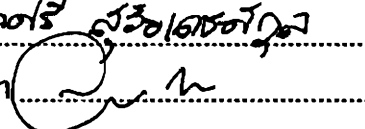
ในอดีตที่ผ่านมาการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารพิพิธภัณฑ์แสดงภาพเขียนมีปัญหาเรื่องการควบคุมความแปรปรวนของแสง ปริมาณแสง และการเกิดแสงแยงตาในกรณีที่มีผู้เข้าชมอยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมหรือมีการออกแบบช่องเปิดที่ไม่ถูกต้อง การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงนำเสนอแนวทางการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในแต่ละทิศ โดยทำการศึกษาดูตัวแปรที่มีอิทธิพลได้แก่มุมมอง จุดชมภาพ และมุมแสงที่เหมาะสมที่ไม่ทำให้เกิดแสงแยงตา

การศึกษาค้นคว้าอาศัยการทดลองด้วยหุ่นลงภายใต้สภาพห้องฟ้าจริง ในช่วงเวลา 8.00-16.00 น. โดยมีการกำหนดการทดลองดังนี้คือ 1) ใช้เฉพาะแสงกระจายจากท้องฟ้า 2) ใช้ช่องเปิดด้านข้าง 3) จุดที่ตำแหน่งบนและล่างของผนังที่จัดแสดงภาพ 3) ใช้ตัวสะท้อนแสงภายในเป็นวัสดุพื้นผิวหยาบ และ 4) ใช้อุปกรณ์บังแดด แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบที่ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวตั้งและแนวนอนที่ 20 และ 10 ฟุตแคนเดิล ตามลำดับ โดยพิจารณาจากค่าความส่องสว่างภายนอกอาคารที่ 1,500 ฟุตแคนเดิล และนำเสนอในรูปแบบแผนภูมิ

ผลการทดลองสามารถแบ่งรูปแบบกรณีศึกษาได้เป็น 3 กลุ่มตามอิทธิพลการโคจรของดวงอาทิตย์ คือ กลุ่มที่ 1 ทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียง ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ได้รับอิทธิพลของแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์จึงต้องมีขอบสะท้อนแสงที่ภายนอก กลุ่มที่ 2 ทิศใต้ ได้รับอิทธิพลตลอดทั้งวัน และกลุ่มที่ 3 ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก ทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ เป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลในช่วงเช้าและบ่ายต่างกัน ในกลุ่มที่ 3 นี้ปริมาณความส่องสว่างภายในมีค่าความแปรปรวนของค่าสัดส่วนแสงภายในในแนวตั้งต่อแสงภายนอกสูงโดยคิดเป็น 1 เปอร์เซ็นต์ จึงไม่มีขอบสะท้อนแสงที่ภายนอก จากการได้รับอิทธิพลของท้องฟ้าภายนอกที่ต่างกันของแต่ละทิศทำให้ช่องเปิดทั้ง 3 กลุ่ม มีตำแหน่งความสูงช่องเปิดต่างกัน และมีขนาดของช่องเปิดต่างกันประมาณ 8 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ของขนาดภาพจัดแสดง ผลการทดลองทั้งหมดนี้พบว่ารูปแบบที่ได้สำหรับแต่ละทิศ สามารถควบคุมความแปรปรวน ความสม่ำเสมอของทั้ง 8 ทิศ และการเกิดแสงแยงตาได้ดี

ผลสรุปจากการทดลองพบว่า การโคจรของดวงอาทิตย์มีอิทธิพลต่อระดับความส่องสว่างและความแปรปรวนของแสงภายในอาคาร ดังนั้นรูปแบบการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในแต่ละทิศจึงมีลักษณะที่แตกต่างกัน ในการประยุกต์ใช้ผู้ออกแบบสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบให้มีความสอดคล้องกันโดยใช้ค่าการส่องผ่านของกระจกและค่าการสะท้อนแสงของตัวสะท้อนภายใน เพื่อควบคุมปริมาณความส่องสว่างภายใน รูปแบบจากการศึกษานี้ถือเป็นแนวทางในการออกแบบพิพิธภัณฑ์แสดงภาพเขียนที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบในอาคารจริงได้

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์.....
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร.....
ปีการศึกษา 2542.....

ลายมือชื่อนิติศ 220151 533016301630.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา


4174109225: MAJOR BUILDING TECHNOLOGY

KEY WORD: DAYLIGHTING / DAYLIGHT FACTOR / DAYLIGHTING FOR MUSEUM

KULLASRI SURIYADETSAKUL: DAYLIGHTING TECHNIQUES FOR THE MUSEUM OF ART IN HOT-HUMID CLIMATE. THESIS ADVISOR: PROF. DR. SOONTORN BOONYATIKARN, 300 pp. ISBN 974-334-758-5

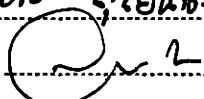
In the past, considering the daylighting techniques for art museums, there were so many problems about the illumination variation control, the amount of light and the glare to eyes. This study, therefore, proposes on designing the alternatives in the daylight utilization for the art museum in 8 directions. The focused variables including viewing angle, viewing position and appropriate angle of the incident light

In this study, the physical model were constructed and examined under the natural sky with interval since 8.00 am –4.00 pm. The dependence variable of this experiment consisted of, firstly, only the indirect daylight was take in to consideration. Secondly, side lighting were located at the top and the bottom of the exhibition wall. Thirdly, the interior diffuse surface was brought to test. Finally, the forth shading devices was assessing to detect direct sunlight the measured results are analyzed based on the illuminance standard of 20 and 10 foot-candle for the horizontal and vertical respectively. The results are then compared as the daylight factor determined at the outside illumination of 1,500 foot-candle.

From the result, case studies can be categorized into 3 groups. By considering the sun orbit influence. They are, group 1(N, NE, NW) has the outside edging since it is not much effected by that of influenc. Group 2 (S) is the effected direction all day, since the outside edging reflector is not required. And group 3 (E, W, SE and SW) the outside edging reflector is needed because of the different effects occurring in the morning and afternoon. This difference causes the illumination variation of a day to be as high as 1 percent of the vertical daylight factor. By the sun orbit influence, thus, the least profile angle, The apertures of these 3 groups have different sizes varying from 8 to 25 percent of exhibited paintings. The result show that the pattern obtained for each direction can control the illumination variation, light uniformity, and glare effectively.

The sun orbit has high influence on the illumination and its variation inside the buildings. To apply the results, the designers can adapt the pattern and illumination by adjusting the light transmittance of glass and reflectance of internal reflector. This study could be later employed as a good pattern for the art museum in the hot-humid climate.

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์.....
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร.....
ปีการศึกษา 2542.....

ลายมือชื่อนิติกร ๗๖๐๑๕ สุวิทย์ เกษศรีกุล
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของศาสตราจารย์ ดอกเตอร์ สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยมาด้วยดีตลอด และ ขอขอบคุณ คณะอาจารย์ เจ้าหน้าที่ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มอบความรู้ และการอำนวยความสะดวกในการศึกษาและวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคุณลุงคุณตาของคุณของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ไม่รื้อน้ำดันไม้ในตำแหน่งที่ทำการวัดแสงบริเวณหน้าพระรูปฯ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ สถาบัน AIT คุณฮวง, คุณปอม และคุณหมี่ ที่ช่วยวัดแสงในช่วงแรกของการวิจัย และ ขอขอบคุณพี่ปัท และพี่เดียร์ที่ช่วยกันวัดแสงในช่วงกลางและช่วงหลังของการวิจัยร่วมกัน และสำเร็จการศึกษาพร้อมกัน และขอขอบคุณพี่จ๊อบ พี่ปรางที่มอบกำลังใจและคำแนะนำให้เสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่คอยเป็นห่วงเป็นใย เป็นกำลังใจที่ดีมาตลอด และขอขอบคุณคุณโป๊ และคุณตุ๊ตะที่ช่วยทำภาพตามมิติตวอยๆ ในบทสรุป (แม้จะอยู่ไกลถึง จ.ภูเก็ต)

และที่ขาดไม่ได้ขอขอบคุณชินศรี สุริยเดชสกุลที่ได้ช่วยเหลือในทุกด้านเท่าที่จะทำได้รวมทั้งแปลบทคัดย่อภาษาอังกฤษอย่างดียิ่ง

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา - มารดา และพี่ - น้องซึ่งได้สนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจในแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ซ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
สารบัญแผนภูมิ.....	ด
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย.....	2
1.3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	9
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	12
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ.....	14
2.2 หลักการให้แสงธรรมชาติในอาคารพิพิธภัณฑ์.....	41
2.3 ทัศนศึกษา.....	58
3 แบบกรณีศึกษา เครื่องมือและวิธีการวัดหุ่นจำลอง	
3.1 การวิเคราะห์เลือกกรณีศึกษาที่ใช้ในการทดลอง.....	78
3.2 การวิเคราะห์เลือกใช้กรณีศึกษาแบบต่างๆที่ใช้ในการทดลอง.....	82
3.3 รูปแบบที่ใช้ในการทดลอง.....	86
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	113
3.5 หุ่นจำลองและวิธีการวัดหุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย.....	114
4 ผลการทดลอง และพัฒนากรณีศึกษา	
4.1 ผลการทดลองพิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 - 13.....	117
4.2 ผลการทดลองกรณีศึกษาที่น่าสนใจ และพัฒนารูปแบบเพิ่ม.....	180
4.3 ผลการทดลองกรณีศึกษาที่เหมาะสมในแต่ละทิศ.....	203
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 บทสรุป.....	248

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	263
รายการอ้างอิง.....	265
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ตารางแสดงค่าแสงภายในและภายนอกที่วัดได้จริงและการปรับค่าเป็น Daylight Factor(DF; %) ของทิศต่างๆ และผลการทดลองค่า DF ของแสงจริง กรณีศึกษาแบบต่างๆ.....	268
ภาคผนวก ข. ตารางแสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์และมุมที่เกี่ยวข้อง ละติจูดที่ 14°N	283
ภาคผนวก ค. ตารางแสดงข้อมูลค่าความสว่างของเครื่องวัดแสงลักซ์มิเตอร์และค่าความสว่างของเครื่องวัด แสงมินอกซ์ต้า ลักซ์มิเตอร์ และแสดงการพิจารณาหาความสัมพันธ์ของเครื่องวัดแสงลักซ์มิเตอร์ กับ มินอกซ์ต้า ลักซ์มิเตอร์.....	284
ภาคผนวก ง. แสดงปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ของดวงอาทิตย์ในทิศต่างๆแสดงค่าการส่องผ่านของกระจกโดยทั่วไป.....	288
ภาคผนวก จ. แสดงค่าการสะท้อนแสงและการส่องผ่านของวัสดุชนิดต่างๆ และแสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่มีสีต่างๆกันที่บริเวณพื้นและผนังของห้อง.....	290
ภาคผนวก ฉ. แสดงค่า ค่าการถ่ายเทความร้อน (OTTV) ของเฉพาะช่องเปิด รูปแบบของทิศต่างๆ ของขนาดรูปที่ใหญ่ที่สุดที่ 2.40 เมตร และ 1.60 เมตร.....	294
ประวัติผู้เขียน.....	300

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	แสดงความยาวคลื่นของ visible spectrum ที่ตอบสนองต่อวัตถุสีต่างๆ.....15
2.2	แสดงความจำสำหรับลักษณะของการเห็นในระดับต่างๆ.....22
2.3	แสดงค่าประมาณ Daylight Factor สำหรับพื้นที่ใช้งานต่างๆ.....37
2.4	แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES(USA)ตามประเภทการใช้งาน..39
2.5	แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES(USA) และมาตรฐานการกำหนดค่า DAYLIGHT FACTOR ตามประเภทการใช้งาน(บางส่วน).....40
2.6	แสดงปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตกับแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ.....42
2.7	แสดงปริมาณรังสีอินฟราเรดกับแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ.....42
2.8	แสดงการจัดกลุ่มงานศิลปะตามความไวในการรับแสงที่เหมาะสม.....43
3.1	แสดงการวิเคราะห์ลักษณะของแสงที่เกิดขึ้นในพิพิธภัณฑ์ที่มีช่องแสงแบบต่างๆจากทางด้านบน.....79
3.2	แสดงการวิเคราะห์ลักษณะของแสงที่เกิดขึ้นในพิพิธภัณฑ์ที่มีช่องแสงแบบต่างๆจากทางด้านข้าง ที่ตำแหน่งสูง.....80
3.3	แสดงการวิเคราะห์ลักษณะของแสงที่เกิดขึ้นในพิพิธภัณฑ์ที่มีช่องแสงแบบต่างๆจากทางด้านข้าง.....81
4.1	แสดงช่วงค่า DF_v ของแสงที่บริเวณผนังจัดแสดงงาน(แนวตั้ง)ของพิพิธภัณฑ์ กรณีศึกษาแบบที่ 1-6 ณ ช่วงเวลา และทิศต่างๆ กัน.....145
4.2	แสดงช่วงค่า DF_h ของแสงที่บริเวณทางเดิน(แนวนอน) ของพิพิธภัณฑ์ กรณีศึกษาแบบที่ 1-6 ณ ช่วงเวลา และทิศต่างๆ กัน.....146
4.3	แสดงช่วงค่า DF_v ของแสงที่บริเวณผนังจัดแสดงงาน(แนวตั้ง)ของพิพิธภัณฑ์ กรณีศึกษาแบบที่ 7-13 ณ ช่วงเวลา และทิศต่างๆ กัน.....177
4.4	แสดงช่วงค่า DF_h ของแสงที่บริเวณทางเดิน(แนวนอน) ของพิพิธภัณฑ์ กรณีศึกษาแบบที่ 7-13 ณ ช่วงเวลา และทิศต่างๆ กัน.....178
4.5	แสดงการพัฒนารูปแบบหลักของกรณีศึกษาแบบที่ 7.....198
5.1	แสดงตำแหน่งความสูงของช่องเปิด ขนาดของช่องเปิดของรูปแบบในทิศต่างๆที่เหมาะสม.....256
5.2	แสดงการเปรียบเทียบระดับความสูงของฝ้าเพดาน ขนาดของช่องเปิด ระยะห่างของตัวลวดห้อย แสงภายในกับผนังจัดแสดงภาพ และตำแหน่งความสูงของช่องเปิดของขนาดรูปที่ใหญ่ที่สุดที่ 2.40 เมตร และ 1.60 เมตร.....257

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1	แสดงการวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ.....4
1.2	รูปตัดแสดงระดับ Working Plane ในแนว Horizontal illumination.....5
1.3	ผังพื้นแสดงจุดที่ทำการวัดในแนว Horizontal illumination (ระยะห่าง 1 เมตร).....5
1.4	รูปตัดแสดงจุดที่ทำการวัดในแนว Vertical illumination บริเวณผนังด้านที่แสดงงาน.....5
1.5	ผังพื้นแสดงจุดที่ทำการวัดแสงในแนว Vertical illumination (บริเวณกึ่งกลางห้อง).....5
1.6	แสดงผังพื้นที่มีการแสดงเส้นทางเดินของผู้เข้าชมนงาน แบบเข้า-ออกทางเดียว.....9
1.7	แสดงผังพื้นที่มีการแสดงเส้นทางเดินของผู้เข้าชมนงาน แบบเข้า-ออกสองทาง.....9
1.8	รูปตัดแสดงสัดส่วนของความสูงภาพและระยะห่างในการมองที่เหมาะสม.....10
1.9	รูปตัดแสดงสัดส่วนของระยะความกว้างห้องเทียบกับขนาดความสูงของภาพ.....10
1.10	ผังพื้นแสดงสัดส่วนของความกว้างและความยาวของห้อง..... 10
1.11	ผังพื้นแสดงพื้นที่ของหุ่นจำลองที่จะศึกษา.....11
2.1	แสดงหน้าตัดของลูกนัยน์ตา..... 13
2.2	แสดงสเปกตรัมของคลื่นต่างๆเรียงลำดับตามความยาวคลื่น..... 14
2.3	แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบบตัวกลาง..... 16
2.4	แสดงการสะท้อนที่ผิววัตถุแบบเสมือนกระจกเงา (Specula Reflection).....16
2.5	แสดงการสะท้อนที่ผิววัตถุแบบ (ก) แสงสะท้อนลักษณะการกระจายแสงแบบสมบูรณ์ (ข) แสงสะท้อนลักษณะการกระจายแสงแบบกระจัดกระจาย..... 17
2.6	การสะท้อนแสงลักษณะผสมกันระหว่างแบบเสมือนกระจกเงา และแบบกระจาย.....17
2.7	แสดงแสงตกกระทบบตัวกลางเกิดการหักเหแล้วทะลุผ่าน..... 18
2.8	แสดงแสงตกกระทบบตัวกลางแล้วทะลุผ่านแบบกระจาย..... 18
2.9	แสดงลักษณะของปริมาณแสง (Luminous flux).....19
2.10	แสดงการกระจายของฟลักซ์จะลดลงโดยแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง.....20
2.11	แสดงความแตกต่างระหว่างการส่องสว่างกับความจ้า.....21
2.12	แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสีของตัวหนังสือกับกระดาษแบบต่างๆกัน.....22
2.13	แสดงสมรรถนะในการมองเห็นเมื่ออยู่บนพื้นงานที่มีความสามารถในการสะท้อนแสงที่ต่างกัน.....23
2.14	แสดงการผสมของแสงสีปฐมภูมิ..... 24
2.15	แสดงปรากฏการณ์ที่ดวงอาทิตย์ซ่มเหนือ และซ่มใต้ที่วันต่างๆ.....25
2.16	แสดงปรากฏการณ์วันที่เวลาสมดุล, วันเริ่มฤดูร้อน และวันเริ่มฤดูหนาว.....25
2.17	แสดงท้องฟ้าแบบโปร่งไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky)26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.18	แสดงมุมแบริง (Bearing Angle).....27
2.19	แสดงท้องฟ้าแบบที่ปกคลุมด้วยเมฆจนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิด (Overcast Sky).....28
2.20	แสดงการพิจารณาความส่องสว่างตามวิธีลูเมน (Lumen Method).....34
2.21	แสดงลักษณะขององค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky component; SC) ในห้อง.....35
2.22	แสดงลักษณะขององค์ประกอบภายนอก (Externally reflected component; ERC) ในห้อง.....35
2.23	แสดงลักษณะขององค์ประกอบภายใน (Internally reflected component; IRC) ในห้อง.....36
2.24	แสดงลักษณะของผลรวมเดไลท์ แฟกเตอร์ (Total Daylight Factors; DF) ในห้อง.....36
2.25	แสดงลักษณะของผลรวมเดไลท์ แฟกเตอร์ (Total Daylight Factors; DF).....36
2.26	แสดงการให้แสงแบบสม่ำเสมอ (Uniform Illumination).....44
2.27	แสดงการให้แสงแบบไม่สม่ำเสมอ เน้นเฉพาะส่วน (Nonuniform Illumination)44
2.28	แสดงระดับสายตาของคนโดยเฉลี่ย.....49
2.29	แสดงขอบเขตการมองเห็นของคนในแนวตั้ง (Visual Field in Vertical Plane).....49
2.30	แสดงขอบเขตการมองเห็นของคนในแนวนอน (Visual Field in Horizontal Plane).....50
2.31	แสดงทิศทางการสะท้อนแสงของไม้สีขาว(กรอบรูป)ที่มุม 45°.....53
2.32	แสดงทิศทางการสะท้อนแสงของไม้สีขาว(กรอบรูป) ที่มุม 30°.....53
2.33	แสดงทิศทางการสะท้อนแสงของไม้สีขาว(กรอบรูป) ที่มุม 15°.....53
2.34	แสดงการเปรียบเทียบมุมแสงต่างๆ ที่ตกกระทบที่ผนัง.....54
2.35	แสดงมุมแสงตกกระทบที่ผนังจัดแสดงที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้.....55
2.36	แสดงมุมแสงที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ.....55
2.37	แสดงมุมแสงที่ตกกระทบบนภาพที่มีขนาดความสูงต่างๆกัน.....56
2.38	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑ Alte Pinakothek.....58
2.39	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑ Fitzwilliam Museum.....59
2.40	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑ National Gallery.....59
2.41	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑ Kasmin Gallery.....60
2.42	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑ Gallery of the Carrara Academy.....61
2.43	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑ Boymans-van Beuningen Museum.....62
2.44	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑ Boymans-van Beuningen Museum.....63
2.45	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑ Municipal Museum.....63
2.46	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑ Sabauda Gallery.....64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.47	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑสถาน Municipal Roman Museum Brescia.....	65
2.48	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑสถาน National Museum of Sanmetteo.....	65
2.49	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑสถาน The Solomon R. Guggenheim Museum.....	66
2.50	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑสถาน Gallery of Modern Art.....	67
2.51	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑสถาน Art Gallery.....	68
2.52	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑสถาน Picture Gallery for Christ Church.....	69
2.53	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑสถาน National Museum of West Art.....	70
2.54	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑสถาน Louisiana Kunstmuseum.....	71
2.55	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑสถาน Museum Fondation Maeght.....	72
2.56	แสดงรูปตัดภายในพิพิธภัณฑสถาน Arrangement of the Venetian and Lombard Quattrocento Gallery in the Brera Picture Gallery.....	73
2.57	แสดงรูปตัดและทัศนียภาพภายในพิพิธภัณฑสถาน Uffizi Gallery.....	74
2.58	แสดงผนังและทัศนียภาพภายในพิพิธภัณฑสถาน Bird Migration Museum.....	75
2.59	แสดงผนังและรายละเอียดการให้แสงธรรมชาติภายในพิพิธภัณฑสถาน Municipal Museum.....	76
2.60	แสดงทัศนียภาพการให้แสงธรรมชาติภายในพิพิธภัณฑสถาน The Kimbell Art Museum.....	77
3.1	แสดงรูปแบบที่ใช้หลักการสะท้อนแสงจากภายนอก-สะท้อนแสงจากภายในไปยังส่วนผนังจัด แสดงภาพ.....	82
3.2	แสดงรูปแบบที่นำแสงโดยตรงไปยังส่วนผนังจัดแสดงภาพ.....	82
3.3	แสดงรูปแบบที่สะท้อนแสงภายในก่อนไปยังส่วนผนังจัดแสดงภาพ.....	82
3.4	แสดงการพัฒนาแบบโดยใช้หลักการให้แสงเข้ามา 2 จุด คือที่ตำแหน่งบนและล่างของผนังจัด แสดงภาพ.....	83
3.5	แสดงมุมการรับแสงเข้าของช่องแสงกรณีศึกษาแบบต่างๆ ของอาคารพิพิธภัณฑสถานที่ใช้ในการทดลอง....	84
3.6	แสดงการวิเคราะห์มุมแสงที่นำมาใช้-การบัง direct sun และการป้องกันแสงแยงตาของทิศ ต่างๆ ในพิพิธภัณฑสถานกรณีศึกษาแบบที่ 1	86
3.7	แสดงรูปแบบของพิพิธภัณฑสถานกรณีศึกษาแบบที่ 1 ของทิศต่างๆ.....	87
3.8	แสดงการวิเคราะห์มุมแสงที่นำมาใช้-การบัง direct sun และการป้องกันแสงแยงตาของทิศ ต่างๆ ในพิพิธภัณฑสถานกรณีศึกษาแบบที่ 2.....	88
3.9	แสดงรูปแบบของพิพิธภัณฑสถานกรณีศึกษาแบบที่ 2 ของทิศต่างๆ.....	89
3.10	แสดงการวิเคราะห์มุมแสงที่นำมาใช้-การบัง direct sun และการป้องกันแสงแยงตาของทิศ ต่างๆ ในพิพิธภัณฑสถานกรณีศึกษาแบบที่ 3.....	90

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.32	แสดงเครื่องมือวัดแสงที่ใช้ในการศึกษา.....113
3.33	แสดงวิธีจัดตั้งลักซ์มิเตอร์ที่ใช้วัดแสงภายนอกโดยไม่รวมรังสีดวงอาทิตย์.....113
3.34	แสดงการติดเทปผ้าสีดำที่บิเวณรอยต่อส่วนต่างๆของหุ่นจำลอง.....115
3.35	แสดงตำแหน่งที่ทำการวัดแสงในแนวตั้ง(Vertical) และแนวนอน(Horizontal)ของหุ่นจำลอง.....116
3.36	แสดงลักษณะการติดตั้งและการวัดแสงของตัววัดแสง(Sensor) ภายในหุ่นจำลอง.....116
4.1	แสดงภาพหุ่นจำลองกรณีศึกษาแบบที่ 2..... 180
4.2	แสดงภาพหุ่นจำลองกรณีศึกษาแบบที่ 11.....186
4.3	แสดงภาพภายในหุ่นจำลองกรณีศึกษาแบบที่ 13.....192
4.4	แสดงมุมการสะท้อนแสงเข้ามาภายในบริเวณผนังจัดแสดงภาพเขียน เวลา 8.00น.ของทิศ ตะวันออกและ เวลา 16.00น.ทิศตะวันตก.....199
4.5	แสดงภาพการหาตำแหน่งช่องแสงจากมุมการสะท้อนแสงเข้ามาภายในบริเวณผนังจัดแสดง ภาพกับจุดอ้างอิงจากทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เวลา 8.00น. และ 16.00น. ของทิศใต้.....200
4.6	แสดงภาพการหาตำแหน่งช่องแสงจากมุมการสะท้อนแสงเข้ามาภายในบริเวณผนังจัดแสดง ภาพ กับจุดอ้างอิงที่กำหนดขึ้นใหม่ เวลา 8.00 น. และ 16.00 น.ของทิศใต้.....200
4.7	แสดงภาพการหาตำแหน่งช่องแสงจากมุมการสะท้อนแสงเข้ามาภายในบริเวณผนังจัดแสดง ภาพกับจุดอ้างอิงจากทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เวลา 8.00 น. และ 16.00 น. ของทิศ ตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้.....201
4.8	แสดงลักษณะของรูปแบบกรณีศึกษาแบบต่างๆ ของทิศทั้ง 8 ทิศ.....202
4.9	แสดงภาพหุ่นจำลองกรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศเหนือ.....203
4.10	แสดงค่าความต่างของปริมาณแสงที่ระดับความสูงอ้างอิงกับระดับความสูงต่ำ-สูงสุดที่ตำแหน่ง จัดแสดงภาพเขียน กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศเหนือ.....206
4.11	แสดงภาพหุ่นจำลองกรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงเหนือ.....209
4.12	แสดงค่าความต่างของปริมาณแสงที่ระดับความสูงอ้างอิงกับระดับความสูงต่ำ-สูงสุด ที่ตำแหน่ง จัดแสดงภาพเขียน กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงเหนือ216
4.13	แสดงภาพหุ่นจำลองกรณีศึกษาแบบที่ 14 ของทิศใต้.....221
4.14	แสดงค่าความต่างของปริมาณแสงที่ระดับความสูงอ้างอิงกับระดับความสูงต่ำ-สูงสุด ที่ตำแหน่ง จัดแสดงภาพเขียน กรณีศึกษาแบบที่ 14 ของทิศใต้.....221
4.15	แสดงภาพหุ่นจำลองกรณีศึกษาแบบที่ 15 ของทิศตะวันออกและทิศตะวันตก.....226
4.16	แสดงค่าความต่างของปริมาณแสงที่ระดับความสูงอ้างอิงกับระดับความสูงต่ำ-สูงสุดที่ตำแหน่ง จัดแสดงภาพเขียน กรณีศึกษาแบบที่ 15 ของทิศตะวันออก และทิศตะวันตก.....233

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.17	แสดงภาพหุ่นจำลองกรณีศึกษาแบบที่ 16 ของทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้.....238
4.18	แสดงค่าความต่างของปริมาณแสงที่ระดับความสูงอ้างอิงกับระดับความสูงต่ำ-สูงสุดที่ตำแหน่ง จัดแสดงภาพเขียน กรณีศึกษาแบบที่ 16 ของทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้.....238
5.1	แสดงลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์.....247
5.2	แสดงการสรุปรูปแบบที่เหมาะสมของพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียน ทั้ง 8 ทิศ.....250
5.3	แสดงทัศนียภาพภายในเมื่อใช้แสงประดิษฐ์เพียงอย่างเดียวของทิศตะวันออก-ตะวันตก.....251
5.4	แสดงตำแหน่งในการติดตั้งแสงประดิษฐ์ของกรณีศึกษาแบบต่างๆของทั้ง 8 ทิศ.....252
5.5	แสดงรูปแบบของอาคารพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียน ในทิศเหนือ-ทิศใต้252
5.6	แสดงทัศนียภาพภายในของอาคารพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียนในทิศเหนือ-ทิศใต้.....252
5.7	แสดงรูปแบบของอาคารพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียน ในทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก.....253
5.8	แสดงทัศนียภาพภายในของอาคารพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียนในทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก.....253
5.9	แสดงรูปแบบของอาคารพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียน ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้.....254
5.10	แสดงทัศนียภาพภายในของอาคารพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียนในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ทิศตะวันตกเฉียงใต้.....254
5.11	แสดงรูปแบบของอาคารพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียน ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้.....255
5.12	แสดงทัศนียภาพภายในของอาคารพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียนในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ทิศตะวันออกเฉียงใต้.....255
5.13	รูปตัดแสดงลักษณะรายละเอียดของอาคารพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียน ที่มีองค์ประกอบภายนอก เหมือนกันของทิศเหนือ-ทิศใต้.....259
5.14	รูปตัดแสดงลักษณะรายละเอียดของอาคารพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียน ที่มีองค์ประกอบภายนอก เหมือนกันของทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก.....259
5.15	รูปตัดแสดงลักษณะรายละเอียดของอาคารพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียน ที่มีองค์ประกอบภายนอก เหมือนกันของทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ทิศตะวันออกเฉียงใต้.....260
5.16	รูปตัดแสดงลักษณะรายละเอียดของอาคารพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียน ที่มีองค์ประกอบภายนอก เหมือนกันของทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ทิศตะวันตกเฉียงใต้.....260
5.17	แสดงทัศนียภาพภายในของอาคารพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียนที่มีองค์ประกอบภายนอกเหมือนกัน ทั้ง 8 ทิศ.....261
5.18	รูปตัดแสดงมุมเงาแดด (Profile Angle) ของทิศใต้ ช่วงเวลา 7.00 น. และ 17.00 น. ที่มีผลต่อแสง ภายในพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียน.....261
5.19	รูปตัดแสดงมุมเงาแดด (Profile Angle) ของทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ช่วงเวลา 7.00 น. และ 17.00 น. ที่มีผลต่อแสงภายในพิพิธภัณฑสถานแสดงภาพเขียน.....262

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.20	ผังพื้นแสดงระยระมองภาพที่เหมาะสม ระยระที่พอมองเห็นได้และทางเดินของพิพิธภัณฑสถาน ภาพเขียน ตามความสูงของภาพที่ใหญ่ที่สุดในการจัดแสดง.....	261



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่	หน้า
1.1 แสดงแนวคิดหลักในการศึกษาและระเบียบวิจัย.....	8
2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและระยะห่างในการมองภาพขนาดต่างๆที่เหมาะสม.....	51
2.2 แสดงการเปรียบเทียบมุมต่างๆที่แสงตกกระทบในแนวตั้งกับปริมาณแสงที่ได้ (%).....	52
2.3 แสดงความสัมพันธ์ของระยะห่างในการมองภาพลักษณะต่างๆ.....	57
4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_v ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน (Vertical Plane) ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 – 6 ทิศเหนือ ช่วงเวลา 8.00น.	118
4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_v ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน (Vertical Plane) ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 – 6 ทิศเหนือ ช่วงเวลา 12.00น.	119
4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_v ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน (Vertical Plane) ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 – 6 ทิศเหนือ ช่วงเวลา 16.00น.	120
4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_h ของแสงที่บริเวณทางเดิน (Horizontal Plane) ที่ระยะต่างๆ พิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 – 6 ทิศเหนือ ช่วงเวลา 8.00น. และ 12.00น.	122
4.5 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_h ของแสงที่บริเวณทางเดิน (Horizontal Plane) ที่ระยะต่างๆ พิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 – 6 ทิศเหนือ ช่วงเวลา 16.00น.	123
4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_v ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน (Vertical Plane) ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 – 6 ทิศใต้ ช่วงเวลา 8.00น.	125
4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_v ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน (Vertical Plane) ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 – 6 ทิศใต้ ช่วงเวลา 12.00น.	126
4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_v ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน (Vertical Plane) ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 – 6 ทิศใต้ ช่วงเวลา 16.00น.	127
4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_h ของแสงที่บริเวณทางเดิน (Horizontal Plane) ที่ระยะต่างๆ พิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 – 6 ทิศใต้ ช่วงเวลา 8.00น. และ 12.00น.	129
4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_h ของแสงที่บริเวณทางเดิน (Horizontal Plane) ที่ระยะต่างๆ พิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 – 6 ทิศใต้ ช่วงเวลา 16.00น.	130
4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_v ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน (Vertical Plane) ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 – 6 ทิศตะวันออก ช่วงเวลา 8.00น.	132
4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_v ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน (Vertical Plane) ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 – 6 ทิศตะวันออก ช่วงเวลา 12.00น.	133
4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_v ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน (Vertical Plane) ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์กรณีศึกษาแบบที่ 1 – 6 ทิศตะวันออก ช่วงเวลา 16.00น.	134

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่	หน้า
4.29	แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_H ของแสงที่บริเวณทางเดิน(Horizontal Plane)ที่ระยะต่างๆ พิพิธภัณฑ์ธรณีศึกษาแบบที่ 7 - 13 ทิศใต้ ช่วงเวลา 8.00น.และ 12.00น.159
4.30	แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_H ของแสงที่บริเวณทางเดิน(Horizontal Plane)ที่ระยะต่างๆ พิพิธภัณฑ์ธรณีศึกษาแบบที่ 7 - 13 ทิศใต้ ช่วงเวลา 16.00น.160
4.31	แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_V ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน(Vertical Plane)ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์ธรณีศึกษาแบบที่ 7 - 13 ทิศตะวันออก ช่วงเวลา 8.00น.162
4.32	แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_V ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน(Vertical Plane)ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์ธรณีศึกษาแบบที่ 7 - 13 ทิศตะวันออก ช่วงเวลา 12.00น.163
4.33	แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_V ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน(Vertical Plane)ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์ธรณีศึกษาแบบที่ 7 - 13 ทิศตะวันออก ช่วงเวลา 16.00น.164
4.34	แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_H ของแสงที่บริเวณทางเดิน(Horizontal Plane)ที่ระยะต่างๆ พิพิธภัณฑ์ธรณีศึกษาแบบที่ 7 - 13 ทิศตะวันออก ช่วงเวลา 8.00น.และ 12.00น.167
4.35	แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_H ของแสงที่บริเวณทางเดิน(Horizontal Plane)ที่ระยะต่างๆ พิพิธภัณฑ์ธรณีศึกษาแบบที่ 7 - 13 ทิศตะวันออก ช่วงเวลา 16.00น.168
4.36	แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_V ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน(Vertical Plane)ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์ธรณีศึกษาแบบที่ 7 - 13 ทิศตะวันตก ช่วงเวลา 8.00น.170
4.37	แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_V ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน(Vertical Plane)ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์ธรณีศึกษาแบบที่ 7 - 13 ทิศตะวันตก ช่วงเวลา 12.00น.171
4.38	แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_V ของแสงที่ผนังจัดแสดงงาน(Vertical Plane)ที่ระดับต่างๆ พิพิธภัณฑ์ธรณีศึกษาแบบที่ 7 - 13 ทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00น.172
4.39	แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_H ของแสงที่บริเวณทางเดิน(Horizontal Plane)ที่ระยะต่างๆ พิพิธภัณฑ์ธรณีศึกษาแบบที่ 7 - 13 ทิศตะวันตก ช่วงเวลา 8.00น.และ 12.00น.175
4.40	แสดงการเปรียบเทียบค่า DF_H ของแสงที่บริเวณทางเดิน(Horizontal Plane)ที่ระยะต่างๆ พิพิธภัณฑ์ธรณีศึกษาแบบที่ 1 - 13 ทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00น.176
4.41	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) และแนวนอน(Horizontal)ของแสงจริง พิพิธภัณฑ์ที่ตำแหน่งชั้นบนของอาคารธรณีศึกษาแบบที่ 2 สภาพท้องฟ้าแบบCloudy Sky.....181
4.42	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal)ของแสงจริงพิพิธภัณฑ์ที่ ตำแหน่งชั้นบนของอาคารธรณีศึกษาแบบที่ 2 สภาพท้องฟ้าแบบPartly Cloudy Sky เวลา 8.00น...182

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่	หน้า
4.43 แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal)ของแสงจริงพิพิธภัณฑที่ ตำแหน่งชั้นบนของอาคาร กรณีศึกษาแบบที่ 2 สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 12.00น.	183
4.44 แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal)ของแสงจริงพิพิธภัณฑที่ ตำแหน่งชั้นบนของอาคาร กรณีศึกษาแบบที่ 2 สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 16.00น.	184
4.45 แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. - 16.00น. ที่ผนังระยะ ความสูง 2.00 เมตรจากพื้น พิพิธภัณฑที่ตำแหน่งชั้นบนของอาคาร กรณีศึกษาแบบที่ 2.....	185
4.46 แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) และแนวนอน(Horizontal)ของแสงจริง พิพิธภัณฑที่ ตำแหน่งชั้นบนของอาคาร กรณีศึกษาแบบที่ 11 สภาพท้องฟ้าแบบ Cloudy Sky.....	187
4.47 แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal)ของแสงจริง พิพิธภัณฑที่ ตำแหน่งชั้นบนของอาคาร กรณีศึกษาแบบที่ 11 สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 8.00น.	188
4.48 แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal)ของแสงจริงพิพิธภัณฑที่ ตำแหน่งชั้นบนของอาคาร กรณีศึกษาแบบที่ 11 สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 12.00น.	189
4.49 . แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal)ของแสงจริงพิพิธภัณฑที่ ตำแหน่งชั้นบนของอาคาร กรณีศึกษาแบบที่ 11 สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 16.00น.	190
4.50 แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น. ที่ผนังระยะ ความสูง 2.00เมตรจากพื้น พิพิธภัณฑที่ตำแหน่งชั้นบนของอาคาร กรณีศึกษาแบบที่ 11.....	191
4.51 แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) และแนวนอน(Horizontal)ของแสงจริง พิพิธภัณฑที่ ตำแหน่งชั้นบนของอาคาร กรณีศึกษาแบบที่ 13 สภาพท้องฟ้าแบบ Cloudy Sky.....	193
4.52 แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal)ของแสงจริงพิพิธภัณฑที่ ตำแหน่งชั้นบนของอาคาร กรณีศึกษาแบบที่ 13 สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 8.00น.	194
4.53 แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal)ของแสงจริงพิพิธภัณฑที่ ตำแหน่งชั้นบนของอาคาร กรณีศึกษาแบบที่ 13 สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 12.00น.	195

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่	หน้า
4.54	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal)ของแสงจริงพิพิธกัณฑ์ที่ตำแหน่งชั้นบนของอาคาร กรณีศึกษาแบบที่ 13 สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 16.00น.196
4.55	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น.ที่ผนังระยะความสูง 2.00เมตรจากพื้น พิพิธกัณฑ์ที่ตำแหน่งชั้นบนของอาคาร กรณีศึกษาแบบที่ 13.....197
4.56	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศต่างๆ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 12.00น.204
4.57	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศเหนือ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 8.00น.,12.00น. และ 16.00น.205
4.58	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น. ที่ผนังระยะความสูง 2.00เมตรจากพื้น กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศเหนือ.....206
4.59	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้น กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศเหนือ (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....207
4.60	แสดงผลการทดลองปริมาณแสง(fc.) ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้น ที่ปริมาณแสงภายนอก 1,500fc. กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศเหนือ (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....208
4.61	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศต่างๆ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 8.00น.210
4.62	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศต่างๆ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 12.00น.211
4.63	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศต่างๆ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 16.00น.212
4.64	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) กรณีศึกษาแบบที่ 11ของทิศตะวันตกเฉียงเหนือ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 8.00น.,12.00น. และ 16.00น.213
4.65	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) กรณีศึกษาแบบที่ 11ของทิศตะวันตกเฉียงเหนือ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 8.00น.,12.00น. และ 16.00น.214

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่	หน้า
4.66	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะ ความสูง 2.00เมตรจากพื้น กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศตะวันออกเฉียงเหนือ.....215
4.67	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะ ความสูง 2.00เมตรจากพื้น กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศตะวันตกเฉียงเหนือ216
4.68	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะ ความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้น กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....217
4.69	แสดงผลการทดลองปริมาณแสง(fc.) ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น. ที่ผนังระยะความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้นที่ปริมาณแสงภายนอก 1,500fc. กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....218
4.70	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะ ความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้น กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....219
4.71	แสดงผลการทดลองปริมาณแสง(fc.) ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น. ที่ผนังระยะความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้นที่ปริมาณแสงภายนอก 1,500fc. กรณีศึกษาแบบที่ 11 ของทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....220
4.72	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) กรณีศึกษา แบบที่ 14ของทิศใต้ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 12.00น. - 16.00น.222
4.73	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะ ความสูง 2.00เมตรจากพื้น กรณีศึกษาแบบที่ 14 ของทิศใต้ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky.....223
4.74	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะ ความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้น กรณีศึกษาแบบที่ 14 ของทิศใต้ (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....224
4.75	แสดงผลการทดลองปริมาณแสง(fc.) ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น. ที่ผนังระยะความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้นที่ปริมาณแสงภายนอก 1,500fc. กรณีศึกษาแบบที่ 14 ของทิศใต้ (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....225
4.76	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) กรณีศึกษา แบบที่ 15ของทิศต่างๆ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 8.00น.227
4.77	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) กรณีศึกษา แบบที่ 15ของทิศต่างๆ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 12.00น.228

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่	หน้า
4.78	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) ทัศนศึกษาแบบที่ 15ของทัศนต่างๆ ภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 16.00น.229
4.79	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) ทัศนศึกษาแบบที่ 15ของทัศนตะวันออก ภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 8.00น.,12.00น. และ 16.00น.230
4.80	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) ทัศนศึกษาแบบที่ 15ของทัศนตะวันตก ภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 8.00น.,12.00น. และ 16.00น.231
4.81	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะความสูง 2.00เมตรจากพื้น ทัศนศึกษาแบบที่ 15 ของทัศนตะวันออก ภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky.....232
4.82	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะความสูง 2.00เมตรจากพื้น ทัศนศึกษาแบบที่ 15 ของทัศนตะวันตก ภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky.....233
4.83	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้น ทัศนศึกษาแบบที่ 15 ของทัศนตะวันออก (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....234
4.84	แสดงผลการทดลองปริมาณแสง(fc.) ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น. ที่ผนังระยะความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้น ที่ปริมาณแสงภายนอก 1,500fc. ทัศนศึกษาแบบที่ 15 ของทัศนตะวันออก (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....235
4.85	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้น ทัศนศึกษาแบบที่ 15 ของทัศนตะวันตก (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....236
4.86	แสดงผลการทดลองปริมาณแสง(fc.) ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น. ที่ผนังระยะความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้น ที่ปริมาณแสงภายนอก 1,500fc. ทัศนศึกษาแบบที่ 15 ของทัศนตะวันตก (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....237
4.87	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) ทัศนศึกษาแบบที่ 16ของทัศนตะวันออกเฉียงใต้ ภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 8.00น.,12.00น. และ 16.00น.239

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่	หน้า
4.88	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical)และแนวนอน(Horizontal) กรณีศึกษาแบบที่ 16ของทิศตะวันตกเฉียงใต้ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เวลา 8.00น.,12.00น. และ 16.00น.240
4.89	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะความสูง 2.00เมตรจากพื้น กรณีศึกษาแบบที่ 16 ของทิศตะวันออกเฉียงใต้ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky.....241
4.90	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะความสูง 2.00เมตรจากพื้น กรณีศึกษาแบบที่ 16 ของทิศตะวันตกเฉียงใต้ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky.....242
4.91	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้น กรณีศึกษาแบบที่ 16 ของทิศตะวันออกเฉียงใต้ (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....243
4.92	แสดงผลการทดลองปริมาณแสง(fc.) ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น. ที่ผนังระยะความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้น ที่ปริมาณแสงภายนอก 1,500fc. กรณีศึกษาแบบที่ 16 ของทิศตะวันออกเฉียงใต้ (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....244
4.93	แสดงผลการทดลองค่า DF ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น.ที่ผนังระยะความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้น กรณีศึกษาแบบที่ 16 ของทิศตะวันตกเฉียงใต้ (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....245
4.94	แสดงผลการทดลองปริมาณแสง(fc.) ในแนวตั้ง(Vertical) ช่วงเวลา 8.00น. – 16.00น. ที่ผนังระยะความสูง 1.00, 2.00 และ 3.00เมตรจากพื้น ที่ปริมาณแสงภายนอก 1,500fc. กรณีศึกษาแบบที่ 16 ของทิศตะวันตกเฉียงใต้ (กระจกมีค่าการส่องผ่าน 65%).....246